



Für Gretchen

Anthony Zee

Magische Symmetrie

Die Ästhetik in der modernen Physik

*Aus dem Englischen
von Hans-Peter Herbst*

Springer Basel AG

Die Originalausgabe erschien 1989 unter dem Titel "Fearful Symmetry. The Search for Beauty in Modern Physics" bei Collier Books, Macmillan Publishing Company, New York.

© 1986 by Anthony Zee

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Zee, Anthony:

Magische Symmetrie : die Ästhetik in der modernen Physik / Anthony Zee. Aus d. Engl. von Hans-Peter Herbst.

Einheitssacht.: Fearful symmetry <dt.>

ISBN 978-3-0348-6659-0

ISBN 978-3-0348-6658-3 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-0348-6658-3

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Die Vergütungsansprüche gemäß § 54, Abs. 2 UrhG werden durch die «Verwertungsgesellschaft Wort», München, wahrgenommen.

© 1990 Springer Basel AG

Ursprünglich erschienen bei Birkhäuser Verlag, Basel 1990

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1990

Umschlaggestaltung: Gregor Messmer, Basel

ISBN 978-3-0348-6659-0

Inhalt

Danksagung	9
Vorwort	11
I. Symmetrie und Design	13
1. Auf der Suche nach Schönheit	15
2. Symmetrie und Einfachheit	21
3. Die Rückseite des Spiegels	37
II. Einsteins Vermächtnis	67
4. Die Vermählung von Raum und Zeit	69
5. Ein glücklicher Einfall	97
6. Die Symmetrie bestimmt das Design	117
III. Ins volle Rampenlicht	125
7. Mit dem geringsten Aufwand	127
8. Die Lady und der Tiger	139
9. Das Große Buch des Universums	149
10. Der Triumph der Symmetrie	161
IV. Auf der Suche nach dem Schöpfungsentwurf	181
11. Der Achtfache Weg im Dickicht der Nacht	183
12. Die Rache der Kunst	219
13. Der Letztgültige Entwurf	247
14. Die Vereinigung der Kräfte	267
15. Das Aufkommen der Hybris	297
16. Der Geist des Schöpfers	319
Anhang	329
Anmerkungen	331
Index	353

*Tiger, Tiger, funkensprühend,
In der dunklen Waldnacht glühend,
Wessen göttlich Aug erlas
Sich dein furchtbar Ebenmaß?*
William Blake
(Übersetzung von Levin Schücking)

Danksagung

Mein Dank gilt an erster Stelle meiner Frau Gretchen, deren prägnante und kritische Kommentare für mich ebenso unersetzlich waren wie ihre liebevolle Unterstützung. Sie las jedes Kapitel, sobald ich es beendet hatte, und kritisierte unnachsichtig das Manuskript. "Unverständlich!" stand danach oftmals quer über der Seite. Dann hieß es für mich zurück an die Schreibmaschine.

Unsere Freunde Kim Beeler, Chris Groesbeck, Martha und Frank Retman sowie Diane Shuford - ein Psychologe, ein Student der Kunstgeschichte, ein Rechtsanwalt und zwei Architekten - lasen verschiedene Teile des Manuskriptes und halfen dadurch mit, die Transparenz des Inhaltes für Laien sicherzustellen.

Heinz Pagels und Steve Weinberg, zwei berühmte Kollegen, die selbst allgemeinverständliche Bücher über Physik verfaßt haben, ermutigten mich bei meinem Vorhaben, ein Buch über Symmetrie zu schreiben. Sie gaben mir großzügige Ratschläge bezüglich der verschiedenen Aspekte des Schreibens und Veroffentlichens eines solchen Buches und stellten mich ihren Freunden vom Verlagswesen vor.

Tsung-dao Lee, Heinz Pagels und Steve Weinberg danke ich für das Lesen des Manuskriptes sowie für ihre hilfreichen und ermutigenden Kommentare. Ich danke auch Sidney Coleman und Frank Wilczek für die Durchsicht des Kapitels 12, Murray Gell-Mann für das Lesen von Kapitel 11 und Bill Bialek für das Lesen der Druckfahnen.

Ich bin sehr glücklich, daß Charles Levine der Verleger dieses Buches ist. Sein Ratschlag und seine Unterstützung waren für mich unentbehrlich. Er ermutigte und kritisierte mich immer gerade dann, wenn ich es nötig hatte. Ich habe ihn als Freund schätzen gelernt.

Meine Lektorin Catherine Shaw hat ganze Arbeit geleistet, da ich etwa zwei Monate dazu benötigte, alle ihre Kommentare zu berücksichtigen. "Das verstehe ich nicht", war ihre ständig wiederholte Beschwerde. Als Ergebnis ihrer Arbeit hat das Buch viel an Klarheit gewonnen. Durch meine zweite Lektorin, Roberta Frost, wurde das Manuskript noch einmal abgerundet.

Martin Kessler stand mir zu Beginn der Arbeiten an diesem Projekt mit Rat

und Hilfe zur Seite. Auch der Rat meiner Agenten John Brockman und Katinka Matson war von großem Nutzen für mich.

Die unten aufgeführten Künstler halfen mit, das Buch optisch ansprechender und klarer zu gestalten.

Ich freue mich darüber, daß für die künstlerische Gestaltung des Buches Helen Mills verantwortlich ist, deren Bruder Robert wir in Kapitel 11 begegnen werden. Die Liebe zu Symmetrie und Harmonie scheint bei den beiden in der Familie zu liegen.

Schließlich möchte ich Debra Witmoyer, Lisa Lopez, Gwen Catron, Katie Doremus, Karen Murphy und Kresha Warnock für das Tippen verschiedener Teile des Manuskriptes danken.

Abbildungen

Bonnie Bright: Abb. 8, 20, 25, 27, 28, 29, 33, 34, 36, 38, 43, 44, 45, 49, 54

Michael Cullen: Abb. 9, 13, 30, 42, 47, 48, 51

Ji-jun Huang: Abb. 53

Eric Junker: Abb. 19, 21, 22

Joe Karl: Abb. 2, 4, 15

Peggy Royster: Abb. 16, 46

Clara Weis: Abb. 14

Gretchen Zee: Abb. 3, 26, 31, 32

Vorwort

Mit der "Magischen Symmetrie" möchte ich deutlich machen, in welchem Maße die Physik des 20. Jahrhunderts vom Streben nach Ästhetik motiviert wird. Dabei liegt der Schwerpunkt weniger auf dem faktischen Gehalt der modernen Physik; der Leser soll vielmehr einen Eindruck von dem intellektuellen Rahmen dieser Wissenschaft gewinnen.

Albert Einstein sagte einmal: "Ich möchte wissen, wie Gott diese Welt geschaffen hat. Ich bin nicht so sehr an diesem oder jenem speziellen Phänomen, am Spektrum dieses oder jenes Elementes interessiert. Ich möchte Seine Gedanken wissen: Alles andere sind Details."

Als Physiker teile ich von ganzem Herzen das Gefühl, das in diesen Worten Einsteins zum Ausdruck kommt. Während sich die große Majorität der heutigen Physiker mit der Erklärung spezieller Phänomene beschäftigt - woran nicht das Geringste auszusetzen ist - strebt eine kleine Gruppe unter ihnen ambitionierteren Zielen nach. Als geistige Nachfolger Einsteins haben sie sich auf die Suche nach dem fundamentalen Bauplan der Natur gemacht und sind vermessen genug zu behaupten, einen ersten Schimmer davon erhascht zu haben.

Ihre Suche wird von zwei Prinzipien mit überragender Bedeutung geleitet: Symmetrie und Renormierbarkeit. Bei der Renormierbarkeit geht es um die Beziehungen zwischen physikalischen Prozessen mit unterschiedlichen charakteristischen Skalenlängen. Wir werden dieses Prinzip nur streifen und unser Hauptaugenmerk auf die Symmetrie richten, die den einenden ästhetischen Gesichtspunkt verkörpert, unter dem der Grundlagenphysiker die Natur betrachtet.

In den letzten Jahren ist das allgemeine Interesse an der modernen Physik stark gewachsen; Interpretationen der "Neuen Physik" haben Hochkonjunktur. Vielen Menschen ist klar geworden, daß es Milliarden und Abermilliarden von Galaxien gibt, von denen jede Milliarden und Abermilliarden von Sternen enthält. Sie haben gelernt, daß die Welt aus subatomaren Teilchen besteht, von denen die meisten nicht länger als ein Milliardstel einer Milliardstel Sekunde leben. Teilchen mit seltsamen griechischen Namen vollführen wilde Tänze zur "Quantenmusik" und scheinen den Regeln des klassischen Determinismus Hohn zu sprechen. Mit einer Mischung aus Verwirrung und Faszination steht

der Laie vor allen diesen Entdeckungen. Die Welt der modernen Physik ist in der Tat ebenso bizarr wie wunderbar. Am Ende hinterläßt die bloße Darstellung dieser Ergebnisse bei dem Leser jedoch oft das Gefühl, bis zum Überdruß mit Fakten gefüttert worden zu sein, die - so erstaunlich sie auch sein mögen - auf die Dauer doch ziemlich ermüdend wirken.

Dieses Buch ist Lesern mit neugierigem Intellekt gewidmet, die wissen möchten, was hinter den Tatsachen steckt. Ich stelle mir einen solchen Leser wie einen Bekannten aus meiner Jugendzeit vor, der inzwischen Architekt, Künstler, Tänzer, Makler, Biologe oder Rechtsanwalt geworden ist - oder irgend jemand anders, der an der Logik und Ästhetik der heutigen Physik interessiert ist. Dabei bedeutet die Zielsetzung des Buches keinen Verzicht auf eine Darstellung der phantastischen Entdeckungen der modernen Physik, deren Verständnis Voraussetzung für eine sinnvolle Diskussion ihres intellektuellen Rahmens ist. Ich hoffe jedoch, daß dieses Buch dem Leser nicht nur zu einer oberflächlichen Bekanntschaft mit bestimmten erstaunlichen Phänomenen verhilft, sondern ihm auch ein Gefühl für den Gesamtbezug vermittelt, ohne den sie nichts weiter als bloße Fakten blieben.

Ich habe keinen Versuch unternommen, die Rolle der Symmetrie in der Geschichte der Physik detailliert und ausgewogen wiederzugeben. Ohnehin kann eine Darstellung, bei der wichtige Entwicklungen mit einer Handvoll Personen in Zusammenhang gebracht werden, keinerlei Anspruch auf historische Genauigkeit erheben, und so muß auch jede derartige Unterstellung hinsichtlich des vorliegenden Buches kategorisch zurückgewiesen werden. In einem Gespräch über bestimmte Entwicklungen in der modernen Teilchenphysik bemerkte der berühmte Physiker Sheldon Glashow: "Ein Wandteppich ist ein Produkt der gemeinsamen Mühe vieler Handwerker. In dem fertigen Kunstwerk jedoch lassen sich die Beiträge der einzelnen Arbeiter nicht unterscheiden, auch wenn ein paar lose oder falsche Fäden mit eingearbeitet worden sind. Das gleiche gilt auch für das heutige Bild der Teilchenphysik. ... [Die Standardtheorie] entstand nicht etwa voll entwickelt in den Köpfen einiger weniger Physiker, sie ist vielmehr das Ergebnis der gemeinsamen Anstrengungen vieler Wissenschaftler - Experimentatoren wie Theoretikern. Trotzdem ist in einer allgemeinverständlichen Darstellung eine gewisse Vereinfachung bei der Beschreibung der historischen Entwicklung unvermeidlich, wofür ich den Leser dieses Buches um Verständnis bitte.

Santa Barbara, April 1986