

# **Auf den Schultern von Riesen und Zwerge Einsteins unvollendete Revolution**

Jürgen Renn



**WILEY-  
VCH**

**WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA**

# Inhalt

## Vorwort

### 1. Kapitel

#### **Das Paradox des wissenschaftlichen Fortschritts** **9**

<i>Ausblick: Wie entwickelt sich das menschliche Wissen?</i> .....	10
<i>Fortschritt zwischen Zufall und Notwendigkeit</i> .....	11
<i>Kumulation oder Revolution?</i> .....	12
<i>Fortschritt trotz Revolutionen?</i> .....	15
<i>Das platonistische Selbstverständnis der Wissenschaftler</i> .....	15
<i>Vom Platonismus zum Rationalismus</i> .....	18
<i>Von der Sprengkraft der Wissenschaftsgeschichte</i> .....	20
<i>Fremde Welten</i> .....	22
<i>Die Perspektive der Kulturgeschichte</i> .....	23
<i>Die Perspektive der traditionellen Wissenschaftsgeschichte</i> .....	26
<i>Fortschritt und materielle Kultur</i> .....	28
<i>Fortschritt und Zeitgeist</i> .....	30
<i>Dimensionen des Wissens</i> .....	32
<i>Fortschritt und Entwicklung</i> .....	33
<i>Materielle Mittel</i> .....	37
<i>Eine historische Definition von Wissenschaft</i> .....	39
<i>Wissenschaft als Spitze eines Eisberges</i> .....	40
<i>Das Prinzip des Aktualismus</i> .....	41
<i>Mentale Modelle</i> .....	42
<i>Nichtmonotone Logik</i> .....	44
<i>Reale Modelle</i> .....	47
<i>Die Dynamik wissenschaftlicher Revolutionen</i> .....	48

### 2. Kapitel

#### **Zwischen Mythos und Herausforderung** **55**

<i>Ausblick: Wie konnte Einstein als Außenseiter eine Revolution der Physik auslösen?</i> .....	56
<i>Der Einstein-Mythos</i> .....	57
<i>Das Wunderjahr 1905</i> .....	59
<i>Vorgeschichte einer Revolution</i> .....	61
<i>Die zweite Revolution</i> .....	66
<i>Der Kontext der zweiten Revolution</i> .....	69
<i>Einstein und die physikalische Chemie</i> .....	73
<i>Die Herausforderungen der allgemeinen Relativitätstheorie</i> .....	78

### 3. Kapitel

#### **Die Kontinente der klassischen Physik und ihre Grenzprobleme**

**87**

<i>Ausblick: Wie sah die Physik zu Einsteins Zeit aus?</i> .....	88
<i>Die Kontinente der klassischen Physik</i> .....	88
<i>Grenzprobleme</i> .....	91
<i>Eine Frage der Perspektive</i> .....	94
<i>Unsichtbare Mechanismen</i> .....	97
<i>Das Äthermodell</i> .....	99
<i>Das Atommodell</i> .....	102
<i>Elektrodynamik bewegter Körper</i> .....	108
<i>Statistische Physik</i> .....	111
<i>Das Rätsel der Brownschen Bewegung</i> .....	114
<i>Wärmestrahlung im Gleichgewicht</i> .....	118
<i>Grenzprobleme im Kontext</i> .....	121

### 4. Kapitel

#### **Die klassische Physik vom Kopf auf die Füße gestellt**

**129**

<i>Ausblick: Wie läßt sich Einsteins Revolution von 1905 als Weiterentwicklung tradierten Wissens verstehen?</i> .....	130
<i>Eine Begegnung im Mai</i> .....	131
<i>Einstein als Schüler Galileis</i> .....	134
<i>Das Entstehen einer Perspektive</i> .....	141
<i>Einsteins frühe Auseinandersetzung mit dem Äther</i> .....	145
<i>Spekulative Alternativen zur klassischen Physik</i> .....	151
<i>Die statistische Mechanik als Brücke zwischen klassischer und moderner Physik</i> .....	156
<i>Statistische Mechanik und Strahlungstheorie</i> .....	161
<i>Die Erfindung der Brownschen Bewegung</i> .....	168
<i>Einsteins kopernikanische Revolution</i> .....	174
<i>Die zweite Entdeckung der Lichtquanten</i> .....	175
<i>Eine neue Interpretation der Diffusion</i> .....	179
<i>Die Entstehung der speziellen Relativitätstheorie</i> .....	182

### 5. Kapitel

#### **Die Sprengkraft der Gravitation**

**199**

<i>Ausblick: Wie kam Einstein von der speziellen zur allgemeinen Relativitätstheorie?</i> .....	200
<i>Eine Revolution wider Erwarten</i> .....	201
<i>Das Dilemma einer relativistischen Gravitationstheorie</i> .....	204
<i>Einsteins Ausweg aus dem Dilemma</i> .....	209
<i>Die Konsequenzen des Äquivalenzprinzips</i> .....	215
<i>Der Durchbruch zur Beschreibung der Gravitation als Krümmung von Raum und Zeit</i> .....	219

<i>Einsteins Heuristik bei der Suche nach der Feldgleichung</i> .....	225
<i>Die Doppelstrategie</i> .....	231
<i>Erste Schritte auf dem Weg zur Feldgleichung</i> .....	235
<i>Einsichten aus der Bastelphase</i> .....	238
<i>Der Königsweg als Sackgasse</i> .....	242
<i>Zwischen mathematischer und physikalischer Strategie</i> .....	247

## 6. Kapitel

### **Fortschritt im Kreislauf** **257**

<i>Ausblick: Warum war Einsteins Weg zur allgemeinen Relativitätstheorie so verschlungen?</i> .....	258
<i>Die Entwurftheorie als Sprungbrett für Einstein und Hilbert</i> .....	259
<i>Von den Mühen der Ebene</i> .....	262
<i>Die Konsolidierung der Entwurftheorie</i> .....	265
<i>Eine mathematische Strategie für die Entwurftheorie</i> .....	269
<i>Die stille Beseitigung von Stolpersteinen</i> .....	271
<i>Die Rückkehr zur Suchphase</i> .....	273
<i>Der Schlüssel zur Lösung</i> .....	274
<i>Zur Freiheit der Koordinatenwahl</i> .....	277
<i>Eine kühne Hypothese</i> .....	278
<i>Der letzte Schritt</i> .....	279
<i>Die Lösung des Knotens</i> .....	281
<i>Doch ein Triumph der Mathematik?</i> .....	283
<i>Sternenfinsternisse</i> .....	284
<i>Löcher im Elfenbeinturm</i> .....	288
<i>Die unvollendete Revolution</i> .....	291
<i>Kosmologische Betrachtungen</i> .....	293
<i>Von Machs Prinzip zu Machs Äther</i> .....	294
<i>Von Machs Prinzip zum expandierenden Universum</i> .....	296

## 7. Kapitel

### **Einsteins Revolution als Transformation eines Wissenssystems** **307**

<i>Ausblick: Wie ordnet sich Einsteins Revolution in die langfristige Geschichte des Wissens ein?</i> .....	308
<i>Im Bannkreis der Innovation</i> .....	309
<i>Der paradoxe Charakter der Relativitätsrevolution</i> .....	311
<i>Eine kurze Geschichte der Wissenschaft</i> .....	316
<i>Innovation und Lebensorientierung</i> .....	329
<i>An den Grenzen des klassischen Wissenschaftsbildes</i> .....	332
<i>Das Potential der Wissensgeschichte</i> .....	336

### **Namensindex** **345**

### **Sachindex** **353**