

# Inhaltsverzeichnis

## Einleitung

<b>1</b>	<b>Tensoren</b>	<b>13</b>
1.1	Einführung in die Tensorrechnung . . . . .	13
1.2	Das Rechnen mit Tensoren . . . . .	21
1.3	Nichttensorielle Größen . . . . .	24
1.4	Übungsaufgaben zur Tensorrechnung . . . . .	25
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Speziellen Relativitätstheorie</b>	<b>27</b>
2.1	Zur Notation . . . . .	27
2.2	Das Ereignis . . . . .	28
2.3	Maßstäbe . . . . .	28
2.4	Lorentztransformationen . . . . .	29
2.5	Ruhende und bewegte Maßstäbe . . . . .	33
2.6	Addition von Geschwindigkeiten . . . . .	35
2.7	Das Wegelement $\Delta s$ . . . . .	37
2.8	Lorentztransformationen - Drehung im 4D Raum . . . . .	38
2.9	Gruppen der Lorentztransformationen . . . . .	40
2.10	Ereignisse und Kausalität . . . . .	43
2.11	Lorentztensoren . . . . .	45
2.12	Die Eigenzeit $\tau$ . . . . .	47
2.13	Relativistische Mechanik . . . . .	51
2.14	Erhaltungssätze . . . . .	55
2.15	Lichtstreuung am Elektron . . . . .	56
2.16	Raketendynamik . . . . .	58
2.17	Eulergleichung und Energie-Impuls-Tensor . . . . .	60
2.18	Forminvariante Maxwellgleichungen . . . . .	63
2.19	Relativistischer Lagrange-Formalismus . . . . .	67
2.20	Übungsaufgaben zur Speziellen Relativitätstheorie . . . . .	71

<b>3 Grundlagen der Allgemeinen Relativitätstheorie</b>	<b>73</b>
3.1 Allgemeines Relativitätsprinzip . . . . .	73
3.2 Gekrümmte Räume - Riemannräume . . . . .	74
3.3 Das Äquivalenzprinzip . . . . .	79
3.4 Warum krümmt Gravitation den Raum? . . . . .	82
3.5 Der metrische Tensor . . . . .	83
3.6 Anwendung des Äquivalenzprinzips . . . . .	86
3.7 Parallelverschiebung eines Vektors . . . . .	87
3.8 Eine neue Notation . . . . .	90
3.9 Eigenschaften der Christoffelsymbole . . . . .	91
3.10 Lokale Inertialsysteme und Christoffelsymbole . . . . .	94
3.11 Geodäten . . . . .	95
3.12 Kürzeste Verbindung zwischen zwei Punkten . . . . .	96
3.13 Kovariante Ableitung . . . . .	98
3.14 Aufstellen von Gesetzen in der ART . . . . .	100
3.15 Einige nützliche Beziehungen . . . . .	102
3.16 Der Krümmungstensor . . . . .	105
3.17 Symmetrien des Krümmungstensors . . . . .	107
3.18 Der Ricci-Tensor . . . . .	108
3.19 Die Einsteinschen Feldgleichungen . . . . .	109
3.20 Folgerungen aus den Feldgleichungen . . . . .	111
3.21 Spezielle Vakuumlösung der Feldgleichungen . . . . .	112
3.22 Gravitationsfeld in einer Hohlkugel . . . . .	118
3.23 Gravitationsrotverschiebung . . . . .	118
3.24 Bestimmung räumlicher Abstände . . . . .	120
3.25 Bewegung im Zentralfeld - Lichtablenkung . . . . .	121
3.26 Die linearisierten Feldgleichungen . . . . .	123
3.27 Lösungen der linearisierten Feldgleichungen . . . . .	126
3.28 Ein Vergleich: Elektrodynamik - Gravitation . . . . .	127
3.29 Die Feldgleichungen und Kausalität . . . . .	128
3.30 Übungsaufgaben zur Allgemeinen Relativitätstheorie . . . . .	129
<b>A Lösungen und Hinweise</b>	<b>131</b>
<b>B Experimentelle Nachweise</b>	<b>135</b>
<b>C Zitate</b>	<b>139</b>