
Hydraulik (German Edition)

Forchheimer Philipp

Title: Hydraulik (German Edition)

Author: Forchheimer Philipp

This is an exact replica of a book. The book reprint was manually improved by a team of professionals, as opposed to automatic/OCR processes used by some companies. However, the book may still have imperfections such as missing pages, poor pictures, errant marks, etc. that were a part of the original text. We appreciate your understanding of the imperfections which can not be improved, and hope you will enjoy reading this book.





HYDRAULIK

VON

PHILIPP FORCHHEIMER



LEIPZIG UND BERLIN

DRUCK UND VERLAG VON B. G. TEUBNER

1914

COPYRIGHT 1914 BY B. G. TEUBNER IN LEIPZIG.

ALLE RECHTE, EINSCHLIESSLICH DES ÜBERSETZUNGSRECHTS, VORBEHALTEN.

185906

JUN 24 1914

SV

.F74

6492741

VORWORT.

Das vorliegende Buch entspringt sowohl dem eigenen Bedürfnisse nach dem Besitz einer eingehenden Zusammenfassung der heutigen Hydraulik in dem Umfange, in dem sie für den Bauingenieur von Belang ist, als auch der Einwirkung vieler Fachgenossen, welche ebenfalls den Mangel an einer solchen empfanden.

Die Abfassung wurde mir dadurch erleichtert, daß ich einen Bericht über das gleiche Gebiet in der Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften verfaßt hatte, der mir als zweckmäßige Vorarbeit dienen konnte. Während die neuere französische Literatur in der Hydraulik *Flamants* ein Handbuch besitzt, welches wenigstens die französischen hydraulischen Forschungen erschöpfend behandelt, während die italienische die wohlgelungene *Idraulica Masonis* aufweist, fehlte bisher ein entsprechendes Werk in deutscher Sprache; denn die vorhandenen Bearbeitungen der neueren Zeit tragen mehr den Charakter des Lehrbuches und sind überdies der Mehrzahl nach vom Standpunkte des Maschineningenieurs aus verfaßt, wie z. B. die bekannte schöne technische Hydromechanik von *H. Lorens*, welche insofern hier als vorbildlich gelten kann, als in ihr die Technik als ein Zweig der Physik betrachtet wird. Meine „Hydraulik“ soll nämlich in ähnlichem Sinne, aber eingehender einerseits die Ergebnisse der mathematischen und physikalischen Forschung, soweit sie sich fruchtbringend gezeigt hat, oder fruchtbringend zu werden verspricht, der technischen Fachwelt in verständlicher Form übermitteln, andererseits jene Versuchsangaben und Koeffizienten sichten und sammeln, welche erst die Verpflanzung der Theorie auf das Feld baulicher Tätigkeit ermöglichen.

Zur Erhöhung der Brauchbarkeit mußte ich denn auch eine größere Zahl von Tabellen beifügen, von denen einige hier zum ersten Mal erscheinen.

Bei der Anordnung des Stoffes folgte ich fast von selbst der geschichtlichen Entwicklung; denn diese ist so gesetzmäßig vor sich gegangen, daß die chronologische Aneinanderreihung von der logischen Einteilung mir nirgends abzuweichen schien. Hiermit sei angedeutet, daß ich, wenn tunlich, auf die ursprünglichen Quellen zurückzugehen trachtete und deren Anführung Aufmerksamkeit schenkte. *Rühlmanns* Hydromechanik diente mir hierbei als ein bezüglich Vollständigkeit und Zuverlässigkeit kaum zu erreichendes Muster. Ich hoffe, daß diese Literaturnachweise nicht nur dem Forscher lieb sein werden, sondern auch dem im Berufsleben stehenden Ingenieur, weil er an Hand von Quellenangaben die Möglichkeit hat, sich wenn nötig vergleichsweise rasch in ein ihm neues Sondergebiet zu vertiefen.

Bei der eingehenden Behandlung drängten sich viele Fragen auf, deren Beantwortung wünschenswert erschien. Ich war bemüht zu ihrer Lösung beizutragen, auch wohl andere hierzu zu veranlassen. Hieraus und aus freundlichen Mitteilungen von Fachgenossen floß mir vielfach bisher unveröffentlichter Stoff zu, den ich als solchen im Buche gekennzeichnet habe. Dabei gab ich meine eigenen Beiträge als „bisher unveröffentlicht“ zumeist ohne Nennung des Autors an, während ich bei anderen Verfassern selbstverständlich ihren Namen anführte.

Die Rechnungen hoffe ich genügend eingehend wiedergegeben zu haben, so daß man sie bei einiger Gewandtheit ohne Stocken verfolgen kann. Soweit sie aus mathematischen Werken und Aufsätzen stammen, mußte ich sie zu diesem Zwecke vielfach ausführlicher ausarbeiten als in der Quelle. Ich trachtete aber möglichst einfache Methoden zu wählen und den Text möglichst knapp an Worten zu gestalten. Mit Rücksicht auf das Raumerfordernis habe ich ferner die Figuren nicht mit Nummern versehen und ihnen gewöhnlich keine Bezeichnung beigelegt.

Mehr und mehr wird heute im Wasserbau nach theoretischen Gesetzen gegriffen. Die Zeit ist angebrochen, in der auf allen Teilen dieses Gebietes wissenschaftliche Forschung und bauliche Gestaltung voneinander Nutzen ziehen. Möge dieses Buch dazu beitragen, den innigen Verband beider zu fördern.

Graz, im November 1913.

Philipp Forchheimer.

Liste der wichtigeren bisher unveröffentlichten Beiträge:

- S. 18 Darstellung der Saugerrohrtheorie von *F. Schaffernak*,
 S. 55 Neues über den Druckverlust in Rohren von *H. Lang*,
 S. 125 Stau- und Senkungskurven auf Grund der *Hermanek*schen Formel von *F. Schaffernak*,
 S. 188 Versuche über den Spülschwall von *A. Zeitlinger*,
 S. 189 Mitteilungen über den Fortschritt des Hochwassers als brechende Welle von *F. Wittenbauer* u. a.,
 S. 190 Werkgrabenspiegel bei wechselnder Entnahme von *F. Schaffernak*,
 S. 330 Verfahren zur Ermittlung von Seeabflüssen von *R. Hofbauer*,
 S. 337 Zum Rückhalt im Oberwasser von *F. Schaffernak*,
 S. 358 Näherungsformel für die Berechnung der höchsten Spiegellage in einem Wasserschloß von *W. Liebisch*,
 S. 399 Weiterführung der Arbeit *Thoulets* durch *A. Schoklitsch*,
 S. 476 Bestimmung der Schleppkraft, welche ein Geschiebestück in Bewegung setzt, von *dems.*,
 S. 477 Über den Strömungsdruck neben einer Wand von *dems.*,
 S. 482 Bestimmung des Geschiebetriebes und Beobachtung der Verteilung der größeren Steine von *dems.*,
 S. 486 Über das Verhalten der Mur nach ihrer Kürzung von *A. Brunar*,
 S. 500 Zur Hemmung durch den Geschiebetrieb von *A. Schoklitsch*,
 S. 505 Prüfung der *Fargueschen* Gesetze an der Mur von *A. Brunar*.

Liste einiger eigener bisher unveröffentlichter Mitteilungen:

- S. 202 Beobachtung eines Grenzfalles bei Wanderwellen,
 S. 321 Lösung des Problems der Streichwehreberechnung,
 S. 393 Erklärung des Überwiegens des Strömungsdruckes über den Widerstand,
 S. 441 Nachweis des gleichmäßigen Wassereintrittes längs einer gelochten Brunnenröhre,
 S. 447 Verfahren zur Bestimmung der Durchsickerung unter einem Wehr,
 S. 460 Angabe des Grundwasserspiegels bei einem Entwässerungsgraben,
 S. 488 Berechnung der Eintiefung bei Einschränkung der Flußbreite,
 S. 494 Entwicklung einer Formel für das Niedersinken von Schlamm,
 S. 495 Berechnung des Umrisses gleichen Widerstandes,
 S. 501, 503, 506 Erklärung der verschränkten Kolkreihen, der Anhegerung an die Konvexen und des Schlängelns der Flußläufe.

Erklärung der Abkürzungen.

Es bedeutet:

Allg. Bauz.	Allgemeine Bauzeitung, Wien.
Am. Soc. Civ. Eng. Trans.	Transactions of the American Society of Civil-Engineers, New York.
Ann. chim. phys.	Annales de chimie et de physique, Paris.
Ann. d. ponts et chauss.	Annales des ponts et chaussées, Paris.
Ann. Phys. Chem.	Annalen der Physik und Chemie, Leipzig; heute: Annalen der Physik.
Journ. de math.	Journal de mathématiques pures et appliquées, Paris.
Journ. f. Gasb. u. Wass.	Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung, München.
London, Math. Soc. Proc.	Proceedings of the London Mathematical Society.
London, Phil. Trans.	Philosophical Transactions of the Royal Society of London.
London, Proc. Roy. Soc.	Proceedings of the Royal Society of London.
Öst. Woch. f. d. öff. Baud.	Österreichische Wochenschrift für den öffentlichen Baudienst, Wien.
Paris, C. R.	Comptes rendus des séances de l'académie des sciences.
Paris, Mém. prés. par div. sav.	Mémoires présentés par divers savants à l'académie des sciences de l'Institut de France.
Phil. Mag.	The London and Edinburgh Philosophical Magazine and Journal of Science, London.
Schweiz. Bauz.	Schweizerische Bauzeitung, Zürich.
Torino, Memorie	Memorie della r. accademia delle scienze di Torino.
Wien, Ber.	Sitzungsberichte der k. Akademie der Wissenschaften, Abt. IIa.
Zeitsch. Math. Phys.	Zeitschrift f. Mathematik und Physik, Leipzig.
Z. d. öst. I. u. A.V.	Zeitschrift des österreichischen Ingenieur- u. Architekten-Vereines, Wien.
Z. f. Bauw.	Zeitschrift für Bauwesen, Berlin.
Z. d. V. deutsch. Ing.	Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin.

Die erste (eingeklammerte) Zahl bedeutet die Reihe, die zweite den Band der Reihe, die dritte (wieder eingeklammerte) das Jahr, deren Exponent gegebenenfalls den Jahresabschnitt.

Es bedeutet ferner:

Eaux courantes	<i>J. V. Boussinesq</i> , Essai sur la théorie des eaux courantes, Paris, Mém. prés. par div. sav. 23 (1877) avec supplément ibid. 24 (1877).
Théorie 1, 2	<i>J. V. Boussinesq</i> , Théorie de l'écoulement tourbillonnant et tumultueux des liquides dans les lits rectilignes à grande section, 2 mémoires, Paris 1897.
Recherches hydrauliques	<i>H. Bazin</i> , Recherches hydrauliques sur l'écoulement de l'eau dans les canaux découverts et sur la propagation des ondes, Paris, Mém. prés. par div. sav. 19 (1865).
Weisbach-Herrmann	<i>J. Weisbach</i> , Lehrbuch der Ingenieur- und Maschinen-Mechanik, 5. Aufl. bearbeitet von <i>G. Herrmann</i> , 1. Teil, Theoretische Mechanik, Braunschweig 1875.

Die Titel der Lehrbücher nachgenannter Verfasser sind auf folgenden Seiten angegeben: *d'Auduisson de Voisins* S. 37, *Bovey* S. 254, *Bresse* S. 141, *Budau* S. 8, *Eytelwein* S. 63, *Flamant* S. 492, *Gibson* S. 44, *Grashof* S. 284, *Lorenz* S. 341, *Masoni* S. 265, *Meißner-Hederich* S. 47, 63, *Merriman* S. 4, *Präsil* S. 16, *Rühlmann* S. 287, *Tolkmitt-Bubendey* S. 196, *Weisbach* S. 9. Eine Formelsammlung veröffentlichte *R. Weyrauch*, siehe S. 45. Als Übungsbuch sei besonders genannt: *F. Wittenbauer*, Aufgaben aus der technischen Mechanik, 3. Flüssigkeiten und Gase, Berlin 1911.

INHALTSVERZEICHNIS.

	Seite
1. Gegenstand der Hydraulik. Definition der Flüssigkeit.	1
I. Hydrostatik.	
2. Prinzip des Archimedes. Hydrostatisches Paradoxon. Pascalscher Satz	2
3. Eigengewichte, Luftdruck.	3
4. Druck auf ebene Flächen.	4
5. Druck auf gekrümmte Flächen	6
6. Spiegelverlauf	7
II. Die grundlegenden Beziehungen der Hydraulik.	
7. Eulersche Gleichungen	9
8. Wirbelfreiheit. Kontinuität.	12
9. Das Potential	13
10. Die Widerstände des zähen Teilchens	20
11. Bewegung in Haarröhrchen	24
12. Die Turbulenz.	26
13. Das Bernoullische Theorem	28
14. Der Druckhöhenverlust	32
15. Das Ähnlichkeitsgesetz	33
III. Gleichförmige (von Zeit und Ort unabhängige) Strömung in Röhren.	
16. Allgemeines	35
17. Ältere Formeln über das Strömen in Röhren.	36
18. Formeln über das Strömen in Röhren von Darcy bis Lang	38
19. Formeln über das Strömen in Röhren seit Reynolds	43
20. Die kritische Geschwindigkeit. Formeln von Biet und Blasius	50
21. Folgerung. Bemerkung zu den Tabellen	57
22. Die Anrostung der Röhren	60
23. Strömen in Schläuchen.	61
IV. Gleichförmige Strömung in offenen Läufen.	
24. Ältere Formeln	62
25. Formeln über das Strömen in offenen Läufen nach Darcy	65
26. Neuere Formeln ohne Rauigkeitsziffer	72
27. Teilung des Querschnittes	78
28. Anwendung der Formeln für offene Läufe auf geschlossene Leitungen	79
29. Einfluß der Temperatur auf die Strömung	80
30. Bestimmung des Gefälles	81
31. Die Rauigkeit natürlicher Läufe	82
32. Messungsergebnisse künstlicher Gerinne	86
33. Zusammenhang von Durchfluß und Wasserstand	88
34. Genauigkeit der Durchflußmessungen	92
V. Die Geschwindigkeitsverteilung.	
35. Die Änderung der Geschwindigkeit mit der Tiefe ohne Rücksichtnahme auf die Seitenwände.	93
36. Geschwindigkeitsverteilung im Gerinne von endlicher Breite	103

VIII

Inhaltsverzeichnis

	Seite
37. Die Geschwindigkeit an der Oberfläche. Isotachen.	108
38. Die Pulsationen	110
39. Strömung unter Eis.	111
40. Die Geschwindigkeitsverteilung in Röhren und Halbröhren.	112
41. Boussinesqs Ansatz für die Reibung	114
42. Verhalten in Wandnähe.	119
VI. Stationäre Strömung.	
43. Stationäre Strömung als Übergang zu gleichförmiger Bewegung in Leitungen	120
44. Die stationäre Strömung als gleichförmige behandelt	121
45. Stationäre Strömung mit der Reibung der gleichförmigen Strömung bei Berücksichtigung der lebendigen Kraft.	133
46. Die Staukurve bei Berücksichtigung der lebendigen Kraft und rechteckigem Gerinne.	135
47. Die Staukurve bei Berücksichtigung der lebendigen Kraft und parabolischem Gerinne	139
48. Die Staukurve bei Berücksichtigung der lebendigen Kraft und sehr großer Breite	140
49. Boussinesqs Staukurve bei gleichförmigem Sohlengefälle mit Vernachlässigung der Spiegelkrümmung	145
50. Boussinesqs Staukurve bei gleichförmigem Sohlengefälle bei Berücksichtigung der Krümmung der Stromfäden	152
51. Boussinesqs Staukurve bei wechselndem Sohlengefälle. Spiegel bei gewellter Sohle	158
VII. Mit der Zeit veränderliche Strömung.	
52. Veränderliche Strömung bei Berücksichtigung der Reibung.	163
53. Fortpflanzung von kleinen Anschwellungen auf fließendem Wasser ohne Berücksichtigung der Krümmung der Stromfäden	165
54. Veränderliche Strömung bei Berücksichtigung der Krümmung der Stromfäden, aber Vernachlässigung der Reibung (Wellenfortschritt)	168
55. Unveränderlichkeit der Energie eines Schalles. Folgen für seine Formänderung	174
56. Dauerform der Einzelwelle	176
57. Der Ort als Funktion von Tiefe und Zeit	180
58. Dammbrechkurve und Spülschwall	187
59. Der wandernde Stau	190
60. Ebbe und Flut in Strommündungen	192
61. Die Sprungwelle	199
62. Wanderwellen	200
63. Hochwasserverlauf in Flüssen	204
64. Verfälschung und Formänderung der Hochwasserwelle	210
VIII. Das Strömen in Röhren und Wasserläufen bei un stetiger Wandung.	
65. Sohlenstufen	214
66. Seitliche Vor- und Rücksprünge, Pfeiler, Düker	218
67. Rohrverengungen	223
68. Rohrerweiterungen	225
69. Schieber und Ventile	236
70. Richtungsänderungen von Gerinnen und Röhren.	240
IX. Der Ausfluß durch Öffnungen.	
71. Geschichtliche Entwicklung. Die Reaktion. Die Koeffizienten.	246
72. Der Geschwindigkeitskoeffizient	249
73. Die Einschnürung	250
74. Der Ausflußkoeffizient bei vollkommener Einschnürung.	254
75. Der Ausflußkoeffizient bei unvollkommener Einschnürung.	261
76. Ausfluß durch Ansatzröhren	265
77. Doppelkegelstützen	271

Inhaltsverzeichnis

IX

	Seite
78. Der Ausflußstrahl	274
79. Beziehung von Ausfluß und Überfall	280
80. Ausfluß unter Wasser	281
81. Der Ausflußwirbel	285

X. Der Überfall.

82. Vollkommener Überfall ohne seitliche Strahleinzwängung bei scharfer Kante und freiem Strahl	286
83. Vollkommener Überfall ohne seitliche Strahleinzwängung bei scharfer Kante, ohne Lüftung	294
84. Überfall über Dammbalkenwehre sowie bei dreieckigem und abgerundetem Wehrquerschnitte	297
85. Unvollkommener Überfall	303
86. Theoretische Bestimmung der Überfallmenge	306
87. Überfälle mit Seiteneinzwängung	312
88. Grundablässe	316
89. Überfall bei gebrochener Rückenlinie	318
90. Überfall über ein Streichwehr	319

XI. Füllung und Entleerung von Wasserbecken und Gefäßen.

91. Seerrückhalt	323
92. Spiegeländerung für Zu- und Abflußparabeln	331
93. Seespiegelschwankung in analytischer Behandlung	333
94. Versagen von Sielnetzen	335
95. Rückhalt im Werksgraben und Fluß	337
96. Gefäßentleerung	340

XII. Schwingungen.

97. Reibungslose Schwingungen	344
98. Schwingungen mit der Geschwindigkeit proportionaler Dämpfung	346
99. Schwingungen mit dem Geschwindigkeitsquadrate proportion. Dämpfung	348
100. Schwingungen in einem Wasserschloß	353
101. Kleine Schwingungen bei fortwährendem Durchfluß	359
102. Schwankung eines Trogsiegels	362

XIII. Wellenbewegung.

103. Entstehung der Wellen	364
104. Dünung bei unbegrenzter Tiefe	365
105. Dünung bei endlicher Tiefe	373
106. Größe beobachteter Wellen. Interferenz, Spaltung, Verstärkung. Zwei Flüssigkeiten	376
107. Das Branden der Wellen und deren Stoßkraft	379

XIV. Der Wasserstoß.

108. Strahldruck bei senkrechter Strahlrichtung	385
109. Strahldruck bei schiefer Strahlrichtung	388
110. Strahldruck bei behindertem Abfluß	391
111. Strömungsdruck auf eine Platte und Widerstand bei Bewegung einer solchen	392
112. Widerstand und Strömungsdruck bei einer Kugel	398
113. Widerstand und Strömungsdruck bei beliebiger Form	404
114. Wirbelbewegung hinter einem Hindernis	409
115. Strömungsdruck infolge der Wirbelbildung	415

XV. Grundwasserbewegung.

116. Das Filtergesetz	420
117. Theoretische Ableitung des Filtergesetzes	425
118. Die scheinbare Turbulenz	430
119. Artesische Brunnen. Einzelschachtbrunnen	431