

LEHRBUCH DER THEORETISCHEN PHYSIK

von

L. D. LANDAU · E. M. LIFSCHITZ

In deutscher Sprache herausgegeben

von

Prof. Dr. GERHARD HEBER

Karl-Marx-Universität Leipzig

Band VI

HYDRODYNAMIK



AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

1966

HYDRODYNAMIK

von

L. D. LANDAU · E. M. LIFSCHITZ

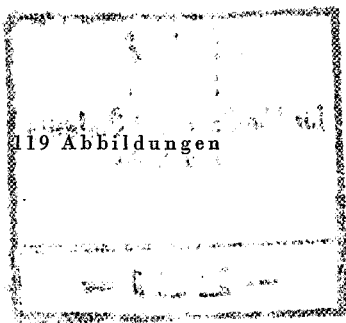
In deutscher Sprache herausgegeben

von

Dr. WOLFGANG WELLER

Karl-Marx-Universität Leipzig

Mit 119 Abbildungen



AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

1966

INHALTSVERZEICHNIS

Kapitel I. Ideale Flüssigkeiten	1
§ 1. Die Kontinuitätsgleichung	1
§ 2. Die EULERSche Gleichung	3
§ 3. Hydrostatik	7
§ 4. Die Bedingung für das Fehlen der Konvektion	9
§ 5. Die BERNOULLISche Gleichung	10
§ 6. Der Energiestrom	12
§ 7. Der Impulsstrom	13
§ 8. Die Erhaltung der Zirkulation	15
§ 9. Potentialströmungen	17
§ 10. Inkompressible Flüssigkeiten	22
§ 11. Die Widerstandskraft bei der Potentialströmung	34
§ 12. Schwerewellen	41
§ 13. Lange Schwerewellen	47
§ 14. Wellen in einer inkompressiblen Flüssigkeit	49
Kapitel II. Zähle Flüssigkeiten	52
§ 15. Die Bewegungsgleichungen für eine zähe Flüssigkeit	52
§ 16. Energiedissipation in einer inkompressiblen Flüssigkeit	59
§ 17. Strömung durch ein Rohr	60
§ 18. Flüssigkeitsströmung zwischen rotierenden Zylindern	65
§ 19. Das Ähnlichkeitsgesetz	67
§ 20. Die STOKESSche Formel	70
§ 21. Laminares Totwasser	79
§ 22. Die Zähigkeit von Suspensionen	85
§ 23. Exakte Lösungen der Bewegungsgleichungen für zähe Flüssigkeiten	88
§ 24. Schwingungsbewegungen in einer zähen Flüssigkeit	97
§ 25. Die Dämpfung der Schwerewellen	109
Kapitel III. Turbulenz	114
§ 26. Die Stabilität einer stationären Strömung	114
§ 27. Die Entstehung der Turbulenz	115
§ 28. Die Stabilität der Rotationsbewegung einer Flüssigkeit	121
§ 29. Die Stabilität der Strömung durch ein Rohr	125
§ 30. Die Instabilität tangentialer Unstetigkeiten	128

§ 31. Ausgebildete Turbulenz	131
§ 32. Lokale Turbulenz	136
§ 33. Die Geschwindigkeitskorrelation.	140
§ 34. Turbulenzbereich und Ablösung	146
§ 35. Der turbulente Strahl	148
§ 36. Turbulentes Totwasser	155
§ 37. Die JOUKOWSKISCHE Formel	157
§ 38. Isotrope Turbulenz	160
 Kapitel IV. Grenzschichten.	 165
§ 39. Die laminare Grenzschicht	165
§ 40. Die Strömung in der Nähe der Ablösungslinie	172
§ 41. Die Stabilität der Strömung in einer laminaren Grenzschicht.	179
§ 42. Das logarithmische Geschwindigkeitsprofil	182
§ 43. Turbulente Strömung in Rohren.	187
§ 44. Die turbulente Grenzschicht	190
§ 45. Die Widerstandskrisis	194
§ 46. Stromlinienkörper	197
§ 47. Der induzierte Widerstand	200
§ 48. Der Auftrieb eines dünnen Tragflügels	205
 Kapitel V. Wärmeleitung in Flüssigkeiten	 210
§ 49. Die allgemeine Gleichung für den Wärmetransport	210
§ 50. Wärmeleitung in einer inkompressiblen Flüssigkeit	216
§ 51. Wärmeleitung in einem unbegrenzten Medium.	220
§ 52. Wärmeleitung in einem begrenzten Medium	225
§ 53. Das Ähnlichkeitsgesetz für den Wärmetransport	231
§ 54. Wärmetransport in der Grenzschicht	235
§ 55. Erwärmung eines Körpers in einer bewegten Flüssigkeit.	241
§ 56. Freie Konvektion	244
 Kapitel VI. Diffusion	 253
§ 57. Die hydrodynamischen Gleichungen für ein Gemisch von Flüssigkeiten	253
§ 58. Diffusions- und Thermodiffusionskoeffizienten.	257
§ 59. Diffusion der in einer Flüssigkeit suspendierten Teilchen	262
 Kapitel VII. Oberflächenercheinungen	 266
§ 60. Die LAPLACESCHE Formel	266
§ 61. Kapillarwellen	274
§ 62. Der Einfluß adsorbierter Filme auf die Bewegung einer Flüssigkeit	279
 Kapitel VIII. Der Schall	 283
§ 63. Schallwellen	283
§ 64. Energie und Impuls der Schallwellen	289

§ 65. Reflexion und Brechung der Schallwellen	294
§ 66. Geometrische Akustik	297
§ 67. Schallausbreitung in einem bewegten Medium	301
§ 68. Eigenschwingungen	305
§ 69. Kugelwellen	309
§ 70. Zylinderwellen	313
§ 71. Die allgemeine Lösung der Wellengleichung	315
§ 72. Die Seitenwelle	318
§ 73. Schallausstrahlung	324
§ 74. Das Reziprozitätsgesetz	336
§ 75. Schallausbreitung in einem Rohr	340
§ 76. Schallstreuung	344
§ 77. Schallabsorption	349
§ 78. Die zweite Zähigkeit	356
 Kapitel IX. Stoßwellen	 363
§ 79. Die Ausbreitung von Störungen in einem bewegten Gas	363
§ 80. Stationäre Gasströmung	366
§ 81. Unstetigkeitsflächen	371
§ 82. Die Stoßadiabate	374
§ 83. Stoßwellen mit geringer Intensität	377
§ 84. Die Änderungsrichtung der Größen in einer Stoßwelle	380
§ 85. Stoßwellen in einem idealen Gas	385
§ 86. Schräge Stoßwellen	389
§ 87. Die Fronttiefe der Stoßwellen	394
§ 88. Isotherme Unstetigkeiten	399
§ 89. Schwache Unstetigkeiten	402
 Kapitel X. Eindimensionale Gasströmung	 405
§ 90. Das Ausströmen eines Gases durch eine Düse	405
§ 91. Die Strömung eines zähen Gases durch ein Rohr	409
§ 92. Eindimensionale Ähnlichkeitsströmung	412
§ 93. Unstetigkeiten in den Anfangsbedingungen	420
§ 94. Eindimensionale fortschreitende Wellen	427
§ 95. Die Ausbildung von Unstetigkeiten in einer Schallwelle	434
§ 96. Charakteristiken	441
§ 97. Die RIEMANNschen Invarianten	445
§ 98. Beliebige eindimensionale Gasströmung	449
§ 99. Die Ausbreitung starker Stoßwellen	457
§ 100. Theorie des „seichten Wassers“	461
 Kapitel XI. Der Schnitt von Unstetigkeitsflächen	 464
§ 101. Verdünnungswellen	464
§ 102. Der Schnitt von Stoßwellen	470
§ 103. Der Schnitt von Stoßwellen mit der Oberfläche eines festen Körpers	475
§ 104. Überschallströmung um einen Winkel	479
§ 105. Die Umströmung einer konischen Spitze	483

Kapitel XII. Ebene Gasströmung	488
§ 106. Potentialströmung eines Gases	488
§ 107. Stationäre einfache Wellen	492
§ 108. Die TSCHAPLYGINSche Gleichung. (Das allgemeine Problem der ebenen stationären Strömung eines Gases)	497
§ 109. Die Charakteristiken einer ebenen stationären Strömung	501
§ 110. Die EULER-TRICOMISChe Gleichung. Das Überschreiten der Schallgeschwindigkeit	504
§ 111. Lösungen der EULER-TRICOMISChen Gleichung in der Nähe nichtsingulärer Punkte der Schallfläche	510
§ 112. Strömung mit Schallgeschwindigkeit	514
§ 113. Der Schnitt von Unstetigkeiten mit der Übergangslinie	521
Kapitel XIII. Die Strömung um endliche Körper	527
§ 114. Die Entstehung von Stoßwellen in der Überschallströmung	527
§ 115. Überschallströmung um einen zugespitzten Körper	530
§ 116. Unterschallströmung um einen dünnen Tragflügel	535
§ 117. Überschallströmung um einen Tragflügel	538
§ 118. Das Ähnlichkeitsgesetz für schallnahe Strömungen	542
§ 119. Das Ähnlichkeitsgesetz für sehr große MACHSche Zahlen	544
Kapitel XIV. Hydrodynamik der Verbrennung	547
§ 120. Langsame Verbrennung	547
§ 121. Detonation	554
§ 122. Die Ausbreitung einer Detonationswelle	561
§ 123. Das Verhältnis zwischen den verschiedenen Verbrennungs- arten	570
§ 124. Kondensationsunstetigkeiten	573
Kapitel XV. Relativistische Hydrodynamik	576
§ 125. Der Energie-Impulstensor	576
§ 126. Die Gleichungen der relativistischen Hydrodynamik	578
§ 127. Die relativistischen Gleichungen für dissipative Prozesse	584
Kapitel XVI. Hydrodynamik der superfluiden Flüssigkeit	587
§ 128. Die Grundeigenschaften einer superfluiden Flüssigkeit	587
§ 129. Der thermomechanische Effekt	590
§ 130. Die hydrodynamischen Gleichungen für eine superfluide Flüssigkeit	591
§ 131. Schallausbreitung in einer superfluiden Flüssigkeit	600
Kapitel XVII. Schwankungen in der Hydrodynamik	607
§ 132. Die allgemeine Theorie der Schwankungen in der Hydro- dynamik	607
§ 133. Schwankungen in einem unendlich ausgedehnten Medium	611
Sachverzeichnis	614