

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> . . . . .	<b>1</b>
	1.1 Strömungslehre . . . . .	1
	1.2 Hydrodynamische Beschreibung . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Ideale Fluide</b> . . . . .	<b>5</b>
	2.1 Kontinuitätsgleichung . . . . .	5
	2.2 Euler'sche Gleichungen . . . . .	8
	2.3 Bernoulli'sche Gleichung . . . . .	13
	2.4 Euler-Gleichungen im linearisierten Fall . . . . .	16
	2.5 Hydrostatik . . . . .	21
	2.6 Energie- und Impulsstrom im Fluid . . . . .	24
	2.7 Zirkulation, Thomson'scher Satz . . . . .	27
	2.8 Potenzialströmungen . . . . .	29
	2.9 Inkompressible Fluide . . . . .	34
	2.10 Stromfunktion . . . . .	38
	2.11 Wellen . . . . .	44
	Literatur . . . . .	51
<b>3</b>	<b>Viskose Fluide</b> . . . . .	<b>53</b>
	3.1 Navier-Stokes-Gleichungen . . . . .	53
	3.2 Energiedissipation in einem inkompressiblen viskosen Fluid . . . . .	56
	3.3 Hagen-Poiseuille'sches Gesetz . . . . .	58
	3.4 Reynolds'sche Zahl; Turbulenzkriterium . . . . .	61

3.5	Strömungen mit kleinem $Re$ : Stokes'sche Formel . . . . .	66
3.6	Laminarer Nachlauf . . . . .	69
	Literatur . . . . .	74
<b>4</b>	<b>Turbulenz</b> . . . . .	<b>75</b>
4.1	Übergang zur Turbulenz und doppelte Schwelle . . . . .	75
4.2	Turbulenzensatz über Instabilität . . . . .	79
4.3	Stabilität stationärer Strömungen . . . . .	81
4.4	Entwickelte Turbulenz in astrophysikalischen Umgebungen . . . . .	86
	Literatur . . . . .	88
<b>5</b>	<b>Grenzschichten</b> . . . . .	<b>89</b>
	Literatur . . . . .	91
<b>6</b>	<b>Wärmetransport</b> . . . . .	<b>93</b>
6.1	Die Wärmetransportgleichung . . . . .	94
6.2	Wärmetransport bei inkompressiblen Fluiden . . . . .	96
6.3	Wärmeleitung in einem unbegrenzten Medium . . . . .	98
6.4	Konvektion . . . . .	101
	Literatur . . . . .	103
<b>7</b>	<b>Diffusion</b> . . . . .	<b>105</b>
7.1	Flüssigkeitsgemische . . . . .	105
7.2	Brown'sche Bewegung . . . . .	109
7.3	Diffusion in relativistischen Systemen . . . . .	113
	Literatur . . . . .	121
<b>8</b>	<b>Nichtlineare Diffusion</b> . . . . .	<b>123</b>
8.1	Diffusion von Bosonen und Fermionen . . . . .	124
8.2	Fermionen: Valenzquarks bei hohen Energien . . . . .	130
8.3	Bosonen: Gluonen bei hohen Energien . . . . .	132
8.4	Ultrakalte Atome und Bose-Einstein-Kondensation . . . . .	134
	Literatur . . . . .	139

<b>9</b>	<b>Relativistische Hydrodynamik</b> . . . . .	141
	9.1 Energie-Impuls-Tensor einer Flüssigkeit . . .	142
	9.2 Relativistische Bewegungsgleichungen . . . .	144
	9.3 Relativistische Hydrodynamik mit Dissipation	147
	Literatur . . . . .	148
<b>10</b>	<b>Astrophysikalische Hydrodynamik</b> . . . . .	149
	10.1 Schockwellen . . . . .	150
	10.2 Rankine-Hugoniot-Bedingungen . . . . .	154
	Literatur . . . . .	158
<b>11</b>	<b>Hydrodynamik der Superflüssigkeiten</b> . . . . .	159
	11.1 Grundlagen . . . . .	159
	11.2 Hydrodynamische Gleichungen für He II . . .	163
	11.3 Schallausbreitung in Superfluiden . . . . .	167
	Literatur . . . . .	169
<b>12</b>	<b>Testaufgaben</b> . . . . .	171
	12.1 Kontinuitätsgleichung für die Entropie . . . .	171
	12.2 Schwingungsgleichung . . . . .	171
	12.3 Hydrostatik . . . . .	172
	12.4 Inkompressible Fluide . . . . .	173
	12.5 Zweidimensionale Strömung . . . . .	174
	12.6 Dispersionsrelation . . . . .	175
	12.7 Wasserwellen . . . . .	176
	12.8 Poiseuille-Strömung . . . . .	178
	12.9 Laminarer Nachlauf . . . . .	179
	12.10 Stabilität stationärer Strömungen . . . . .	180
	12.11 Wärmeleitung . . . . .	180
	12.12 Wahrscheinlichkeitsverteilung Brown'scher Teilchen . . . . .	181
	12.13 Varianz der Wahrscheinlichkeitsverteilung eines Brown'schen Teilchens . . . . .	183
	12.14 Diffusion . . . . .	184
	12.15 Gleichgewichtsverteilungen für Bosonen und Fermionen . . . . .	184
	12.16 Stationäre Lösung bei nichtlinearer Diffusion von Bosonen . . . . .	185

12.17 Stationäre Lösung bei nichtlinearer Diffusion von Fermionen . . . . .	186
12.18 Energie-Impuls-Tensor . . . . .	187
12.19 Entropieerhaltung in idealer relativistischer Hydrodynamik . . . . .	188
12.20 Erster und zweiter Schall bei Superfluiden . .	189
<b>Literatur</b> . . . . .	<b>191</b>
<b>Stichwortverzeichnis</b> . . . . .	<b>193</b>