

Ferdinand Cap

# Lehrbuch der Plasmaphysik und Magnetohydrodynamik

Springer-Verlag Wien New York

# Inhaltsverzeichnis

§ 1 Plasma und seine Anwendungen . . . . .	1
1.1 Was ist ein Plasma? . . . . .	1
1.2 Quasineutralität . . . . .	2
1.3 Thermonukleare Fusion . . . . .	3
1.4 Plasma im Weltraum . . . . .	6
1.5 Technische Anwendungen . . . . .	7
1.6 Magnetohydrodynamische Anwendungen . . . . .	8
§ 2 Kennziffern und Klassifikation von Plasmen . . . . .	11
2.1 Die Plasmafrequenz . . . . .	11
2.2 Die Abschirmlänge . . . . .	12
2.3 Der Plasmaparameter . . . . .	14
2.4 Stoßweglänge und Stoßfrequenz . . . . .	15
2.5 Klassifikation von Plasmen . . . . .	20
§ 3 Die Bewegung geladener Teilchen in elektromagnetischen Feldern . . . . .	27
3.1 Die Gyrationbewegung . . . . .	27
3.2 Driftbewegung . . . . .	29
3.3 Das Führungszentrum . . . . .	35
3.4 Der Spiegeleffekt . . . . .	40
3.5 Zeitlich rasch veränderliche Felder . . . . .	44
3.6 Elektrische Ströme im Plasma . . . . .	47
3.7 Makroskopische Wirkungen der Teilchenbewegung . . . . .	53
3.8 Plasmaaufheizung im Teilchenbild . . . . .	58
§ 4 Statistische Theorie . . . . .	61
4.1 Verteilungsfunktion und Phasenraum . . . . .	61
4.2 LIOUVILLE-Theorem und VLASOV-Gleichung . . . . .	63
4.3 Stöße in der statistischen Theorie . . . . .	67
4.4 Stoßintegrale . . . . .	71
4.5 Die Gleichungen von FOKKER-PLANCK und LENARD-BALESCU . . . . .	76
4.6 Lösungen der VLASOV-Gleichung . . . . .	83
4.7 Gleichgewichtsverteilungsfunktionen . . . . .	88
4.8 Die LANDAU-Dämpfung . . . . .	92
§ 5 Magnetohydrodynamik . . . . .	99
5.1 Die grundlegenden Gleichungen und ihre Randbedingungen . . . . .	99
5.2 Energiesatz und Zustandsgleichung . . . . .	108
5.3 Ideale und reale Magnetohydrodynamik . . . . .	113
5.4 Die Gültigkeitsgrenzen der Magnetohydrodynamik . . . . .	115

§ 6	Mehrflüssigkeitstheorie . . . . .	119
	6.1 Statistische Theorie . . . . .	119
	6.2 Die SCHLÜTERSchen Gleichungen . . . . .	123
	6.3 OHMSches Gesetz . . . . .	125
	6.4 Ionenschlupf und LORENTZ-Gas . . . . .	128
	6.5 Die SAHA-Gleichung . . . . .	131
	6.6 Transportvorgänge . . . . .	132
§ 7	Spezielle Plasmatheorien . . . . .	137
	7.1 Die Driftnäherung . . . . .	137
	7.2 Quasimagnetohydrodynamik . . . . .	138
	7.3 Die doppelt adiabatische Magnetohydrodynamik . . . . .	139
§ 8	Der Plasmaeinschluß . . . . .	143
	8.1 Plasmabehälter . . . . .	143
	8.2 Magnetohydrostatik . . . . .	152
	8.3 Kraftfreie Magnetfelder . . . . .	157
	8.4 Ist Selbsteinschluß möglich? . . . . .	159
	8.5 Der Pinch-Effekt . . . . .	161
	8.6 Die SCHAFRANOV-GRAD-SCHLÜTER-Gleichung . . . . .	164
	8.7 Das Plasma im Torus . . . . .	168
	8.8 Magnetische Fallen . . . . .	176
§ 9	Wellen und Instabilitäten . . . . .	183
	9.1 Schwingungen und Wellen . . . . .	183
	9.2 Das NYQUIST-Theorem . . . . .	191
	9.3 Nichtlineare Schwingungen und Wellen . . . . .	195
	9.4 Ursachen und Systematik der Instabilitäten . . . . .	199
§ 10	Wellen in Plasmen . . . . .	205
	10.1 Arten von Wellen . . . . .	205
	10.2 Wellen im kalten Plasma . . . . .	206
	10.3 Wellen im warmen Plasma . . . . .	219
	10.4 Magnetohydrodynamische Wellen . . . . .	230
	10.5 Wellen im VLASOV-Plasma . . . . .	235
	10.6 Wellen in begrenzten Plasmasystemen . . . . .	244
	10.7 Plasmaheizung . . . . .	247
§ 11	Die Instabilitäten der Magnetohydrodynamik . . . . .	251
	11.1 Die Instabilitätskriterien von SCHLÜTER und BERNSTEIN . . . . .	251
	11.2 Spezielle MHD-Instabilitäten eines idealen Plasmas . . . . .	257
	11.3 MHD-Instabilitäten eines realen Plasmas . . . . .	268
	11.4 Instabilitäten in inhomogenen und anisotropen Plasmen . . . . .	274
	11.5 Die Abbruchinstabilität . . . . .	279

§ 12	Mikroinstabilitäten . . . . .	281
12.1	Das PENROSE-Kriterium und Strahlinstabilitäten . . . . .	281
12.2	Mikroinstabilitäten im inhomogenen Plasma und im Tokamak . . . . .	289
12.3	Nichtlineare Effekte . . . . .	292
12.4	Neoklassischer Transport und das H-Regime . . . . .	296
§ 13	Allgemeine Theoreme der Magnetohydrodynamik . . . . .	301
13.1	Das Theorem von CROCCO und die Potentialbedingung . . . . .	301
13.2	Die BERNOULLI-Gleichung und das TRUESDELL-Theorem . . . . .	304
13.3	MHD-Dynamo und die Abbremsung der Sternrotation . . . . .	309
13.4	Das Ausflußtheorem . . . . .	311
§ 14	MHD-Strömungen eines inkompressiblen Plasmas . . . . .	313
14.1	Strömungstypen und die HARTMANN-Strömung . . . . .	313
14.2	POISEUILLE- und COUETTE-Strömung . . . . .	318
14.3	Parallelströmung . . . . .	320
§ 15	MHD-Strömungen eines kompressiblen Plasmas . . . . .	323
15.1	Charakteristikentheorie . . . . .	323
15.2	Potentialströmung . . . . .	330
15.3	Instationäre Strömungen . . . . .	339
15.4	Stoßwellen . . . . .	342
15.5	Strömungsprobleme eines realen kompressiblen Plasmas . . . . .	352
15.6	Plasmaströmung und Wärmeleitung . . . . .	361
15.7	Das Grenzschichtproblem . . . . .	365
15.8	Technische Anwendungen der Magnetohydrodynamik . . . . .	371
§ 16	Instabilität und Turbulenz . . . . .	379
16.1	Instabilwerden von Strömungen . . . . .	379
16.2	Das BÉNARD-Problem . . . . .	384
16.3	Turbulenz . . . . .	388
	Literaturverzeichnis . . . . .	397
	Sachverzeichnis . . . . .	405