

---

# Literatur

1. Acheson, D. J.: Elementary fluid dynamics, Clarendon Press (1990)
2. Choudhuri, A. R.: The Physics of Fluids and Plasmas, Cambridge University Press (1998)
3. Faber, T. E.: Fluid dynamics for physicists, Cambridge University Press (1995)
4. Godrèche, C. und Manneville, P. (Hrsg.): Hydrodynamics and nonlinear instabilities, Cambridge University Press (2005)
5. Greiner, W. und Stock, H.: Hydrodynamik, Verlag H. Deutsch (1991)
6. Landau, L. D. und Lifschitz, E. M.: TP VI – Hydrodynamik, 5. Aufl., Akademie Verlag (1991)
7. Lüst, R.: Hydrodynamik, B I Wissenschaftsverlag (1978)
8. Michalas, D.: Stellar Atmospheres, 2. Aufl., Freeman, San Francisco (1978)
9. Shore, S. N.: An introduction to astrophysical hydrodynamics, Academic Press (1992)
10. Shu, F. H.: The physics of astrophysics, Bd. 2, Univ. Science books (1994)
11. Swinney, H. L. und Gollub, J. P. (Hrsg.): Hydrodynamic Instabilities and the Transition to Turbulence, Springer-Verlag, New York (1981)
12. Sommerfeld, A.: Mechanik der deformierbaren Medien, Dieterich'sche Verlagsbuchhandlung, Wiesbaden (1947)
13. Tritton, D. J.: Physical Fluid Dynamics, 2. Aufl., Clarendon Press (1988)
14. Wolschin, G.: Aspects of relativistic heavy-ion collisions, Universe 6, 61 (2020)
15. Yaglom, A. M. und Frisch, U. (Hrsg.): Hydrodynamic Instability and Transition to Turbulence, Springer-Verlag (2012)

---

# Stichwortverzeichnis

## A

Ableitung, konvektive, 9  
Ableitung, logarithmische, 128  
Ableitung, substanzielle, 9  
Adiabatengleichung, 4, 10, 93  
Adiabatenkoeffizient, 18, 154  
adiabatisch, 10  
Aerodynamik, 14  
Ähnlichkeitsgesetz, 62  
ALICE, 114  
Anfangsverteilung, 128  
Approximation, hydrodynamische, 150  
Astrophysik, 148  
Atmosphärendruck, 17  
Atome, ultrakalte, 134  
Aufenthaltswahrscheinlichkeit, 110

## B

Bahnkurven, 13  
Bernoulli'sche Gleichung, 13, 14, 34, 36, 37, 90  
Besetzungszahlen, 185  
Beweglichkeit, 111, 112  
Bewegung, isentrope, 10, 28  
Bewegungsgleichung, 8  
Boltzmann-Gleichung, 134  
Bose-Einstein-Gleichgewichtsverteilung, 132, 185, 186  
Bose-Einstein-Kondensat, 124

Bose-Einstein-Kondensation, 134  
Bose-Einstein-Statistik, 159  
Bose-Einstein-Verteilung, 123, 127  
Bose-Flüssigkeit, 159  
Bosonen, 123, 126, 129, 184, 185  
Brown'sches Teilchen, 109, 181, 183, 184  
bulk viscosity, 53

## C

Cauchy-Riemann'sche Differenzialgleichungen, 40  
Chaos, hydrodynamisches, 81  
CMS, 114

## D

d'Alembert'sche Lösung, 172  
d'Alembert'scher Ansatz, 20  
Deltafunktion, 126  
Dichteschockwellen, 156  
Differenzial, totales, 9  
Differenzial, vollständiges, 28  
Diffusion, 106, 113  
Diffusionsgleichung, nichtlineare, 128, 186  
Diffusionskoeffizient, 108, 111, 112, 117, 184  
Diffusionsmodell, relativistisches, 118, 120  
Diffusionsstrom, 107, 112

Dispersion, 45, 47, 48  
 Dispersion, anomale, 47, 49  
 Dispersion, normale, 47  
 Dispersionsrelation, 124, 175–177  
 Dissipations-Fluktuations-Theorem, 117  
 Drehmoment, 73  
 Druck, 55  
 Druck, hydrostatischer, 14  
 Druck, lokaler, 3  
 Druckänderung, adiabatische, 34  
 Druckstörung, 20  
 Druckverteilung, 55  
 Durchflussmenge, 58, 60

## E

Einlauf, 65  
 Einstein-Relation, 112, 117  
 Einteilchen-Wellenfunktion, 125  
 Elastizitätstheorie, 4  
 Elementaranregung, 168  
 Energie, innere, 24  
 Energie, kinetische, 24  
 Energiedichte, 142  
 Energiedissipation, 10, 53, 56, 57, 106  
 Energieerhaltung, 106  
 Energieerhaltungssatz, 94  
 Energie-Impuls-Tensor, 141, 142, 187  
 Energiestromdichte, 25, 36, 94, 142, 165  
 Enthalpie, 11, 25, 145, 187  
 Entropie, 147, 163, 171  
 Entropiedichte, 147  
 Entropieerhaltung, 188  
 Entropiestrom, 146  
 Entropiestromdichte, 10, 148  
 Entwicklungskoeffizient, 138  
 Equilibrierungszeit, 129, 139  
 Erdbeschleunigung, 13  
 Erhaltung der Zirkulation, 29

Euler'sche Gleichungen, 4, 9, 11, 24, 26, 33, 35, 38, 42, 53, 142, 173  
 Euler'sche Gleichungen für isentrope Bewegung, 11  
 Expansion, hydrodynamische, 131

## F

Fehlerfunktion, 136  
 Feld, mittleres, 125  
 Fermi-Dirac-Verteilung, 123, 127, 131, 185  
 Fermi-Flüssigkeit, 159, 162  
 Fermionen, 123, 126, 184, 186  
 Fermionensysteme, 130  
 Flares, 155  
 Fluide, ideale, 5, 9, 144  
 Fluide, inkompressible, 34, 61, 101, 172  
 Fluide, isotrope, 53  
 Fluide, kompressible, 16, 61  
 Fluide, viskose, 53  
 Fluss, 6  
 Fluss, magnetohydrodynamischer, 150  
 Flüssigkeit, inkompressible, 42, 56  
 Flüssigkeit, viskose, 60  
 Fourier'sche Gleichung, 97  
 Fourier-Transformation, 98  
 Fragmentationsquellen, 120  
 Freiheitsgrade, 18  
 Funktion, analytische, 40  
 Funktion, energieerhaltende, 125  
 Funktionentheorie, 39

## G

Galaxien, 88  
 Gasdynamik, 1  
 Gase, zweiatomige, 18  
 Gastheorie, kinetische, 3  
 Gauß'scher Integralsatz, 6, 8, 25, 106  
 Gaußverteilung, 120

Gemisch, 105  
Geschwindigkeit, komplexe, 40  
Geschwindigkeitsfeld, 3  
Geschwindigkeitspotenzial, 37, 40, 48, 70  
Geschwindigkeitsprofil, 60  
Geschwindigkeitsverteilung, 4, 55  
Gleichgewicht, globales, 3  
Gleichgewicht, lokales, 3  
Gleichgewicht, statistisches, 116, 125  
Gleichgewicht, thermodynamisches, 112  
Gleichgewichtsbedingung, 23  
Gleichgewichtslösung, 127  
Gleichgewichtstemperatur, 185  
Gleichgewichtsthermodynamik, 3  
Gleichgewichtsverteilung, 123  
Gluonen, 124  
Gluonen-Sättigungsimpuls, 132  
Gluon-Gluon-Stöße, 120  
Gravitationsfelder, 141  
Green'sche Funktion, 128, 132  
Grenzfall, nichtrelativistischer, 144, 187  
Grenzschicht, 89, 90  
Größe, thermodynamische, 4  
Gross-Pitaevskii-Gleichung, 134  
Grundströmung, metastabile, 85  
Gruppengeschwindigkeit, 46

## H

Hadronen, 118  
Haftwahrscheinlichkeit, 183  
Hagen-Poiseuille'sches Gesetz, 61  
He II, 163  
H-II-Regionen, 155  
Hohlraum, 43, 173, 174  
Hydrodynamik, astrophysikalische, 149  
Hydrodynamik, molekulare, 3  
Hydrodynamik, relativistische, 141

## I

Impulsstrom, 26  
Impulsstromdichte, 142  
Impulsstromdichtetensor, 144  
Inkompressibilität, 34  
Instabilitäten, 76, 150  
Instabilitäten, infinitesimale, 79  
Intensität, 189  
Intermittenz, 81

## K

Kapillarströmung, 162  
Kapillarwellen, 49  
Kármán'sche Wirbelstraße, 78  
kinetische Gastheorie, 149  
Kolben, 153  
Kompression, 34  
Kondensatbildung, 138  
Konfigurationsintegral, 128, 133  
Kontinuitätsgleichung, 4, 5, 7, 10, 24, 26, 36, 38, 42, 53, 58, 61, 93, 101, 145, 171, 173  
Kontinuitätsgleichung für die Entropie, 10  
Kontinuumsbeschreibung, 4  
Kontinuumsmechanik, 1  
Konvektion, 62, 97, 101  
Konvektion, stationäre, 101  
Konvektionsglied, 9  
Konvektionsrollen, 80  
Konvektionsterm, 35  
Konvergenz, 136  
Konzentration, 105, 107  
Körper, schwingender, 32  
Körper, stromlinienförmiger, 31  
Kosmologie, 148  
Kraft, äußere, 12  
Kühlen, evaporatives, 134, 138

## L

$\lambda$ -Punkt, 159  
Landau-Kriterium, 169  
Landau'sche Konstante, 84, 180

Laplace-Gleichung, 37, 97, 176  
 Laplace-Operator, 38  
 Large Hadron Collider, 114, 123, 130  
 LHC, *siehe* Large Hadron Collider  
 Lichtgeschwindigkeit, 141  
 Lorentz-Faktor, 146  
 Lorentz-Transformation, 142  
 Lösungen, analytische, 134  
 Lösungen, numerische, 134  
 Lösungen, stationäre, 127, 186, 187  
 Luftschwingungen, harmonische, 16  
 Luftschwingungen, periodische, 21

**M**

Mach-Wellen, 45  
 Mastergleichung, 126  
 Matlab, 135  
 Maxwell-Boltzmann-Verteilung, 123, 132, 133  
 Maxwell-Jüttner-Verteilung, 123  
 Medium, interstellares, 87, 150  
 Membran, schwingende, 20  
 MIT, 138  
 Mittelwert, statistischer, 76  
 mittlere freie Weglänge, 141, 149  
 Modell, thermisches, 118

**N**

Nachlauf, laminarer, 69, 179  
 Nanokelvin, 134  
 Navier-Stokes-Gleichungen, 54, 55, 57, 59, 61, 66, 76, 90, 93, 101, 178  
 Newton'sche Fluide, 1  
 Nichtgleichgewichtslösungen, 133  
 Nichtlinearität, 9, 78, 123  
 Normalenrichtung, 37

**O**

Oberfläche, freie, 23  
 Oberflächenparaboloid, 23

Oberflächenspannung, 49  
 Oberflächenwellen, 44  
 Ordnung und Struktur, 78  
 Oseen'sche Gleichung, 68, 179

**P**

Partitionsfunktion, 128, 129, 132  
 Parton, 125  
 Pascal'sches Gesetz, 21  
 Pauli-Prinzip, 130, 133  
 Péclet-Zahl, 103  
 Periodenverdopplung, 81  
 Phasengeschwindigkeit, 46, 175  
 Phasenübergang, 160  
 Phononen, 168  
 Planeten, 86  
 Poiseuille-Strömung, 58, 178  
 Potenzial, 40  
 Potenzial, chemisches, 130, 136  
 Potenzial, komplexes, 40  
 Potenzialströmung, 29, 30, 33, 34, 36, 69, 91, 164  
 Prandtl'sche Gleichungen, 91  
 Prandtl-Zahl, 102  
 Pressluft, 16  
 Produktregel, 171  
 Profil, 77  
 Prozess, isobarer, 10  
 Prozess, polytroper, 19  
 Punkt, singulärer, 29

**Q**

Quantenflüssigkeiten, 159  
 Quantenzustand, makroskopischer, 134  
 Quark-Gluon-Plasma, 115

**R**

Randbedingungen, 12, 37, 56, 91, 98, 132, 177  
 Randwertproblem, 129

- Rankine-Hugoniot-Bedingungen, 154, 158
- Rapidität, 116, 120
- Rapiditätsrelaxation, 117
- Raumwellen, 44
- Rayleigh-Bénard-Zelle, 80
- Reibungstensor, 57
- Reihe, unendliche, 135
- Relation, thermodynamische, 24, 26
- Relativistic Heavy Ion Collider, 114, 123, 130
- Relaxationszeit, 100, 117
- Residuum, 41
- Reynolds'sche Zahl, 62, 65, 67, 76, 83, 102
- Reynolds'sche Zahl, kritische, 65, 66
- Reynolds'sche Ähnlichkeitstheorie, 64
- Rheologie, 1
- RHIC, *siehe* Relativistic Heavy Ion Collider
- Riemann-Invarianten, 152
- Ringwellen, 45
- Ripples, 51
- Rohrströmung, 76, 77, 178
- Rohrströmung, turbulente, 78
- Rotation, 22
- Ruelle-Takens-Weg, 81
- Ruhesystem, lokales, 142
- S**
- Satz von Stokes, 28
- Satz, binomischer, 135
- Schall, zweiter, 168, 189
- Schallgeschwindigkeit, 18, 19, 21, 35, 167
- Schallwellen, 167
- Scheibe, rotierende, 70
- Schiffswellen, 45
- Schockfront, 154
- Schockwellen, 150
- Schwarzes Loch, 158
- Schwelle, doppelte, 77
- Schwerefeld, 10, 11, 21
- Schwerewellen, 48, 51
- Schwerionenkollisionen, 148
- Schwerionenphysik, relativistische, 123
- Schwerpunktsenergie, 119, 130
- Schwingungsgleichung, 20, 171
- shear viscosity, 53
- Singularität, 129, 132
- Spiralarmschocks, 156
- Stabilität, 66
- Stabilitätsuntersuchung, 81
- Staupunkt, 37
- Sternatmosphären, 87
- Stokes'sche Formel, 67
- Stokes'scher Integralsatz, 29
- Stoßterm, 125
- Stromdichtefeld, 3
- Stromdichtevektor, 7
- Stromfunktion, 38–40, 56, 174
- Stromlinie, 13, 29, 33, 40
- Stromlinienkörper, 90
- Strömung, isentrope, 29
- Strömung, laminare, 62
- Strömung, stationäre, 13, 34
- Strömung, superfluide, 162
- Strömung, turbulente, 62
- Strömung, zweidimensionale, 38, 174
- Strömungsprobleme, eindimensionale, 42
- Super Proton Synchrotron, 114
- Supernovae, 155
- Superpositionsprinzip, 9
- Systeme, asymmetrische, 119
- Systeme, dissipative, 78
- Systeme, relativistische, 113
- T**
- Taylor-Couette-Instabilität, 79
- Teilchenbeschleuniger, 113
- Teilchendiffusion, 126
- Teilchen-Loch-Erzeugung, 129
- Teilchenstrom-Vierervektor, 147

Teilchenzahl, 137  
 Teilchenzahlerhaltung, 145  
 Temperatur, 107, 128, 134  
 Temperaturleitfähigkeit, 96, 101, 180  
 Temperaturverteilung, 98, 99  
 Thermodiffusionskoeffizient, 108  
 Thermodynamik, 17  
 Thomson'scher Satz, 29  
 Tiefseewellen, 45  
 Tiefwasser, 48  
 Torricelli'sches Theorem, 14  
 Trägheit, 66  
 Transportkoeffizienten, 125, 126, 138, 185  
 Turbulenz, 76, 79, 88, 150  
 Turbulenz, entwickelte, 86

## U

Übergangswahrscheinlichkeit, 126  
 Überschallbewegung, 150  
 Überschallgrenzschicht, 150  
 Ultraviolettbereich, 129

## V

Valenzquarks, 123, 130  
 Vielteilchensysteme, 125  
 Viererdivergenz, 145, 189  
 Vierergeschwindigkeit, 143, 147  
 Viskosität, 5, 53, 62, 66, 93, 147, 159  
 Viskosität, dynamische, 54, 61  
 Viskosität, kinematische, 54  
 Viskositätskoeffizient, 53  
 Viskositätsterm, 101  
 Volumen, spezifisches, 11

## W

Wärme, 56  
 Wärmebad, 2

Wärmekapazität, spezifische, 18, 160  
 Wärmeleitfähigkeit, 5, 53, 94, 101, 159  
 Wärmeleitung, 97, 147  
 Wärmeleitungsgleichung, 97, 180  
 Wärmestrom, 107  
 Wärmestromdichte, 94  
 Wärmetransport, 93–95  
 Wärmetransportgleichung, 96, 101  
 Wasserwellen, 44, 176  
 Weg, quasiperiodischer, 81  
 Wellen, 44  
 Wellen, ebene, 45  
 Wellen, monochromatische, 46  
 Wellen, stehende, 21  
 Wellenformen, 44  
 Wellenzahl, 175  
 Widerstandskraft, 67  
 Wirbel, 45  
 wirbelfrei, 29  
 Wirbelströmungen, 29  
 Wolke, thermische, 134, 136

## Z

Zähigkeit, dynamische, 54  
 Zähigkeit, kinematische, 96  
 Zähigkeitskoeffizient, 53  
 Zentrifugalinstabilität, 80  
 Zentrifugalkraft, 22  
 Zentrifugalpotenzial, 23, 173  
 Zirkulation, 27, 33, 41  
 Zustandsänderung, adiabatische, 19  
 Zustandsänderung, isobare, 19  
 Zustandsänderung, isochore, 19  
 Zustandsänderung, isotherme, 17  
 Zustandsdichte, 126  
 Zustandsgleichung, 3  
 Zustandsgleichung, adiabatische, 152  
 Zweifluidmodell, 162  
 Zweiteilchenwechselwirkung, 125