

Inhaltsverzeichnis

Teil I Wissenschaft

1	Der Gang der Wissenschaft	3
1.1	Wissenschaft und Methode	5
1.1.1	Euklids Geometrie als erste Realisierung der Idee einer Wissenschaft	6
1.1.2	Die Newton'sche Mechanik – die erste physikalische Theorie	7
1.2	Empirismus und Rationalismus	11
1.2.1	Empirische Aussagen	12
1.2.2	Rationalismus	16
1.3	Freie Erfindungen des menschlichen Geistes	20
1.3.1	Axiome	21
1.3.2	Begriffe und Annahmen	26
1.3.3	Modelle und Modellannahmen	30
1.3.4	Die Rolle von Induktion und Intuition	33

XIV Inhaltsverzeichnis

1.3.5	Die Rolle der Mathematik bei der Intuition	37
1.4	Schicksale physikalischer Theorien	39
1.4.1	Bewährung bei Vorhersagen	39
1.4.2	Vereinheitlichung mit anderen Theorien	42
1.4.3	Verdrängung durch eine bessere Theorie	45
1.4.4	Entdeckung der Grenzen eines Gültigkeitsbereiches	51
1.4.5	Leben mit Problemen	59
1.4.6	Theorie für Alles: Lösung aller Probleme?	63
1.5	Wissenschaft als evolutiver Prozess	65
1.6	Die Prägung unseres Denkens durch die Evolution	68
2	Wissenschaftslehre aus der Sicht von Philosophen	73
2.1	Kant und die Prämisse als die Mittel reinen Denkens	74
2.2	Karl Popper und die Induktion	76
2.3	Thomas Kuhn und der Begriff des Paradigmas	80
2.3.1	Die formale und die ontologische Ebene der Physik	82
2.3.2	Thomas Kuhns Thesen und die formal mathematische Ebene	84
2.3.3	Thomas Kuhns Thesen und die ontologische Ebene	86

2.3.4	Unversöhnliche Gegensätze zwischen verschiedenen Theorien?	89
2.4	Lakatos	91
 Teil II Denkungsart und Weltbilder: Logik, Mathematik und Rationalismus		
3	Denkgebäude – von „Geschichten“ unterschiedlicher Art	97
3.1	Denkgebäude in Mathematik, Physik und Philosophie	100
3.2	Historische Rekonstruktionen	102
3.3	Denkgebäude als Geschichten	103
3.4	Antrieb für das Erzählen und Erfinden von Geschichten	104
3.5	Religion und Magie	105
3.6	Magie und Wissenschaft	106
4	Denkfehler und Denkweisen	111
4.1	Denkfehler	112
4.2	Zwei unterschiedliche Denkweisen	115
5	Die Rolle der Mathematik in einer Wissenschaft	119
5.1	Wissenschaft vs. Kunde	120
5.2	Mathematik führt zu quantitativen Aussagen	122
5.3	Mathematik für komplexe Systeme	123
5.4	Prägung der Wissenschaftler durch die Mathematisierung	124
5.5	Das Problem der Mathematisierung in anderen Wissenschaften	126

XVI Inhaltsverzeichnis

6	Der Algorithmus und die Reichweite mathematischer Theorien	129
6.1	Einige Algorithmen kennt jeder	130
6.2	Algorithmen für mathematische Probleme	131
6.3	Algorithmen ohne mathematische Probleme	132
6.4	Wie weit reichen algorithmische Verfahren?	134
6.5	Was ist das nicht-algorithmische Denken?	136
7	Maschinelles Lernen – Neuronale Netze	137
7.1	Künstliche neuronale Netze	139
8	Bestärkendes Lernen (Reinforcement Learning)	143
Teil III Denkungsart und Weltbilder: Begriffsbildung		
9	Das Böse und andere Dinge – von den Verführungen durch unsere Umgangssprache	151
9.1	Der Hang zur Personifizierung im Lichte der Evolution	152
9.2	Der Hang zur Substantivierung	154
9.3	Das Verschwinden der „Dinglichkeit“	156
10	Warum gibt es eigentlich irgendetwas und nicht einfach nichts?	159
10.1	Warum gibt es irgendwas?	161
10.2	Kann es auch einfach nichts geben?	162

**Teil IV Denkungsart und Weltbilder:
Intuition und Wahrheit**

11 Vom gefühlsmäßigen Erfassen einer Wahrheit – der Mensch als Geschichtenerfinder	167
11.1 Wahrheitsgefühl bei Philosophen in der Kritik von Philosophen	169
11.2 Wahrheitsgefühl im täglichen Leben	170
11.3 Der Interpreter	171
11.4 Bewertung der Geschichten	173
Teil V Denkungsart und Weltbilder: Jenseits unseres Vorstellungsvermögens	
12 Von Raum und Zeit zur Raumzeit	177
12.1 Koordinatensysteme, der absolute Raum und das absolute Inertialsystem	178
12.2 Inertialsysteme in der Praxis	181
12.3 Galilei-Transformationen und das galileische Relativitätsprinzip	182
12.4 Raum und Zeit in der speziellen Relativitätstheorie	184
13 Die Zeit, die ist ein sonderbar Ding	189
13.1 Vom Empfinden zum Messen	190
13.2 Die Relativität der Zeit	192
13.3 Grenzen der Zeit: Zeitlosigkeit und die Absolutheit der Bewegung	196
13.4 Grenzen der Zeit: Die Unumkehrbarkeit	199
13.5 Das Absolute ist uns fremd	201

XVIII Inhaltsverzeichnis

14	Raumzeit und Materie	205
14.1	Das Äquivalenzprinzip oder die Rettung des Inertialsystems	207
14.2	Gekrümmte Räume	210
14.3	Das allgemeine Relativitätsprinzip	212
14.4	Bestimmung der Metrik der Raumzeit durch Massen und Felder	214
15	Von unserer Provinzialität und unseren Vorurteilen	217
15.1	Die Mechanisierung des Weltbildes	218
15.2	Die Provinzialität unserer alltäglichen Vorstellungswelt	222
15.3	Quantenfelder als elementarste Objekte?	226
16	Die Schreibhemmung, Buridans Esel und das Higgs-Teilchen	229
16.1	Buridans Esel, spontane und explizite Symmetriebrechung	230
16.2	Symmetrien und Invarianzen in der Natur	232
16.3	Symmetrien in physikalischen Theorien, Erhaltungssätze	234
16.4	Eichsymmetrien und Eichtheorien	235
16.5	Symmetrie, Massen der Eichquanten und Reichweite der Wechselwirkung	237
16.6	Spontane Symmetriebrechung in Quantentheorien	238

**Teil VI Denkungsart und Weltbilder:
An heutigen Grenzen der Wissenschaft**

17 Emergenz – Über verschiedene Begriffswelten	243
17.1 Evolution zu immer komplexeren Systemen	245
17.2 Verschiedene Begriffswelten	246
17.3 Verknüpfung der Begriffe verschiedener Schichten, Emergenz	247
17.4 Objektivität und Subjektivität	249
17.5 Wertschätzungen	251
18 Von verschiedenen Wirklichkeiten	253
18.1 Wirklichkeit als Begriff	254
18.2 Verschiedene Beschreibungsebenen in der Physik	256
18.3 Die Wirklichkeit auf den Beschreibungsebenen	259
18.4 Die Verknüpfung der Beschreibungsebenen: Reduktion	261
18.5 Beschreibungsebenen und Wirklichkeiten	262
18.6 Verschiedene Beschreibungsebenen außerhalb der Physik	264
18.7 Die Verknüpfung der Beschreibungsebenen: Konsistenz	266
19 Erkenntnis, Gefühl und Moral	269
19.1 Geborgenheit und Wahrheit	270
19.2 Wahrheit und Moral	272
20 Erkenntnis und Bewusstsein	277
20.1 Die Bedeutung der Kausalität in Physik und Hirnforschung	278

XX Inhaltsverzeichnis

20.2	Analogie zur Mechanisierung des Weltbildes	279
20.3	Nur das Wissen über Beziehungen ist nachprüfbar und kann verlässlich sein	281
21	Natur und „Geist“	285
21.1	Naturalismus, Idealismus, Dualismus	286
21.2	Naturalismus und die Erste-Person-Perspektive	290
21.3	Naturalismus und Mathematisierung	293
21.4	Was nun?	295
	Literatur	297
	Stichwortverzeichnis	303