

Ekkehard Heinemann, Rainer Feldhaus

Hydraulik für Bauingenieure

2., vollständig aktualisierte Auflage 2003
Mit 140 Abbildungen, 23 Tabellen
und zahlreichen Beispielen



Teubner

B. G. Teubner Stuttgart · Leipzig · Wiesbaden

Inhalt

Formelzeichen	XI
Abbildungen	XXIII
Tabellen	IXXX
1 Erste Begriffe und Eigenschaften	1
1.1 Erste Begriffe zur Hydraulik	1
1.2 Wesentliche Eigenschaften	2
2 Hydrostatik	7
2.1 Gleichgewichtszustand der ruhenden Flüssigkeit	7
2.2 Wasserdruck auf ebene Stauflächen	10
2.2.1 Wasserdruck auf senkrechte Stauwände	10
2.2.2 Wasserdruck auf geneigte Ebenen	12
2.3 Wasserdruck auf gewölbte Stauflächen	18
2.3.1 Wasserdruck auf beliebig gewölbte Stauflächen	18
2.3.2 Stauflächen mit konstanter Krümmung	20
2.4 Wasserdruckkraft bei räumlich wirkendem Wasserdruck	22
2.5 Hydrostatisches Paradoxon	22
2.6 Schwimmstabilität	23
2.7 Hydrostatischer Zustand in bewegten Gefäßen	27
3 Grundlagen der Hydrodynamik	29
3.1 Begriffe der Bewegung	29
3.2 Hydrodynamik idealer Flüssigkeiten	33
3.2.1 Kontinuitätsbedingung	33
3.2.2 Energiebetrachtungen anhand der BERNOULLIschen Gleichung	34
3.2.3 Impulskraft	39
3.2.4 Strom- und Potenzialliniennetze	42
3.2.5 Druck bei gekrümmter Strömung	44
3.3 Bewegung realer Flüssigkeiten	47
3.3.1 Auswirkungen der Flüssigkeitseigenschaften	47
3.3.2 Ablösungszonen, Strömungskräfte und Strahlausbreitung	49

4	Stationäre Bewegung des Wassers	53
4.1	Ausfluss aus Öffnungen	53
4.1.1	Ausfluss aus kleinen Öffnungen	53
4.1.2	Ausfluss aus Öffnungen größerer Höhe	55
4.1.3	Ausfluss unter einer vertikalen Schütztafel	55
4.2	Wurfparabel	58
4.3	Überfall	61
4.3.1	Vollkommener Überfall	61
4.3.2	Unvollkommener Überfall	64
4.4	Rohrleitungen	66
4.4.1	Begriffe zur Rohrhydraulik	66
4.4.2	Reibungsverluste	67
4.4.3	Örtlich konzentrierte Verluste	57
4.4.4	Grundaufgaben der reibungsbehafteten Rohrströmung	85
4.4.5	Wirkung von Pumpen	89
4.4.6	Rohrnetze	93
4.4.7	Mögliche Fließzustände in Rohren	98
4.5	Abfluss mit freiem Wasserspiegel	99
4.5.1	Einführung in die Gerinnehydraulik	99
4.5.2	Beziehung zwischen Energiehöhe und Wassertiefe	100
4.5.3	Fließwechsel	105
4.5.4	Reibungsansätze für Fließgewässer ohne Großbewuchs	108
4.5.5	Fließgewässer mit Großbewuchs	123
4.5.6	Örtlich konzentrierte Verluste bei freiem Wasserspiegel	140
4.5.7	Stationär ungleichförmiger Freispiegelabfluss	141
4.5.8	Besonderheiten steiler Gerinne ($I_{so} > 20\%$)	146
4.6	Sonderbauwerke	150
4.6.1	Energieumwandlung durch Tosbecken und Sprungschancen	150
4.6.2	Schüttsteine zur Sohlsicherung und Energieumwandlung	153
4.6.3	Streichwehre	157
4.6.4	Heberwehr oder Saugüberfall	159
4.6.5	Sohltrechen oder Tiroler Wehr	161
4.7	Grundlagen des Feststofftransports in Fließgewässern	163
4.7.1	Arten des Feststofftransports	163
4.7.2	Formeln zur Abschätzung transportierter Massen	165
5	Strömung durch poröse Medien, Grundwasserströmung	171
5.1	Begriffe zur Grundwasserströmung und Eigenschaften des Grundwasserleiters	171
5.1.1	Grundwasser	171
5.1.2	Grundwasserleiter	172
5.1.3	Hohlraumanteil	173

5.2	Beobachtung und Auswertung der Grundwasserstände	174
5.2.1	Grundwassermessstellen	174
5.2.2	Grundwassergleichen	175
5.3	Filtergesetz von DARCY, Durchlässigkeitsbeiwert	177
5.4	Grundwasserabsenkung	181
5.4.1	Vertikale Grundwasserfassung	182
5.4.2	Horizontale Grundwasserfassung	190
5.4.3	Mehrbrunnenanlagen	195
5.4.4	Zeitlicher Verlauf der Grundwasserabsenkung	206
5.5	Filter	210
5.5.1	Kiesfilter	210
5.5.2	Geotextile Filter	212
5.6	Unterströmung von Bauwerken	214
5.7	Durchsickerung von Dämmen	218
6	Instationäre Bewegung des Wassers	225
6.1	Instationäre Strömungen in geschlossenen Leitungen	225
6.1.1	Massenschwingung in Rohrleitungen	227
6.1.2	Elastische Schwingung	237
6.2	Instationäre Vorgänge mit freier Oberfläche	248
6.2.1	Speicherretention (Seerückhalt)	248
6.2.2	Schleusenfüllung und -entleerung	250
6.2.3	Schwall- und Sunkwellen	258
6.2.4	Reibungsbehaftete, instationäre Gerinneströmung	265
6.2.5	Tideströmung	268
7	Wellen	277
7.1	Definitionen zu Wellen	277
7.2	Tief- und Flachwasserwellen	278
7.3	Veränderung von Wellen	283
7.3.1	Brechen von Wellen	283
7.3.2	Wellenrefraktion oder -brechung	284
7.3.3	Wellendiffraktion oder -beugung	284
7.3.4	Wellenreflexion	285
7.3.5	Wellenauflauf auf Böschungen	286
7.4	Ermittlung der Wellenhöhe	287
8	Wasserbauliches Modellwesen	293
8.1	Anwendungsbereiche der Modelle	293
8.2	Mathematische Modelle	294
8.3	Physikalische Modelle	295

X		Inhalt
9	Abflussbestimmung	301
	9.1 Abflussbestimmung durch Geschwindigkeitsmessung	301
	9.2 Messwehre	304
	9.3 Salz- oder Farbverdünnungsverfahren	305
10	Literatur	307
11	Sachregister	313