

Roger Penrose

Zyklen der Zeit

Eine neue ungewöhnliche Sicht
des Universums

Aus dem Englischen übersetzt von Thomas Filk

Spektrum
AKADEMISCHER VERLAG

Inhalt

Vorwort	VIII
Danksagungen	X
Vorspiel	XII

Teil 1 **Der Zweite Hauptsatz und sein** **tiefes Geheimnis**

1 Der unablässige Vormarsch des Zufalls	3
2 Entropie als Abzählung von Zuständen	11
3 Der Phasenraum und Boltzmanns Definition der Entropie	21
4 Die Robustheit der Entropiedefinition	33
5 Die unaufhaltsame Zunahme der Entropie in der Zukunft	43
6 Weshalb ist die Vergangenheit anders?	49

Teil 2

Die seltsam besondere Natur des Urknalls

- | | | |
|-----------|--|-----|
| 7 | Unser expandierendes Universum | 59 |
| 8 | Die allgegenwärtige
Mikrowellenhintergrundstrahlung | 71 |
| 9 | Raumzeit, Lichtkegel, Metriken und konforme
Geometrie | 87 |
| 10 | Schwarze Löcher und Singularitäten der Raumzeit | 107 |
| 11 | Konforme Diagramme und konforme Ränder | 121 |
| 12 | Weshalb war der Urknall etwas Besonderes? | 141 |

Teil 3

Konforme zyklische Geometrie

- | | | |
|-----------|---------------------------------------|-----|
| 13 | Anknüpfung ans Unendliche | 161 |
| 14 | Die Struktur von CCC | 175 |
| 15 | Frühere Vor-Urknall-Modelle | 193 |
| 16 | Die Quadratur des Zweiten Hauptsatzes | 207 |
| 17 | CCC und Quantengravitation | 227 |
| 18 | Beobachtbare Auswirkungen | 247 |
| | Nachspiel | 265 |

Anhang

A	Konforme Reskalierung, 2-Spinoren, die Theorie von Maxwell und Einstein	269
A.1	Die 2-Spinor-Schreibweise: Maxwell-Gleichungen · 270	
A.2	Schrödinger-Gleichung für ein masseloses freies Feld · 271	
A.3	Raumzeit-Krümmungen · 272	
A.4	Masselose Gravitationsquellen · 273	
A.5	Bianchi-Identitäten · 274	
A.6	Konforme Reskalierungen · 275	
A.7	Yang-Mills-Felder · 277	
A.8	Skalierung von Energietensoren zu verschwindenden Ruhemassen · 277	
A.9	Konforme Skalierungen des Weyl-Tensors · 279	
B	Die Gleichungen beim Übergang	281
B.1	Die Metriken \hat{g}_{ab} , g_{ab} und \check{g}_{ab} · 281	
B.2	Die Gleichungen für \mathcal{G}^\wedge · 283	
B.3	Die Rolle des Phantomfeldes · 286	
B.4	Die Normale N an \mathcal{X} · 287	
B.5	Die Fläche des Ereignishorizonts · 289	
B.6	Die Reziprokannahme · 289	
B.7	Die Dynamik bei \mathcal{X} · 292	
B.8	Der konform invariante D_{ab} -Operator · 293	
B.9	Wie bleibt die Gravitationskonstante positiv? · 295	
B.10	Die Elimination der unphysikalischen Freiheitsgrade in der g -Metrik · 297	
B.11	Der Materiegehalt von \mathcal{G}^\vee · 301	
B.12	Die Gravitationsstrahlung bei \mathcal{X} · 305	
	Anmerkungen	309
	Index	335