

Inhaltsverzeichnis

Bedeutung der Bezeichnungen und Einheiten	X
I. Mechanische und wärmetechnische Grundlagen	1
1. Stoffeigenschaften und Begriffe	1
1.1 Begriff von Flüssigkeit, Gas und Dampf	1
1.2 Systeme, Zustände, Zustandsänderungen	3
1.3 Größen und Einheiten	4
Technisches Maßsystem S. 4. — Internationales Einheits- system (SI) S. 5. — Druck S. 6. — Umrechnungsfak- toren für beide Einheitensysteme S. 7. — Temperatur S. 10.	
1.4 Energie, Arbeit, Wärme	10
1.5 Allgemeine Beziehungen	14
Geschlossene Systeme S. 14. — Offene Systeme S. 16.	
1.6 Beziehungen für ideale Gase	18
Hinweis zum Technischen Maßsystem S. 21.	
1.7 Innere und äußere Reibung, Viskosität	22
Hinweis zum Technischen Maßsystem S. 25.	
2. Kontinuitätsgesetz	26
3. Energiesätze für reibungslose Strömung	28
3.1 Begriff der reibungslosen Rohrströmung	28
3.2 Energiegleichungen	28
Hinweis zum Technischen Maßsystem S. 30.	
3.3 Satz von BERNOULLI	31
3.4 Druck-Volumen-Diagramme	32
Raumbeständige Strömung S. 32. — Raumveränderliche Strömung S. 33.	
3.5 Arbeitsaufwand bei kleinen Druckänderungen	36
3.6 Statischer und dynamischer Druck	38
4. Energiesätze für natürliche Strömung	43
4.1 Einfluß der Reibung	43
4.2 Energiegleichungen	44
Hinweis zum Technischen Maßsystem S. 47.	
4.3 Leitungsgefälle	47
5. Mechanische Ähnlichkeit von Strömungsvorgängen	48
5.1 Begriff der mechanischen Ähnlichkeit	48
5.2 Ableitung des Ähnlichkeitsgesetzes aus den Kräftebedingungen	50
5.3 Ableitung des Ähnlichkeitsgesetzes aus der Navier-Stokesschen Gleichung	52
5.4 Sonderfälle	53

II. Theoretische Überlegungen und Versuchserfahrungen	54
Einleitung	54
II.1 Strömung in geraden Rohren mit unveränderlichem Querschnitt . .	55
6. Vorbemerkungen	55
6.1 Geschwindigkeits- und Druckverteilung im Leitungsquer-	
schnitt	55
6.2 Energieverteilung im Querschnitt	56
7. Beziehungen für den Druckabfall in geraden Rohren	59
7.1 Allgemeine Druckabfallgleichung	59
Hinweis zum Technischen Maßsystem S. 63.	
7.2 Druckverlust und Ähnlichkeitsgesetz	63
7.3 Druckabfallgleichung für tropfbare Flüssigkeiten	65
7.4 Druckabfallgleichung für Gase	66
Fortleitung bei unveränderlicher Gastemperatur (isotherme	
Strömung) S. 67. — Vereinfachung der Formeln für isotherme	
Strömung S. 68. — Isotherme Strömung mit Höhenänderung	
S. 70. — Fortleitung ohne Wärmeaustausch (adiabate	
Strömung) S. 71. — Schallgeschwindigkeit von Gasen	
S. 75. — Höchstgeschwindigkeit einer adiabaten Strömung	
S. 78. — Einfluß der Rohrlänge auf die adiabate Strömung	
S. 81. — Strömung mit beliebigem Wärmeaustausch mit	
der Umgebung S. 83.	
7.5 Druckabfallberechnung für Dämpfe	86
Adiabate Strömung von Dampf S. 86. — Hinweis zum SI	
S. 90—Strömung mit Wärmeaustausch mit der Umgebung S. 90.	
8. Laminarströmung im geraden Kreisrohr	92
8.1 Vollkommen ausgebildete Strömung	92
Hinweis zum Technischen Maßsystem S. 101.	
8.2 Vorgänge bei der Ausbildung der laminaren Strömung . .	101
9. Übergangsgebiet zwischen laminarer und turbulenter Strömung	108
10. Turbulente Strömung im glatten geraden Kreisrohr	116
10.1 Vollkommen ausgebildete Strömung	116
Messung des Strömungswiderstandes. Empirisches Wider-	
standsgesetz S. 117. — Messung des Geschwindigkeitsprofils	
S. 122. — Rechnerische Erfassung der Geschwindigkeits-	
verteilung S. 123. — Rechnerische Form des Widerstand-	
gesetzes für glattes Rohr S. 130. — Physikalisch begründete	
Form eines Potenzgesetzes S. 135.	
10.2 Vorgänge bei der Ausbildung der turbulenten Strömung . .	139
11. Turbulente Strömung im rauhen geraden Kreisrohr (vollkommen	
ausgebildete Strömung)	143
11.1 Widerstandszahl nach Messungen an Rohren mit natürlicher	
Rauigkeit	143
11.2 Geschwindigkeitsverteilung nach Messungen	147
11.3 Einfluß der Rohrrauigkeit auf die Strömung	148
11.4 Messungen an Rohren mit künstlich aufgebrachtter Rauigkeit	152
11.5 Allgemeingültige Widerstandsformel für sandrauhes Rohr .	154
11.6 Sandrauhigkeit und natürliche Rauigkeit	156

11.7 Geltungsbereich von Potenzformeln	164
11.8 Nachprüfung der neueren Erkenntnisse für Stahlrohre im Übergangsgebiet	165
12. Strömung in geraden Rohren mit anderem als Kreisquerschnitt	168
12.1 Turbulente Strömung	168
12.2 Laminarströmung in Rohren mit Kreisringquerschnitt . .	172
12.3 Laminarströmung in Rohren mit Rechteckquerschnitt. .	176
II.2 Strömung in geraden Rohren mit veränderlichem Querschnitt. . .	179
13. Leitungen mit stetig veränderlichem Querschnitt	179
13.1 Laminarströmung	179
13.2 Übergangsgebiet zwischen laminarer und turbulenter Strömung	182
13.3 Turbulente Strömung	183
14. Leitungen mit unstetig veränderlichem Querschnitt	189
II.3 Strömung in anderen als geraden Rohren	193
15. Richtungsänderungen	193
15.1 Strömung in gekrümmten Rohren	193
Einwirkung der Krümmung auf die Strömungsform, Druck- und Geschwindigkeitsverteilung in gekrümmten Rohren S. 193. — Druckabfall in gekrümmten Rohren S. 198.	
15.2 Strömung in Knierohren	218
16. Abzweige	222
16.1 Strömung in T-Stücken	222
III. Praktische Berechnung von Rohrleitungen	227
III.1 Vorbemerkungen	227
17. Bedeutung der Strömungsrechnung	227
18. Über die Genauigkeit der Rechnung	228
19. Über zeichnerische Darstellungen	230
III.2 Allgemeine Beziehungen für den Druckabfall	230
20. Geschwindigkeit, Menge, Rohrdurchmesser	230
21. Beziehungen für tropfbare Flüssigkeiten	233
22. Beziehungen für Gase und Dämpfe	237
22.1 Bei verhältnismäßig großem Druckabfall	237
22.2 Bei verhältnismäßig geringem Druckabfall	243
23. Einfluß des Beschleunigungsgliedes	243
24. Überschlagsformeln	244
III.3 Allgemeine Berechnungsunterlagen	246
25. Zahlentafeln für Dichte und Viskosität	246
25.1 Allgemeines	246
25.2 Flüssigkeiten	253
25.3 Gase	263
25.4 Gasmischungen	274
25.5 Wasserdampf	281
26. Beziehungen für die Reynolds-Zahl	285

27. Widerstandszahlen für gerades Kreisrohr	287
27.1 Diagramme für gerades Stahlrohr	287
27.2 Lichtweite und Nennweite	289
27.3 Überschlagsformeln für gerades Stahlrohr	289
27.4 Diagramme für gerades Rohr aus Gußeisen	293
27.5 Überschlagsformel für gerades Gußrohr	296
27.6 Allgemeines Gebrauchsdiagramm	297
27.7 Weitere Überschlagsformeln	297
28. Anhaltswerte für Rohrformstücke und Armaturen	299
28.1 Rechtwinklige Krümmer und Rohrbogen	299
28.2 Mehrfachkrümmer	303
28.3 Andere Rohrformstücke und Armaturen	309
28.4 Widerstand von Leitungen mit vielen Abzweigen	317
III.4 Allgemeine Angaben	318
29. Wirkungsgrad einer Rohrleitung	318
30. Größtmögliche Energieentnahme aus einer Leitung	322
III.5 Wasserleitungen, besondere Strömungsfälle, Aufgaben	323
31. Spezielle Berechnungsunterlagen	323
31.1 Rechenhilfsmittel	323
31.2 Wirtschaftlich günstige Geschwindigkeiten	327
31.3 Ablagerungen in Wasserleitungen	329
32. Wasserleitungen, Aufgaben	331
33. Leitungen für Wasserkraftwerke, Aufgaben	338
34. Freispiegelleitungen	343
III.6 Ölleitungen, besondere Strömungsfälle, Aufgaben	345
35. Spezielle Berechnungsunterlagen	345
35.1 Rechenhilfsmittel	345
35.2 Entwurf von Fernölleitungen	346
36. Fernölleitungen, Aufgaben	348
III.7 Luftleitungen, besondere Strömungsfälle, Aufgaben	350
37. Spezielle Berechnungsunterlagen	350
37.1 Rechenhilfsmittel	350
37.2 Verschmutzung und Geschwindigkeiten	354
38. Luftleitungen, Aufgaben	355
III.8 Gasleitungen, besondere Strömungsfälle, Aufgaben	359
39. Spezielle Berechnungsunterlagen	359
39.1 Rechenhilfsmittel	359
39.2 Verschmutzung und Geschwindigkeiten	362
39.3 Zum Entwurf von Gasfernleitungen	363
40. Gasleitungen, Aufgaben	366
III.9 Dampfleitungen, besondere Strömungsfälle, Aufgaben	372
41. Spezielle Berechnungsunterlagen	372
41.1 Rechenhilfsmittel	372
41.2 Verschmutzung und Geschwindigkeiten	377
41.3 Kondensatbildung	380
42. Dampfleitungen, Aufgaben	383
Namenverzeichnis	393
Sachverzeichnis	396