

INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT	iii
HINWEISE AUF LEHRBUECHER	v
INHALTSVERZEICHNIS	vii
1. EINLEITUNG	1-1
1.1 Einführende Bemerkungen	1-1
1.2 Dimensionen	1-2
1.3 Physikalische Eigenschaften der Fluida. Das Kontinuum-Konzept	1-3
1.4 Die Zähigkeit	1-9
1.5 Grenzflächenspannung und Kapillarität	1-12
2. HYDROSTATIK	2-1
2.1 Der Flüssigkeitsdruck	2-1
2.2 Die Eulerschen Gleichgewichtsbedingungen	2-3
2.3 Die Druckverteilung im Schwerfeld	2-4
2.4 Ruhende Atmosphäre	2-6
2.5 Druck ruhender Flüssigkeiten auf feste Wände	2-8
2.5.1 Druck auf ebene Wände	2-9
2.5.2 Druck auf gekrümmte Wände	2-11
2.6 Gleichgewicht bei Wirkung zusätzlicher Massenkräfte	2-12
2.7 Schwimmende Körper	2-14
3. KINEMATIK DER STROEMUNGEN	3-1
3.1 Geschwindigkeit, Stromlinien, Bahnlinien	3-1
3.2 Kinematisches Verhalten eines Fluids	3-3
3.2.1 Dehnung, Kontinuitätsgleichung und Winkelverformung	3-4
3.2.2 Die Drehung	3-7
3.3 Beschreibung der Bewegung eines Fluids	3-9
3.3.1 Lagrange'sche Beschreibung	3-9
3.3.2 Eulersche Beschreibung	3-10
3.4 Die Beschleunigung eines Fluidteilchens	3-11
3.5 Die Transportgleichungen der Fluidmechanik in differentieller Form	3-14
3.6 Die Transportgleichung in integraler Form	3-16
3.7 Die Transportgleichung für eine Stromröhre	3-19

4. DIE GRUNDGESETZE DER FLUIDMECHANIK	4-1
4.1 Massenerhaltungssatz, Kontinuitätsgleichung	4-1
4.2 Einführung einer Stromfunktion	4-3
4.3 Der Impulssatz in differentieller Form	4-5
4.4 Die Eulersche Bewegungsgleichung einer reibungslosen Flüssigkeit	4-6
4.5 Integration der Eulerschen Gleichung. Die Gleichung von Bernoulli	4-7
4.6 Einfluss der Krümmung der Stromfäden	4-10
4.7 Anwendungen der Bernoullischen Gleichung	4-15
4.7.1 Ausfluss aus kleinen Öffnungen ins Freie	4-15
4.7.2 Ausfluss aus grossen Öffnungen ins Freie	4-19
4.7.3 Staudruck und Staurohr	4-20
4.8 Der Impulssatz in Integralform	4-21
4.9 Der Impulssatz für eine Stromröhre. Der Stützkraft-Satz	4-23
4.10 Anwendungen des Impulssatzes	4-26
4.10.1 Energieverlust bei plötzlicher Rohrerweiterung	4-26
4.10.2 Kontraktionskoeffizient der Bordaschen Mündung	4-28
4.10.3 Schnelligkeit einer Welle geringer Höhe	4-29
4.11 Bewegungsgleichung einer zähen Flüssigkeit. Gleichung von Navier-Stokes.	4-31
4.12 Die Energiegleichung in Integralform	4-34
5. DIMENSIONSANALYSE UND ÄHNLICHKEIT	5-1
5.1 Grundlagen der Dimensionsanalyse	5-1
5.2 Bestimmung der dimensionslosen Produkte aus den Gleichungen des physikalischen Vorganges	5-2
5.3 Bestimmung dimensionsloser Produkte, wenn die Gleichung unbekannt ist. Das π -Theorem.	5-5
5.4 Beispiele	5-6
5.5 Ähnlichkeit und Modelluntersuchungen	5-12
5.6 Einfluss der Reynolds-Zahl auf Strömungen. Reynolds-Experiment	5-15
6. LAMINARE STROMUNGEN	6-1
6.1 Laminare Strömungen in Rohren	6-1
6.2 Laminarer Abfluss zwischen zwei parallelen Platten	6-5
7. STROMUNG IN PORESEN MEDIEN ALS SCHLEICHENDE STROMUNG	7-1
7.1 Das Kontinuum-Konzept für ein poröses Medium	7-2
7.2 Reibungswiderstand, das Gesetz von Darcy	7-4
7.3 Verallgemeinerung des Darcy-Gesetzes	7-6
7.4 Durchlässigkeit eines anisotropen Mediums in Strömungsrichtung	7-9
7.5 Geschichtete Grundwasserleiter	7-13
7.6 Die Kontinuitätsgleichung für Strömungen in porösen Medien	7-16

7.7	Die Randbedingungen	7-17
7.7.1	Ränder, an welchen das Potential bekannt ist	7-18
7.7.2	Ränder, an welchen der spezifische Volumenfluss vorgeschrieben ist	7-20
7.7.3	Uebergänge	7-21
7.8	Strömung in ausgedehnten Grundwasserleitern	7-24
7.8.1	Gespannte Grundwasserleiter	7-24
7.8.2	Grundwasserleiter mit freier Oberfläche	7-26
7.9	Vollständige Formulierung von Strömungsproblemen in ausgedehnten Grundwasserleitern	7-28
8.	METHODEN ZUR LOESUNG ZWEIDIMENSIONALER GRUNDWASSERPROBLEME	8-1
8.1	Einleitung	8-1
8.2	Graphische Methode. Strömungsnetze	8-3
8.3	Analytische Lösungen eindimensionaler stationärer Strömungen in Grundwasserleitern	8-9
8.3.1	Gespannte Grundwasserleiter	8-10
8.3.2	Grundwasserleiter mit freier Oberfläche	8-11
8.4	Der Strömungsdruck	8-16
8.5	Analytische Lösungen zylindersymmetrischer Strömungen in ausgedehnten Grundwasserleitern	8-18
8.5.1	Gespannte Grundwasserleiter	8-18
8.5.2	Grundwasserleiter mit freier Oberfläche	8-20
8.6	Superpositionsprinzip	8-22
8.7	Anwendungen des Superpositionsprinzips	8-24
8.7.1	Quelle oder Senke in einer Parallelströmung	8-24
8.7.2	Quelle - Senke gleicher Stärke in einem stagnierenden Wasserkörper	8-27
8.7.3	Quelle und Senke gleicher Stärke in einer Parallelströmung	8-30
9.	STROEMUNGEN ENTLANG FESTER WAENDE. GRENZSCHICHTEN.	9-1
9.1	Einleitung	9-1
9.2	Schätzung der Grenzschichtdicke	9-2
9.3	Grenzschichtgleichungen für zweidimensionale Strömungen inkompressibler Flüssigkeiten	9-3
9.4	Grenzschicht-Ablösung	9-5
9.5	Integralgleichungen in der Grenzschicht	9-6
10.	TURBULENTE STROEMUNGEN	10-1
10.1	Beschreibung der Turbulenz. Turbulente Schubspannungen	10-1
10.2	Phänomenologische Theorie der turbulenten Strömungen	10-5
10.3	Die Geschwindigkeitsverteilung in einer turbulenten Rohrströmung	10-7
10.4	Reibungsverluste in Rohrströmungen	10-11
10.5	Reibungsverluste in glatten Rohren bei grossen Reynoldszahlen	10-12

10.6	Geschwindigkeitsverteilung und Reibungsverluste in rauen Rohrleitungen	10-14
10.7	Weitere Formeln zur Berechnung der Reibungsverluste	10-21
10.8	Besondere Energieverluste in Rohrleitungen	10-28
11.	BERECHNUNG EINSTRÄNGIGER ROHRLEITUNGEN	11-1
11.1	Allgemeines	11-1
11.2	Rohrleitungen mit konstantem Durchmesser	11-2
11.2.1	Ausfluss ins Freie	11-2
11.2.2	Ausfluss unter Wasser	11-3
11.2.3	Darstellung der Energie- und Drucklinie	11-4
11.3	Rohrleitungen mit veränderlichem Durchmesser	11-5
11.4	Rohrleitungssysteme	11-7
11.5	Entleerung eines Reservoirs	11-9
12.	STATIONÄRE STROMUNGEN IN OFFENEN GERINNE MIT FESTER SOHLE	12-1
12.1	Einleitung	12-1
12.2	Spezifische Energie und Stützkraft	12-2
12.2.1	Spezifische Energie	12-2
12.2.2	Spezifische Stützkraft	12-5
12.2.3	Spezifischer Volumenstrom	12-8
12.3	Beziehungen des kritischen Abflusses für einige wichtige Profiltypen	12-9
12.3.1	Rechteck	12-9
12.3.2	Trapez	12-9
12.3.3	Dreieck	12-10
12.3.4	Kreisprofil	12-10
12.3.5	Beliebiges Profil	12-12
12.4	Gleichförmige Abflüsse in Gerinnen. Normalabfluss	12-13
12.5	Normalabfluss in zusammengesetzten Profilen	12-19
12.5.1	Profile mit Hochwasservorländern	12-20
12.6	Berechnung des Normalabflusses	12-22
12.7	Hydraulisch günstige Profile	12-28
12.8	Gleichförmige Abflüsse bei grosser Sohlenneigung	12-32
13.	UNGLEICHFÖRMIGE ABFLUESSE IN OFFENEN GERINNEN	13-1
13.1	Differentialgleichung der kontinuierlichen Abflüsse	13-1
13.2	Diskussion der Differentialgleichung	13-3
13.3	Allgemeines Vorgehen bei der Behandlung von ungleichförmigen Abflüssen	13-12
13.3.1	Kontrollquerschnitte	13-12
13.4	Schrittweise Berechnung kontinuierlicher Abflüsse	13-13
13.4.1	Vorgehen bei der Berechnung der Stau- und Senkungskurven	13-15
13.4.2	Bestimmung der Gerinnerauigkeit k	13-15

14. DISKONTINUIERLICHE ABFLUESSE. DER WASSERSPRUNG	14-1
14.1 Einleitung	14-1
14.2 Wassersprungberechnung in Rechteckgerinnen mit parallelen Seitenwänden	14-3
14.2.1 Horizontale und schwach geneigte Sohle	14-3
14.2.2 Geneigte Sohle	14-8
14.3 Wassersprung in prismatischen Gerinnen mit beliebigem Querschnitt	14-10
14.4 Der Wassersprung als Energievernichter	14-11
15. DURCHFLUSS UNTER EINER SCHÜTZE UND UEBERFALL	15-1
15.1 Durchfluss unter einer Schütze	15-1
15.1.1 Abfluss im Unterwasser schiessend	15-1
15.1.2 Abfluss im Unterwasser strömend	15-2
15.2 Der Ueberfall	15-6
15.2.1 Der vollkommene Ueberfall	15-7
15.2.2 Der unvollkommene Ueberfall	15-17
16. WASSERSPIEGELÄNDERUNGEN BEI GEFÄLLS-, PROFIL- UND RAUHIGKEITSAENDERUNGEN	16-1
16.1 Aenderungen des Gefälles	16-1
16.2 Rauigkeitsänderungen	16-2
16.3 Querschnittsänderungen	16-3
16.3.1 Querschnittsverengung bei strömendem Abfluss in Rechteckgerinne	16-3
16.3.2 Querschnittserweiterung bei strömendem Abfluss in Rechteckgerinne	16-5
16.4 Strömung über eine Schwelle	16-6
16.5 Mulden	16-16
17. INSTATIONÄRE VORGAENGE IN ROHRLEITUNGEN; DER DRUCKSTOSS . .	17-1
17.1 Regulierung des Durchflusses in Rohrleitungen und die damit verbundenen Erscheinungen	17-1
17.2 Die Gleichungen der instationären Strömung in Rohrleitungen	17-4
17.3 Umformung der Gleichungen. Die Gleichungen der Charakteristiken	17-7
17.4 Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Druckstosses für verschiedene Rohrleitungen	17-11
17.5 Einfluss von Luftblasen auf die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Druckstosses	17-16
17.6 Die Berechnung des Druckstosses nach der Methode der Charakteristiken in einfachen Leitungen	17-17
17.7 Die Anfangs- und Randbedingungen bei einfachen Leitungen	17-21
17.8 Die Berechnung des Druckstosses in einfachen Leitungen mit konstanter oder variabler Stosseschwindigkeit	17-27
17.9 Berechnung des Druckstosses in Leitungsnetzen	17-29

17.10	Schieber oder Drossel an einem Knoten eines Leitungssystems	17-32
17.11	Hydraulische Maschinen	17-34
18.	MASSENSCHWINGUNGEN IN ROHRLEITUNGSSYSTEMEN:	
	DAS WASSERSCHLOSS	18-1
18.1	Das Wasserschloss und seine Funktion	18-1
18.2	Die Gleichungen der Massenschwingungen im Wasserschloss	18-5
18.3	Das einfache Wasserschloss	18-8
18.4	Wasserschloss-Systeme in "Serie"	18-13
18.5	Wasserschloss-Systeme in "Verzweigungen"	18-16
18.6	Das Differential-Wasserschloss	18-19
18.7	Berechnung der Massenschwingung in einem Schacht-wasserschloss bei Vernachlässigung der Reibung im Stollen	18-21
18.8	Stabilität der Schwingungen kleiner Amplitude	18-24
18.9	Wahl des Sicherheitsfaktors in der Thoma'schen Bedingung	18-33
18.10	Numerische Berechnung der "Wasserschloss-Schwingungen"	18-35
18.11	Der Windkessel und seine Berechnung	18-38
18.12	Die Dimensionierung von Wasserschlossern	18-41

ANHANG

A.	TABELLEN UND DIAGRAMME	A-1
B.	MATHEMATISCHE HILFSMITTEL	B-1
B.1	Bezeichnungen	B-1
B.2	Vektoroperationen	B-1
B.3	Koordinatensysteme	B-2
	B.3.1 Kartesisches Koordinatensystem	B-2
	B.3.2 Zylindrisches Koordinatensystem	B-3
	B.3.3 Sphärisches Koordinatensystem	B-3
B.4	Vektoridentitäten	B-4
B.5	Wichtige Sätze	B-4
	B.5.1 Satz von Gauss	B-4
	B.5.2 Satz von Stokes	B-5
C.	NORMALABFLUSSBERECHNUNG.	C-1
C.1	Bestimmung der Normalabflusstiefe	C-1
C.2	Bestimmung der kritischen Abflusstiefe	C-2
C.3	Bestimmung der kritischen Normalabflusstiefe (Uebergangstiefe)	C-3
	C.3.1 Berechnung nach Strickler	C-3
	C.3.2 Berechnung nach Chezy	C-5