

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Der Weg zur Relativitätstheorie	5
2.1	Newton's Gravitationstheorie	5
2.2	Inertialsysteme und Relativitätsprinzip	9
2.3	Galilei-Transformation	11
2.3.1	Grenzen der Galilei-Transformationen	13
3	Spezielle Relativitätstheorie	15
3.1	Die Raumzeit der SRT	15
3.1.1	Minkowski-Raum	16
3.1.2	Lorentz-Transformation	19
3.1.3	Relativität der Gleichzeitigkeit und der Lichtkegel	22
3.2	Vektoren und Tensoren	24
3.2.1	Vektoren im Minkowski-Raum	24
3.2.2	Kovektoren im Minkowski-Raum	26
3.2.3	Tensoren	29
3.2.4	Tensoren im Minkowski-Raum	37
3.3	Folgerungen der SRT	37
3.3.1	Relativistische Mechanik	39
3.3.2	Kovariante Formulierung der Maxwell-Gleichungen	42
4	Grundideen der Allgemeinen Relativitätstheorie	45
4.1	Analogie zur Elektrodynamik	45
4.2	Äquivalenzprinzip	47
4.3	Gravitation und die Krümmung des Raums	52
4.3.1	Messmethoden der Krümmung	52

5	Differentialgeometrie: Mannigfaltigkeiten und Tensoren	57
5.1	Differenzierbare Mannigfaltigkeiten	57
5.2	Tangentialraum	64
5.3	Vektoren und Tensoren auf Mannigfaltigkeiten	71
5.3.1	Vektorfelder	71
5.3.2	Lie-Klammer	73
5.3.3	Kovektorfelder	74
5.3.4	Tensorfelder	78
5.3.5	Transformationsgesetze	80
5.4	Pseudo-Riemann'sche Mannigfaltigkeiten	81
6	Differentialgeometrie: Krümmung und Geodäten	91
6.1	Kovariante Ableitung	91
6.1.1	Levi-Civita-Zusammenhang	98
6.1.2	Paralleltransport	103
6.2	Geodäten und Geodätengleichung	108
6.2.1	Exponentialabbildung	115
6.3	Krümmung	118
6.3.1	Riemann'scher Krümmungstensor	119
6.3.2	Eigenschaften des Krümmungstensors	122
6.3.3	Ricci-Tensor und Krümmungsskalar	124
7	Allgemeine Relativitätstheorie	129
7.1	Kovarianzprinzip	130
7.2	Energie-Impuls-Tensor	131
7.3	Einstein'sche Feldgleichungen	135
7.3.1	Newton'scher Grenzfall	137
7.3.2	Struktur der Feldgleichungen	140
7.3.3	Feldgleichung mit kosmologischer Konstante	141
7.4	Die kugelsymmetrische Lösung	142
7.4.1	Eigenschaften der Schwarzschild-Metrik	146
7.5	Effekte der ART	151
7.5.1	Rotverschiebung	151
7.5.2	Bewegungsgleichung im Gravitationsfeld	156
7.5.3	Periheldrehung	161
7.5.4	Lichtablenkung	165
7.5.5	Schwarzschild-Radius als Ereignishorizont	169

8 Fazit und Ausblick	175
A Anhang	181
Literaturverzeichnis	185