

Jean-Pierre Luminet

Schwarze Löcher

Aus dem Französischen übersetzt
von Thomas Filk

Mit 71 Abbildungen

Facetten



Inhaltsverzeichnis

I	Gravitation und Licht	1
1	Die Anfänge	3
1.1	Der Glücklichste unter den Sterblichen	3
1.2	Der Appetit auf Planeten	5
1.3	Zwei Vorläufer der unsichtbaren Welten	6
1.4	Die Feldtheoretiker	9
1.5	Licht im Sinne von Maxwell	10
2	Relativität	15
2.1	Die Wellen werden gestört	15
2.2	Bewegung und Ruhe	16
2.3	Ein Schütze und ein Zug	17
2.4	Der Äther	18
2.5	Ein manipuliertes Rennen	19
2.6	Die Spezielle Relativitätstheorie	21
2.7	Eine Theorie liegt „in der Luft“	22
2.8	Das Gewebe aus Licht	23
2.9	Zeit zum Spielen	28
2.10	Die relativistische Bombe	31
3	Die gekrümmte Raum-Zeit	33
3.1	Das Äquivalenzprinzip	33
3.2	Ein neues Inertialsystem	36
3.3	Kosmisches Golfspiel	37
3.4	Gekrümmte Geometrien	39
3.5	Geometrie und Materie	44
3.6	Der Licht-Pudding	46
3.7	Die Einsteinschen Gleichungen	48
3.8	Die Allgemeine Relativitätstheorie auf dem Prüfstand	51
3.9	Eine magische Theorie	56

II Außergewöhnliche Überreste	59
Vorbemerkungen	61
4 Chronik der heißen Jahre	63
4.1 Die Geburt der Sterne	63
4.2 Der Kampf des Feuers	65
4.3 Das verbleibende Leben	67
4.4 Roter Psalm	68
5 Asche und Diamant	70
5.1 Die Planetarischen Nebel	71
5.2 Eine Farbenpalette	72
5.3 Der Garten der weißen Zwerge	73
5.4 Entartete Materie	74
5.5 Die Enthüllung der weißen Zwerge	77
5.6 Heiß und kalt	78
5.7 Das Zeitalter des Kristalls	79
5.8 Zukünftiges Funkeln	80
6 Die Supernova	83
6.1 Die nukleare Kette	83
6.2 Eine riesige Zwiebel	84
6.3 Neutronisation	84
6.4 Der Blow-out	87
6.5 Beobachtung mit allen Mitteln	88
6.6 Historische Supernovae	90
6.7 Identifikation eines Sterns	92
6.8 Die Supernovae der Renaissance	93
6.9 Die Überreste des Festes	94
6.10 Gefährliche Liebschaften	95
6.11 Begegnung der dritten Art	96
6.12 Die Magellansche Supernova	98
7 Pulsare	101
7.1 Leuchttürme am Himmel	102
7.2 Extreme Sterne	103
7.3 Schreie und Flüstern	107
7.4 Die Nacht des Sternes	108
7.5 Ein Pulsar verstummt	109

7.6	Supernovae und Pulsare	109
7.7	Himmelskreisel	111
7.8	Doppelpulsare kommen zur Hilfe	113
7.9	Sternenbeben	113
7.10	Das Innere eines Neutronensterns	115
7.11	Die Geheimnisse dichter Materie	117

8 Die Gravitation triumphiert 119

III Verlöschtes Licht 123

9 Der wesenlose Horizont 125

9.1	Die Schwarzschild-Lösung	125
9.2	Der magische Kreis	126
9.3	Die unsichtbaren Sterne erscheinen wieder	127
9.4	Dunkler als man denkt	129
9.5	Die Gefangennahme des Lichtes	131
9.6	Der Ereignishorizont	133
9.7	Der unvorsichtige Reisende	136
9.8	Die eingefrorene Zeit	137
9.9	Eine invertierte Welt	140

10 Illuminationen 144

10.1	Eine Frage der Beleuchtung	144
10.2	Das glänzende schwarze Loch	147
10.3	Kopf und Zahl	148
10.4	Das fotografierte schwarze Loch	151

11 Hinab in den Mahlstrom 154

11.1	Das schwarze Loch von Kerr	154
11.2	Das maximale schwarze Loch	156
11.3	Der kosmische Mahlstrom	157
11.4	Die Ringsingularität	161
11.5	Das elektrisch geladene schwarze Loch	162
11.6	Das „haarlose“ schwarze Loch	164

12 Kartenspiele 168

12.1	Schwarz und Weiß	168
12.2	Das Spiel der Einbettung	169

12.3	Das Wurmloch	171
12.4	Das Kruskal-Spiel	176
12.5	Weiße Löcher aus der Urzeit	179
12.6	Das Penrose-Spiel	184
12.7	Das enge Tor	188
12.8	Die Zeitmaschine	191
12.9	Die Gravitationssingularitäten	194
12.10	Die kosmische Zensur	195
12.11	Die Quantengravitation	196
13	Das schwarze Loch als Maschine	201
13.1	Thermodynamik	201
13.2	Die Dynamik schwarzer Löcher	203
13.3	Das schwarze Loch als Energiequelle	206
13.4	Das schwarze Loch als Dynamo	209
13.5	Das schwarze Loch als Laser	210
14	Das quantisierte schwarze Loch	213
14.1	Das schrumpfende schwarze Loch	213
14.2	Der Tunnel	215
14.3	Das polarisierte Vakuum	217
14.4	Schwarz ist schwarz	220
14.5	Die Gravitationsinstabilität	221
14.6	Gott mogelt	223
IV	Das wiedergefundene Licht	225
15	Die primordialen schwarzen Löcher	227
15.1	Klumpen	227
15.2	Kollidierende Welten	228
15.3	Ein kurzes Leben	230
15.4	Der Letzte Schrei	231
15.5	Gravitationsbilder	233
15.6	Dunkle Materie	236
16	Der Zoo der Röntgen-Sterne	238
16.1	Das Spektrum eines Lebens zu zweit	239
16.2	Eine bestimmte Verschiebung	240
16.3	Fliegende Observatorien	243

16.4	Der Satellit „Freiheit“	244
16.5	Röntgen-Pulsare	245
16.6	Röntgen-Burster	248
16.7	Auf der Suche nach seltenen Tieren	252
16.8	Das Wiegen von Sternen	254
16.9	Der schwarze Schwan	255
16.10	<i>Advocati Diaboli</i>	256
16.11	Der Club der Fünf	257
16.12	Ist der Zwillingbruder eines schwarzen Loches ein schwarzes Loch?	260
16.13	Ein Stern als Galaxie	262
17	Die schwarzen Riesenlöcher	265
17.1	Ein Phantombild	266
17.2	Die Kugelhaufen	268
17.3	Sagittarius oder das galaktische schwarze Loch	271
17.4	Die Welt der Galaxien	276
17.5	Aktive Kerne	277
17.6	Fünf einfache Teile	278
17.7	Massenpsychologie	279
17.8	Ein schwankendes Herz.	281
17.9	Kosmische Jets	282
17.10	Veränderungen der Kontinuität	284
17.11	Alternative Motoren	286
17.12	Zu Tisch!	288
17.13	Kometensterne	289
17.14	Die Kollision von Sternen	290
17.15	Schwarze Gezeiten	290
17.16	Flammierte Crêpes	292
17.17	Das schwarze Loch als Zündmechanismus	295
17.18	Die Gamma-Burster	296
17.19	Allgemeiner Kannibalismus	298
18	Gravitationswellen	301
19	Das Universum als schwarzes Loch	308
Anhang		313
A1	Das Hertzsprung-Russell-Diagramm	313

A2	Das Masse-Dichte-Diagramm der Himmelskörper und das Ende der stellaren Entwicklung	315
	Kalte Körper	315
	Schwarze Löcher	317
	Heiße Körper	317
	Stellare Entwicklung	318
	Kurzes Literaturverzeichnis	320
	Namensverzeichnis	321
	Sachwortverzeichnis	324