

# Inhaltsverzeichnis

<b>Einleitung</b> . . . . .	1
1. Naturphilosophie, Wissenschaft und menschliche Erfahrung . . . . .	1
2. Thematische Gliederung . . . . .	4
<b>1. Zeitordnung als Kausalordnung: Die kausale Theorie der Zeit</b> . . . . .	8
1.1 Die klassische Form der kausalen Zeittheorie: Leibniz und Kant . . . . .	9
1.2 Die Raum-Zeit-Struktur in der speziellen Relativitätstheorie . . . . .	17
1.2.1 Die Konzeption der Speziellen Relativitätstheorie und die Tradition der Elektrodynamik . . . . .	17
1.2.2 Die spezielle Relativitätstheorie als Theorie der Raum-Zeit . . . . .	28
1.3 Zeitfolge und Gleichzeitigkeit in der Minkowski-Raum-Zeit . . . . .	39
1.4 Kausalstruktur und Minkowski-Raum-Zeit . . . . .	42
1.5 Kausalität und Anisotropie der Zeit . . . . .	48
1.5.1 Kausalordnung und Zeitfolge . . . . .	48
1.5.2 Die Gabelungsasymmetrie . . . . .	49
<b>2. Sein und Werden: Reversibilität, Irreversibilität und die Richtung der Zeit</b> . . . . .	58
2.1 Die Zeitlosigkeit der Welt . . . . .	59
2.1.1 Dynamik des Wandels versus Unveränderlichkeit des Seins . . . . .	59
2.1.2 Die Zenonschen Paradoxien . . . . .	60
2.1.3 Die Reversibilität der Fundamentalprozesse und das statische Blockuniversum . . . . .	67
2.2 Irreversibilität und statistische Mechanik . . . . .	71
2.2.1 Der Zweite Hauptsatz der Thermodynamik . . . . .	72
2.2.2 Boltzmanns mechanische Begründung des Zweiten Hauptsatzes . . . . .	75

2.2.3	Der Maxwellsche Dämon . . . . .	84
2.2.4	Der Zweite Hauptsatz als Anthropomorphismus . . .	89
2.2.5	Irreversibilität bei Nicht-Gleichgewichtssystemen . . .	92
2.2.6	Die philosophische Tragweite faktischer (nicht-nomologischer) Irreversibilität . . . . .	95
2.2.7	Physikalische Grundlagen des Zeitpfeils . . . . .	98
2.3	Nomologische Irreversibilität: Der Zeitpfeil der schwachen Wechselwirkung . . . . .	103
2.4	Wandel oder Werden: Die Zeitlichkeit der Welt . . . .	106
2.4.1	Die Relativität des „Jetzt“ und der Unterschied von Vergangenheit und Zukunft . . . . .	107
2.4.2	Der Fluss der Zeit und der Unterschied von Wandel und Werden . . . . .	109
3.	<b>Geometrie und Wirklichkeit: Erkenntnisprobleme beim Ausmessen von Raum und Zeit . . . . .</b>	<b>113</b>
3.1	Die empirische Ermittlung der physikalischen Geometrie . . . . .	114
3.1.1	Nicht-Euklidische Geometrien . . . . .	114
3.1.2	Das Ausmessen der Raum-Zeit . . . . .	123
3.1.3	Die empirische Unterbestimmtheit der physikalischen Geometrie . . . . .	126
3.1.4	Hohlwelttheorie und geometrischer Konventionalismus . . . . .	131
3.1.5	Reichenbachs universelle Kräfte und die Gravitation .	134
3.2	Die Grundzüge der allgemeinen Relativitätstheorie . .	137
3.2.1	Einsteins „drei Prinzipien“ . . . . .	137
3.2.2	Lichtstrahlen, Uhren, Maßstäbe und Bewegung im Gravitationsfeld . . . . .	144
3.2.3	Die Geometrisierung der Gravitation . . . . .	147
3.2.4	Grenzen der Geometrisierung . . . . .	154
3.3	Die erkenntnistheoretische Stellung der physikalischen Geometrie . . . . .	158
3.3.1	Universelle Kräfte in der allgemeinen Relativitätstheorie . . . . .	158
3.3.2	Die Feldinterpretation der physikalischen Geometrie und die Konventionalitätsthese . . . . .	161
4.	<b>Raum-Zeit und Materie: Die Naturphilosophie von Raum und Zeit . . . . .</b>	<b>168</b>
4.1	Raum und Zeit in der klassischen Physik . . . . .	169

4.1.1	Newtons absolute Position: intrinsische Strukturen von Raum und Zeit . . . . .	170
4.1.2	Leibniz' relationale Interpretation: der Raum als Anordnung von Körpern . . . . .	174
4.1.3	Raum-Zeit und Kräfte: Die Behandlung der Rotation und die Leibniz-Clarke-Kontroverse . . .	179
4.1.4	Machs Kritik an Newtons Argument und sein relationaler Gegenentwurf . . . . .	182
4.2	Die Struktur der Raum-Zeit in der allgemeinen Relativitätstheorie . . . . .	190
4.2.1	Absolute Eigenschaften der Raum-Zeit . . . . .	190
4.2.2	Das Machsche Prinzip und die allgemeine Relativitätstheorie . . . . .	195
4.3	Substanzialismus und Relationalismus . . . . .	204
4.3.1	Die Unterscheidung zwischen Raum und Materie . . .	204
4.3.2	Substanzialismus und Loch-Argument . . . . .	206
4.4	Der Strukturenrealismus in der Raum-Zeit-Philosophie	212
4.4.1	Epistemischer Strukturenrealismus . . . . .	214
4.4.2	Ontologischer Strukturenrealismus: Objekte als Relationen . . . . .	216
	<b>Schluss</b> . . . . .	222
	<b>Anmerkungen</b> . . . . .	225
	<b>Literatur</b> . . . . .	227