

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I Spezielle Relativitätstheorie (SRT)

<b>1</b>	<b>Einführung</b> .....	3
1.1	Das Relativitätsprinzip der klassischen Mechanik .....	3
1.2	Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit .....	6
1.3	Die Relativität der Gleichzeitigkeit .....	7
<b>2</b>	<b>Der Minkowski-Raum – die Raumzeit der SRT</b> .....	11
2.1	Ereignisse, Weltlinien und der invariante Abstand .....	11
2.2	Raumartige, zeitartige sowie lichtartige Abstände und der Lichtkegel .....	15
2.3	Die Eigenzeit .....	19
<b>3</b>	<b>Lorentz-Transformationen</b> .....	25
3.1	Verschiebungen und Drehungen in der Raumzeit .....	25
3.2	Allgemeine Lorentz-Transformationen .....	27
3.3	Inertialsysteme mit Relativbewegung .....	29
<b>4</b>	<b>Vierervektoren und Vierertensoren</b> .....	39
4.1	Der Ortsvektor im Minkowski-Raum .....	39
4.2	Vierervektoren .....	40
4.3	Vierertensoren .....	44
<b>5</b>	<b>Relativistische Punktmechanik</b> .....	51
5.1	Kinematik .....	51
5.2	Dynamik .....	53
5.3	Die Energie-Impuls-Beziehung .....	55
<b>6</b>	<b>Andere Teilgebiete der Physik im Rahmen der SRT</b> .....	65
6.1	Elektrodynamik .....	65
6.2	Hydrodynamik .....	69
6.3	Das Problem der Gravitation .....	74

---

**Teil II Allgemeine Relativitätstheorie (ART)**

<b>7</b>	<b>Grundideen</b> . . . . .	81
7.1	Geometrisierung der Gravitation . . . . .	82
7.2	Mach'sches Prinzip und Gravitomagnetismus . . . . .	84
7.3	Der Energie-Impuls-Tensor als Quellterm . . . . .	86
<b>8</b>	<b>Geometrie der Raumzeit</b> . . . . .	89
8.1	Metrik, Vektoren und Tensoren . . . . .	89
8.2	Lokale Inertialsysteme . . . . .	93
8.3	Die kovariante Ableitung . . . . .	95
<b>9</b>	<b>Physik in der gekrümmten Raumzeit</b> . . . . .	105
9.1	Die Übertragungsregel . . . . .	105
9.2	Punktmechanik . . . . .	106
9.3	Elektrodynamik und Hydrodynamik . . . . .	111
<b>10</b>	<b>Die Einstein'schen Feldgleichungen</b> . . . . .	119
10.1	Ein Weg zu den Feldgleichungen der Gravitation . . . . .	119
10.2	Der Riemann'sche Krümmungstensor . . . . .	122
10.3	Nichtlinearität, Kopplung und Konsistenz . . . . .	123
<b>11</b>	<b>Der Newton'sche Grenzfall</b> . . . . .	131
11.1	Voraussetzungen . . . . .	131
11.2	Die Newton'sche Gravitationsfeldgleichung . . . . .	132
11.3	Die Newton'sche Bewegungsgleichung . . . . .	134
<b>12</b>	<b>Die Schwarzschild-Lösung</b> . . . . .	139
12.1	Ricci-Tensor einer kugelsymmetrischen Metrik . . . . .	139
12.2	Auswertung der Vakuum-Feldgleichungen . . . . .	141
12.3	Eigenschaften der Schwarzschild-Lösung . . . . .	143
<b>13</b>	<b>Die klassischen Effekte der ART</b> . . . . .	149
13.1	Periheldrehung . . . . .	149
13.2	Lichtablenkung . . . . .	155
13.3	Rotverschiebung . . . . .	157
<b>14</b>	<b>Kugelsymmetrische Sternmodelle</b> . . . . .	165
14.1	Feldgleichungen innerhalb des Sterns . . . . .	165
14.2	Hydrostatisches Gleichgewicht . . . . .	168
14.3	Gravitativer Massendefekt . . . . .	169
<b>15</b>	<b>Die Schwarzschild-Lösung als Schwarzes Loch</b> . . . . .	179
15.1	Der Ereignishorizont . . . . .	179
15.2	Radiale Nullgeodäten . . . . .	184
15.3	Kugelsymmetrischer Gravitationskollaps . . . . .	185

<b>16</b>	<b>Das Wirkungsprinzip der ART</b> . . . . .	191
16.1	Die Hilbert-Wirkung . . . . .	191
16.2	Ankopplung der Materie . . . . .	194
16.3	Beispiel: Elektrisch geladener Staub . . . . .	195
<b>17</b>	<b>Ausblick</b> . . . . .	203
17.1	Gravitationswellen . . . . .	203
17.2	Kosmologie . . . . .	206
17.3	Das Problem der Quantengravitation . . . . .	209
 <b>Teil III Ergänzungen für Fortgeschrittene</b>		
<b>18</b>	<b>Mathematische Methoden</b> . . . . .	217
18.1	Killing-Vektoren und Lie-Ableitung . . . . .	217
18.2	Erhaltungsgrößen und Fernfeld . . . . .	220
18.3	Die Einstein-Maxwell-Gleichungen bei Axialsymmetrie und Stationarität . . . . .	225
18.4	Lösungsmethoden aus der Solitontheorie . . . . .	229
<b>19</b>	<b>Rotierende und elektrisch geladene Schwarze Löcher</b> . . . . .	255
19.1	Das Randwertproblem für ein isoliertes Schwarzes Loch . . . . .	255
19.2	Beweis der Eindeutigkeit der Lösung . . . . .	259
19.3	Vollständige Herleitung der Kerr-Newman-Lösung . . . . .	266
19.4	Eigenschaften der Kerr-Newman-Lösung . . . . .	272
<b>20</b>	<b>Die rotierende Staubscheibe</b> . . . . .	289
20.1	Rotierende Sterne in der ART . . . . .	289
20.2	Der Scheibengrenzfall . . . . .	291
20.3	Die Lösung . . . . .	294
<b>Literatur</b> . . . . .		301
<b>Stichwortverzeichnis</b> . . . . .		305