

*Albert Einstein*

*Leopold Infeld*

# Die Evolution der Physik

Aus dem Englischen von  
Werner Preusser

Mit 75 Abbildungen und 3 Bildtafeln

Anaconda

Titel der amerikanischen Originalausgabe: *The Evolution of Physics*,  
New York 1938

Lizenzausgabe mit Genehmigung des Paul Zsolnay Verlages Wien

© The Hebrew University in Jerusalem, Israel und die Erben nach  
Leopold Infeld

Für die deutsche Ausgabe © Paul Zsolnay Verlag Wien 1950

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation  
in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische  
Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© dieser Ausgabe 2014 Anaconda Verlag GmbH, Köln

Alle Rechte vorbehalten.

Umschlagmotiv: Albert Einstein, um 1922, Archives Charmet,

Private Collection / bridgemanart.com

Umschlaggestaltung: [www.katjaholst.de](http://www.katjaholst.de)

Satz und Layout: GEM mbH, Ratingen

Printed in Czech Republic 2014

ISBN 978-3-7306-0086-3

[www.anacondaverlag.de](http://www.anacondaverlag.de)

[info@anacondaverlag.de](mailto:info@anacondaverlag.de)

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	9
I. Der Aufstieg des mechanistischen Denkens .....	11
Ein Gleichnis .....	13
Die erste Spur .....	15
Vektoren .....	22
Das Rätsel der Bewegung .....	29
Noch eine Spur .....	43
Ist Wärme eine Substanz? .....	47
Die Berg-und-Tal-Bahn .....	56
Das Umwandlungsverhältnis .....	61
Der philosophische Rahmen .....	66
Die kinetische Theorie der Materie .....	70
II. Der Niedergang des mechanistischen Denkens .....	79
Die beiden elektrischen Fluida .....	81
Die magnetischen Fluida .....	92
Die erste große Schwierigkeit .....	97
Die Lichtgeschwindigkeit .....	104
Licht als Substanz .....	107
Das Rätsel der Farbe .....	110
Was ist eine Welle? .....	114
Die Wellentheorie des Lichts .....	119
Hat das Licht Längs- oder Querwellen? .....	131
Äther und mechanistisches Denken .....	134
III. Kraftfeld und Relativitätstheorie .....	139
Das Feld als Darstellungsform .....	141
Die beiden Grundpfeiler der Feldtheorie .....	153
Das Feld als Realität .....	159
Feld und Äther .....	166

Das mechanische Bezugssystem . . . . .	170
Äther und Bewegung . . . . .	181
Die Relativität von Zeit und Abstand . . . . .	195
Relativitätstheorie und Mechanik . . . . .	211
Das Raum-Zeit-Kontinuum . . . . .	218
Allgemeine Relativitätstheorie . . . . .	228
Der Aufzug . . . . .	233
Geometrische Experimente . . . . .	242
Der Gedanke der allgemeinen Relativität und seine Verifikation . . . . .	255
Feld und Materie . . . . .	261
IV. Die Quantentheorie . . . . .	267
Kontinuität und Diskontinuität . . . . .	268
Die Elementarquanten von Materie und Elektrizität . . . . .	270
Lichtquanten . . . . .	276
Lichtspektren . . . . .	283
Die Wellen der Materie . . . . .	290
Wahrscheinlichkeitswellen . . . . .	298
Physik und Weltbild . . . . .	313
Namen- und Sachregister . . . . .	317
Verzeichnis der Bildtafeln	
Tafel I: Brownsche Bewegung . . . . .	64
Tafel II: Beugung des Lichtes . . . . .	129
Tafel III: Spektrallinien, Beugung von Röntgenstrahlen und Elektronenwellen . . . . .	285

Wir danken allen denen, die uns bei der Zusammenstellung dieses Buches so bereitwillig geholfen haben, insbesondere den Herren Professoren A. G. Shenstone, Princeton, New Jersey (USA), und St. Loria, Lwow, Polen, die uns die Aufnahmen für Tafel III zur Verfügung stellten; I. N. Steinberg für seine Skizzen und Frau Dr. M. Phillips für die Durchsicht des Manuskriptes und ihre freundliche Unterstützung.

*A. E. und L. I.*

Der Aufstieg des  
mechanistischen Denkens

## Ein Gleichnis

Man könnte sich einen Detektivroman vorstellen, eine Art Urbild dieser Literaturgattung, der alle Hauptindizien in so klarer Form enthält, daß der Leser gar nicht umhinkann, sich seine eigene Theorie über den geschilderten Kriminalfall zurechtzulegen. Verfolgt er bei der Lektüre eines solchen Buches den Ablauf der Handlung nur immer mit der nötigen Aufmerksamkeit, so findet er die vollständige Auflösung ganz allein, und zwar unmittelbar bevor sie der Autor selbst am Schluß des Buches preisgibt; und diese Auflösung enttäuscht nicht einmal, was man bei minder guten Kriminalgeschichten oft nicht sagen kann, ja, sie wird sogar gerade in dem Moment offenbar, wo er mit ihrem Erscheinen rechnet.

Können wir den Leser eines solchen Romans mit den Naturwissenschaftlern vergleichen, die nun schon durch Generationen und Generationen unablässig nach einer Deutung der Mysterien suchen, die im Buche der Natur beschlossen sind? Nun, der Vergleich hinkt ein wenig, und wir müssen ihn später fallenlassen, doch ist trotzdem etwas Wahres daran, ein Etwas, das sich vielleicht noch ausbauen und modifizieren läßt, bis es dem Bemühen der Wissenschaft um eine Aufklärung der Weltgeheimnisse gerecht wird.

Noch ist das große Rätsel ungelöst. Wir können nicht einmal mit Sicherheit sagen, daß es eine letzte Lösung dafür gibt. Die Lektüre im Buche der Natur hat uns bereits viel gegeben, so etwa die Anfangsgründe der Sprache, in der die Natur sich uns mitteilt. Sie hat uns ferner in den Stand gesetzt, viele Fingerzeige richtig zu verstehen, und ist den Wissenschaftlern schließlich auf ihrem häufig dornenvollen Wege eine stete Quelle der Freude und Anregung gewesen. Wir sind uns darüber klar, daß wir ungeachtet all der Bände, die wir schon gelesen, deren Inhalt wir uns schon zu eigen gemacht haben, noch immer von einer letzten Lösung weit entfernt sind, sofern

es so etwas überhaupt gibt. Haben wir eine Etappe erreicht, suchen wir immer wieder nach Erklärungen, die sich mit den bereits früher gefundenen Anhaltspunkten vereinbaren lassen. Viele Gesetzmäßigkeiten konnte man mit versuchsweise akzeptierten Theorien deuten, doch ist noch keine Lösung vorgebracht worden, die allen bekannten Tatsachen Rechnung trägt. Sehr oft schon hat sich eine scheinbar vollendete Lehre dann später, bei näherem Zusehen, als unzulänglich erwiesen. Immer wieder werden neue Gesetze bekannt, die der Theorie zuwiderlaufen oder durch sie unerklärt bleiben. Je weiter wir in das große Buch eindringen, um so besser lernen wir seinen vollendeten Aufbau würdigen, obwohl eine restlose Aufklärung aller Geheimnisse sich uns in dem Maße, wie wir vorrücken, wieder zu entziehen scheint.

In fast jedem Kriminalroman, seit den wunderbaren Geschichten eines Conan Doyle, kommt einmal der Moment, wo der große Detektiv das ganze Tatsachenmaterial gesammelt hat, das er für sein Problem oder zumindest für eine bestimmte Phase seiner Untersuchung braucht. Dieses Material sieht oft recht verworren, unzusammenhängend und beziehungslos aus. Der Beamte erfaßt jedoch sofort, daß vorderhand keine weitere Untersuchung notwendig ist und daß er auch durch bloßes Nachdenken eine sinnvolle Ordnung in das gesammelte Tatsachenmaterial bringen kann. Er fängt also an, Geige zu spielen, oder rekelte sich Pfeife rauchend in seinem Lehnstuhl – und auf einmal, man höre und staune, hat er es wahrhaftig heraus! Er vermag nicht nur die bereits vorhandenen Indizien zu deuten, sondern er weiß plötzlich sogar über bestimmte andere Vorkommnisse Bescheid. Da er nun genau im Bilde ist, wo er suchen muß, geht er dann, wenn er Lust hat, vielleicht noch dazu über, eine weitere Bestätigung für seine Theorie beizubringen.

Der Wissenschaftler, der – wenn es uns gestattet ist, diesen oft gebrauchten Vergleich noch einmal heranzuziehen – das Buch der Natur studiert, muß die Lösung ganz allein herausfinden; denn er kann nicht vorwitzig auf den letzten Seiten des



Buches nachschauen, wie es ungeduldige Leser von Romanen ja oft tun. Er ist gewissermaßen Detektiv und Leser in einer Person und bemüht sich, die Zusammenhänge zwischen bestimmten Ereignissen und ihrem mannigfachen Drum und Dran zu klären. Der Wissenschaftler muß, will er auch nur zu einer Teillösung gelangen, die vorhandenen ungeordneten Tatbestände sammeln, zu einem zusammenhängenden Ganzen verschmelzen und durch den schöpferischen Gedanken verständlich machen.

Wir haben es uns nun zum Ziel gesetzt, auf den folgenden Seiten in großen Zügen eben die Arbeit des Physikers zu schildern, die der rein gedanklichen Überlegung des Kriminalbeamten in unserem Gleichnis entspricht. Das Hauptgewicht wollen wir dabei auf die Darstellung der Rolle legen, welche die Gedanken und Ideen bei der an Abenteuern reichen Jagd nach Erkenntnis der materiellen Welt gespielt haben.

## Die erste Spur

Das Bemühen, in das große Mysterium einzudringen, läßt sich bis in die Anfänge der Geistesgeschichte zurückverfolgen, doch erst vor etwas mehr als dreihundert Jahren fingen die Wissenschaftler an, die Sprache des Buches zu verstehen. Seit jenen Tagen, dem Zeitalter Galileis und Newtons, ist man mit der Lektüre rasch vorwärtsgekommen. Man entwickelte Untersuchungstechniken und systematische Methoden zur Auffindung und Verfolgung von Spuren, und manche Rätsel der Natur konnten so gelöst werden, wenn sich auch viele dieser Lösungen im Lichte einer späteren Forschung als unzulänglich und überholt erwiesen haben.

Ein grundlegendes Problem, das durch Tausende von Jahren wegen seiner Komplikationen gänzlich verschleiert blieb, ist das der Bewegung. Alle Bewegungen, die wir in der Natur beobachten – ein Steinwurf, ein Schiff, das durch die Meere