

Reinhard Breuer

Das anthropische Prinzip

Der Mensch
im Fadenkreuz der
Naturgesetze

Mit einem Vorwort
von
Rudolf Kippenhahn

Meyster

Inhalt

Vorwort 13

I

Die Stellung des Menschen im Universum 17

Der Mensch im Fadenkreuz der Naturgesetze	17
Das anthropische Prinzip — starke Version/schwache Version	23
Die Stellung des Menschen im Universum	26
Das anthropische Prinzip — Optimismus gegen Pessimismus	27
Wie lassen sich Naturgesetze verändern?	28
Anthropisch oder anthropozentrisch (Kritik am anthropischen Prinzip)	31

II

Dirac und der kosmische Zufall 35

Diracs kosmische Überraschung	35
Die Erklärung der Natur - der Streit um den Physikalismus	36
Die Fundamentalkonstanten der Naturkräfte	41
Die Fundamentalkonstanten der Materie und die Massen der elementaren Teilchen	47
Die Fundamentalparameter des Kosmos	48
Die klassischen »kosmischen Zufälle« — ein Ausdruck des anthropischen Prinzips?	49
Wer war der Erste?	54
Das allzu menschliche Schicksal der Konstanten	56
Die »Natur« der Naturkonstanten	57

III

Fundamentalteilchen mit Charm 61

- | | |
|--|----|
| Das Innenleben der Materie | 61 |
| Die Stabilität der Materie und das anthropische Prinzip | 62 |
| Der Raum muß dreidimensional sein | 65 |
| Die Lebensdauer des Prinzips von Wolfgang Pauli | 67 |
| Einstiens Traum und die Einheit der Naturkräfte | 68 |
| Wenn Quarks und Leptonen miteinander spielen | 72 |
| Geschmäcker und Farben im Quark | 75 |
| Das Generationsspiel: Warum wiederholt sich die Natur? | 77 |
| Die Grundfragen der Materie: Was ist fundamental in der Natur? | 80 |
| Die Grundfragen der Materie: Ertrinken wir im Teilchenmeer? | 85 |
| Die Grundfragen der Materie: Gibt es nur eine (Ur-)Kraft? | 87 |
| Die fünfte, superschwache Kraft der Natur | 89 |

IV

Der Mensch als Maßstab für den Urknall 94

- | | |
|---|-----|
| Modelle des Universums - Randbedingungen für das irdische Leben | 94 |
| Das anthropische kosmologische Prinzip | 97 |
| Warum es Nacht wird in der Nacht | 103 |
| Wenn es Tag bliebe in der Nacht ... | 105 |
| Die Reste des Urknalls | 107 |
| Wasserstoff und Helium: Rohstoffe der Sterne | 111 |
| Die Masse des Neutrinos | 114 |
| Chaos oder Ordnung: Warum ist das Universum isotrop? | 118 |
| Zyklischer Kosmos und die biologische Auswahl der | |
| Naturkonstanten | 124 |
| Wie entstanden Galaxien? | 126 |
| War die Schwerkraft früher stärker? | 128 |
| Wie universal sind Fundamentalkonstanten? - Beobachtete Grenzen der | |
| Veränderung | 133 |
| Der Endknall und das anthropische Prinzip | 135 |

Was uns Quasare über die Naturgesetze erzählen 138

- | | |
|---------------------------------|-----|
| Nachrichten vom Anfang der Welt | 138 |
| Die Quasarstory | 140 |
| Fast so schnell wie Licht | 143 |

Ein Lieferant für Quasarenergie: supermassive Schwarze Löcher	147
Springbrunnen und Doppelauspuff	151
Doppel- und Tripelquasare	154
Quasare und die Veränderung der Naturkräfte	157

VI

Sternexplosionen und intelligentes Leben	160
Schwere Elemente für die Biologie	160
Das Dilemma der Supernova-Experten	162
Die Sprengung eines Sternes	165
Steckt die Supernova-Forschung in einer Sackgasse?	168
Supernovae und der Neutrinozünder	170
Die Supernova vom Jahr 1054	172
Löste eine Supernova die Entstehung des Sonnensystems aus?	174
Die Gelben Zwerge und das anthropische Prinzip	175
Die Leuchtkraft der Sonne und das anthropische Prinzip	179

VII

Erde und Kosmos: Geophysik und anthropisches Prinzip	182
Die Erde und die variable Schwerkraft	182
Die Expansion der Erde	184
Die Abkühlung der Erde	186
Radioaktive Elemente und die starke Wechselwirkung	189
Himmliches Chaos und irdische Katastrophen	191
Kosmische Strahlen und die biologische Evolution	195
Der Zusammenbruch des Erdmagnetfeldes	198
Die Natur in Potenzen der Zahl $N = 10^{80}$	200

VIII

Die Eindeutigkeit des Lebens: Biologie und anthropisches Prinzip	203
Intelligente Lebewesen und die physikalischen Gesetze	203
Lebende Systeme - eine 7-mal-19-Matrix?	204
Selbststeuerung und hierarchische Kontrolle	207
Wasser ist ein besonderer Saft!	217
Ein Ersatz für Wasser?	220
Die räumliche Faltung der Biomoleküle	222
Ohne Kupfer und Vanadium kein Leben	224

IX

Der kosmische Lebensplan 226

Andere Universen 226

Ein Beispiel für ein »alternatives« Universum 227

Prinzipien im Wettstreit 231

Können wir ein einfacheres Universum bauen? 236

Anhang 240

Literaturhinweise 248