

Hartmann Römer  
Michael Forger

# Elementare Feldtheorie

Elektrodynamik  
Hydrodynamik  
Spezielle Relativitätstheorie



Weinheim · New York  
Basel · Cambridge · Tokyo

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Der Begriff des Feldes und seine Entstehung</b>	<b>1</b>
1.1	Punktmechanik und Kontinuumsphysik . . . . .	1
1.2	„Dynamismus“ und Feldvorstellung . . . . .	4
1.3	Die Entdeckung der Maxwell'schen Gleichungen . . . . .	6
1.4	Überlegungen zum Begriff des Feldes . . . . .	7
1.5	Der Feldbegriff in der heutigen Physik . . . . .	10
1.6	Vorläufiges zur mathematischen Fassung des Feldbegriffes . . . . .	12
<b>2</b>	<b>Elemente der Hydrodynamik</b>	<b>15</b>
2.1	Bilanzgleichungen . . . . .	15
2.2	Impulsbilanz und Drehimpulsbilanz . . . . .	18
2.3	Die Navier-Stokes'schen Gleichungen . . . . .	20
<b>3</b>	<b>Die Maxwell'schen Gleichungen</b>	<b>25</b>
3.1	Einführung der Maxwell'schen Gleichungen . . . . .	25
3.1.1	Gauß'sches Gesetz . . . . .	27
3.1.2	Abwesenheit magnetischer Ladungen . . . . .	29
3.1.3	Faradaysches Induktionsgesetz . . . . .	29
3.1.4	Ampère'sches Gesetz . . . . .	32
3.2	Maßsysteme in der Elektrodynamik . . . . .	35
3.2.1	Asymmetrische Maßsysteme . . . . .	35
3.2.2	Symmetrische Maßsysteme . . . . .	36
3.3	Anfangswertproblem und Randbedingungen . . . . .	37
3.4	Potentiale und Eichtransformationen . . . . .	41
3.5	Energie des elektromagnetischen Feldes . . . . .	43
3.6	Impuls und Drehimpuls des elektromagnetischen Feldes . . . . .	47
<b>4</b>	<b>Elektrostatik</b>	<b>51</b>
4.1	Feld zu vorgegebener Ladungsverteilung, Multipolentwicklung . . . . .	51
4.2	Randwertprobleme in der Elektrostatik . . . . .	57

<b>5</b>	<b>Magnetostatik, Quasistationäre Felder</b>	<b>71</b>
5.1	Feld zu vorgegebener Stromverteilung . . . . .	72
5.2	Fadenförmige Stromverteilungen . . . . .	77
<b>6</b>	<b>Elektromagnetische Wellen</b>	<b>83</b>
6.1	Ebene elektromagnetische Wellen . . . . .	83
6.2	Greensche Funktionen des Wellenoperators . . . . .	88
6.3	Abstrahlung elektromagnetischer Wellen . . . . .	91
<b>7</b>	<b>Spezielle Relativitätstheorie</b>	<b>103</b>
7.1	Das Relativitätsprinzip . . . . .	103
7.2	Lorentz-Transformationen . . . . .	107
7.3	Zur Geometrie des Minkowski-Raums . . . . .	120
7.4	Verhalten unter Lorentz-Transformationen . . . . .	125
7.4.1	Zeitdehnung . . . . .	125
7.4.2	Maßstabverkürzung, Relativität der Gleichzeitigkeit . . . . .	126
7.4.3	Additionstheorem der Geschwindigkeiten . . . . .	127
7.4.4	Doppler-Effekt und Aberration von Licht . . . . .	127
7.5	Relativistische Kinematik eines Punktteilchens . . . . .	128
7.6	Kovarianter Formalismus . . . . .	137
7.7	Relativistische Dynamik eines Punktteilchens . . . . .	138
7.8	Kovariante Formulierung der Elektrodynamik . . . . .	145
7.9	Der Energie-Impuls-Tensor . . . . .	149
7.10	Liénard-Wiechertsche Potentiale . . . . .	150
	<b>Anhang: Mathematische Hilfsmittel</b>	<b>155</b>
A.1	Tensoralgebra . . . . .	155
A.1.1	Vektorräume, aktive und passive Transformationen . . . . .	155
A.1.2	Dualraum und duale Basis . . . . .	157
A.1.3	Tensorprodukte, Tensorräume und Tensoralgebra . . . . .	158
A.1.4	Äußere Produkte und äußere Algebra . . . . .	161
A.1.5	Euklidische und pseudo-Euklidische Vektorräume . . . . .	164
A.2	Tensoranalysis im flachen Raum . . . . .	169
A.2.1	Definition und Transformationsverhalten von Tensorfeldern . . . . .	169
A.2.2	Ableitung von Tensorfeldern . . . . .	170
A.2.3	Integration von Differentialformen . . . . .	173
	Formelsammlung zur Vektoranalysis . . . . .	175
	<b>Ausgewählte Literatur</b>	<b>177</b>
	<b>Register</b>	<b>179</b>