

April-Juni 2005

ISSN 0933-5749

prima philosophia

Herausgegeben von:

SABINE S. GEHLHAAR

Redaktionelle Mitarbeit:

MICHAELA PH. JAEGGI

TRAUDE JUNGHANS VERLAG CUXHAVEN & DARTFORD

Band 18 / Heft 2
2005

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Prima philosophia - Cuxhaven ; Dartford: Junghans

Erscheint vierteljährlich - Aufnahme nach Bd. 1. H. 1 (1988)
ISSN 0933-5749

Verantwortlich für den Inhalt sind:

Dr. phil. Sabine S. Gehlhaar, M.A. und Michaela Ph. Jaeggi, M.A.
Traude Junghans Verlag
– Redaktion –

Druck: Traude Junghans Verlag Dartford, Brother HL-1850

© Alle Rechte beim TRAUDE JUNGHANS VERLAG, Cuxhaven & Dartford

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung und des Nachdrucks, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des Traude Junghans Verlags reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Platon, die moderne Physik und die Rolle der Symmetrien

*Von Thomas Christian Brückner/München
und Dieter Wandschneider/Aachen*

Einleitung

Also alles, was gut ist, ist schön, das Schöne aber ist nicht ohne rechtes Maß; somit muß man ein Wesen, das von der Art sein soll, als ebenmäßig aufgebaut ansetzen.

Man ist heute in zunehmendem Maße davon überzeugt, daß alle grundlegenden Gesetze der Physik auf Symmetrieeigenschaften beruhen oder durch sie ausgedrückt werden.

Diese beiden Zitate stammen aus zwei völlig verschiedenen Epochen der Geistesgeschichte: Es handelt sich dabei um eine Passage aus dem Platonischen Dialog *Timaios*¹ und um ein Zitat aus einem gängigen Lehrbuch der Elementarteilchenphysik².

Wie aus den beiden Zitaten hervorgeht, wird in zwei verschiedenen Kontexten jeweils die Bedeutung der Symmetrie bzw. die einer der möglichen Übersetzungen ins Deutsche, der *Ebenmäßigkeit*, thematisiert. Diese Gegenüberstellung legt den Schluß nahe, daß die Erörterung der Symmetrie in zwei verschiedenen Epochen, der griechischen Antike einerseits sowie der modernen Physik andererseits, jeweils eine herausgehobene Stellung einnimmt.

Die vorliegende Untersuchung verfolgt mehrere Ziele. Zum einen sollen die beiden jeweiligen Beschreibungen der Symmetrie jeweils für sich eingehender untersucht werden. Hierzu wird zuerst das Platonische Materiekonzept des *Timaios* vorgestellt (Kapitel 2), in dessen Zentrum die hochsymmetrischen regulären Polyeder stehen. Die Interpretation dieser Körper nimmt starken Bezug auf die sogenannte „Tübinger Schule“. Im

¹ [1], 87 C 4.

² [2], S. 20.

Anschluß daran wird die Thematisierung der Symmetrie in der modernen Physik erörtert (Kapitel 3). Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der Erörterung der sogenannten *operationalen* Symmetrien in der Elementarteilchenphysik.

Über die Analyse der jeweiligen Beschreibungen der Symmetrie hinaus soll weiterhin ein Versuch unternommen werden, diese Beschreibungen miteinander zu vergleichen. Dies soll es erleichtern zu entscheiden, ob in der Tatsache, daß in den beiden obigen Zitaten jeweils von Symmetrie gesprochen wird, mehr zu sehen ist als eine äußerliche Übereinstimmung.

Die Platonische Symmetrie auf der einen Seite und die Symmetrie der modernen Physik auf der anderen Seite unterscheiden sich, so die These dieser Untersuchung, fundamental in ihrer jeweiligen konkreten Ausgestaltung. Dies wird insbesondere an der Unterscheidung von geometrischer und operationaler Symmetrie verdeutlicht. Andererseits, so die weitere Analyse, erlaubt eine eingehende Beschäftigung mit der Platonischen Symmetriekonzeption ein tieferes Verständnis vieler Aspekte der Symmetrien in der modernen Physik. Dies wird insbesondere am Beispiel des Antagonismus von Symmetrie und Symmetriebrechung verdeutlicht. Insofern, so das Fazit, ist die Übereinstimmung nicht nur äußerlich und somit eine Gegenüberstellung der beiden Thematisierungen der Symmetrie durchaus sinnvoll.

2 Platon

2.1 Die Materiekonzeption des *Timaios*

Es mag auf den ersten Blick verwundern, wenn die Ergebnisse der modernen Physik mit der Philosophie Platons konfrontiert werden. Im Gegensatz zu Denkern wie Anaximander und Anaximenes gilt Platon sicher nicht als prominenter Vertreter der Naturphilosophie.

So steht denn auch derjenige Spätdialog Platons, der sich ausschließlich mit der Naturphilosophie auseinandersetzt, der *Timaios*, recht allein auf weiter Flur. Abgesehen von diesem Dialog kann vorwiegend im *Phaidon*

ein Einblick in das Platonische Verständnis der Natur gewonnen werden.³

Wenn sich die Naturphilosophie vorwiegend in einem einzigen Dialog Platons findet, so darf dies jedoch andererseits nicht dazu verleiten, den Stellenwert des *Timaios* innerhalb des Platonischen Werkes zu unterschätzen.⁴

Der *Timaios* läßt sich grob einteilen in einen großen Prolog einerseits (17 A - 27 B) sowie eine große kosmologische Rede andererseits (27 C - 92 C). Die kosmologische Rede wiederum unterteilt sich in einen Vortrag über die Werke der Vernunft (27 C - 47 C), einen Vortrag über die Werke der Notwendigkeit (47 E - 68 D) sowie einen Vortrag über den Menschen (69 A - 92 C). In dem Vortrag über die Werke der Notwendigkeit formuliert Platon sein Materiekonzept, in welchem, wie zu zeigen sein wird, die Symmetrien eine herausgehobene Stellung einnehmen.

2.2 Die Symmetrie der Platonischen Körper

Die Platonische Materiekonzeption unterscheidet sich darin grundsätzlich von den atomistischen Konzeptionen der Vorläufer Platons, wie zum Beispiel der des Demokrit, daß sie keine materiellen Entitäten als die kleinsten Teile der Materie annimmt, sondern vielmehr mathematische Entitäten.⁵

Gemäß der Platonischen Konzeption setzen sich die vier Elemente Feuer, Erde, Wasser und Luft jeweils aus den gleichen Arten von Dreiecken zusammen, folglich können die verschiedenen Elemente ineinander überführt werden. Die den Elementen jeweils zugeordneten, aus elementaren Dreiecken zusammengesetzten Körper entsprechen den regulären Polyedern. Diese regulären Polyeder stellen aus mathematischer Sicht faszinierende Gebilde dar. Konkret handelt es sich dabei um den Tetraeder, den Oktaeder, den Ikosaeder, den Würfel und den Dodekaeder.

³ In der sogenannten „zweiten Seefahrt“ des *Phaidon* Phaidon 97 C ff wendet sich Platon vehement von den naturphilosophischen Erklärungen seiner Vorgänger ab und schildert seine Enttäuschung über die Philosophie des Anaxagoras.

⁴ Als eines der Indizien hierfür sei erwähnt, daß Rafael in seiner *Schule von Athen* Platon nicht etwa die *Politeia*, sondern eben den *Timaios* unter dem Arm tragen läßt.

⁵ Die Mehrzahl der Interpretationen stimmen darin überein, daß es sich bei den Elementardreiecken um Mathematika und nicht etwa um materielle Entitäten handelt. Eine Ausnahme stellt in dieser Hinsicht [4] dar.

der.⁶ Es sind dies die einzigen *regulären* Körper, also Körper, die sich aus gleich geformten, gleich großen Flächen mit identischen Seitenlängen und Innenwinkeln zusammensetzen lassen. Der Beweis dafür, daß es exakt fünf reguläre Polyeder gibt, wurde in der Platonischen Akademie zu Lebzeiten Platons geführt, mit hoher Wahrscheinlichkeit von Theaitet.⁷

Warum verkörpern nun die regulären Polyeder, die in der Platonischen Konzeption den Elementarteilchen entsprechen, in besonderer Weise die Symmetrie? Stellvertretend für die Platonische Auffassung sei hier die Beschreibung des Tetraeders erwähnt:

... ist die erste Raumform zusammengetreten, die ein Umlaufend - Ganzes in gleich große und gleichgeformte Teile durchgliedert.⁸

In dieser Beschreibung findet sich bereits die aus Sicht Platons zentrale Eigenschaft dieser Polyeder: Sie sind als Gesamtheiten jeweils aus gleich großen und gleich geformten Flächen aufgebaut. *Symmetrisch* sind die regulären Polyeder demnach insofern, als die sie konstituierenden Flächen jeweils *nach dem gleichen Maß* konstruiert sind.

2.3 Der Antagonismus von Einheit und Vielheit und die Symmetrie

Nach Ansicht des Verfassers läßt sich die Bedeutung der Symmetrie innerhalb der Platonischen Ontologie erst unter Einbeziehung der sogenannten „*ungeschriebenen Lehre*“ zutreffend interpretieren. Nach wie vor ist heftig umstritten, welche Bedeutung den mündlichen Vorträgen Platons in der Akademie für die richtige Interpretation der Platonischen Dialoge zukommt. Folgt man der Interpretation der sogenannten „*Tübinger Schule*“⁹, so ermöglicht erst die Berücksichtigung dieser „*ungeschriebenen Lehre*“ Platons ein volles Verständnis der Dialoge.

Nach Auffassung von W. Wieland bietet sich ein Rückgriff auf die mündlichen Vorträge am ehesten für den *Timaios* und den *Philebos* an:

Wenn sich die Nachrichten über die ungeschriebene Lehre überhaupt auf ein überliefertes Werk Platons beziehen lassen, so kann man sie, sieht man einmal vom „Philebos“ ab, am ehesten noch mit dem „Timaios“ in Verbindung bringen¹⁰.

Eines der Kernelemente der ungeschriebenen Lehre ist der Dualismus der beiden Prinzipien *Einheit* und *unbegrenzte Vielheit*¹¹. Gemäß der Interpretation der Tübinger Schule ist der Antagonismus der beiden Prinzipien ontologisch den Ideen übergeordnet und ermöglicht so erst die Vielheit der Ideen. Es existieren verschiedene Hinweise darauf, daß das Gute (to agaton) eine Manifestation dieser Einheit darstellt¹².

Berücksichtigt man dieses Verhältnis, so ist das Gute seinem Wesen nach eine Verkörperung der *Einheit*:

Also alles, was gut ist, ist schön, das Schöne aber ist nicht ohne rechtes Maß; somit muß man ein Wesen, das von der Art sein soll, als ebenmäßig aufgebaut ansetzen¹³.

In diesem Zitat aus dem Vortrag über den Menschen im hinteren Teil des *Timaios* erfolgt eine Zuordnung des Guten, des Schönen und des Ebenmäßigen. Demnach muß alles Gute schön sein, und dies impliziert wiederum ein hohes Maß an Ebenmäßigkeit. Mit anderen Worten, das Gute offenbart sich in seiner Ebenmäßigkeit.

Dies unterstreicht den hohen Stellenwert, den Platon der Symmetrie innerhalb seiner Konzeption zuerkennt.

3 Physik

3.1 Die Symmetrien in der modernen Physik

Die Konzeption der Symmetrie stellt in der modernen Physik ohne Zweifel eines der zentralen Elemente dar¹⁴. Natürlich handelt es dabei in manchen Fällen auch um eine *geometrische Symmetrie*, zum Beispiel im Zusammenhang mit der Mineralogie. Im Mittelpunkt des Interesses steht

⁶ In der Platonischen Konzeption wird der Dodekaeder keinem speziellen Element, sondern dem gesamten Kosmos zu geordnet.

Da es jedoch noch eine Form der Zusammenfügung gab, die fünfte, verwendete der Gott diese für das Ganze, sie über und über mit Figuren bemalend [1], 55 C 4 ff.

⁷ [4], S. 88.

⁸ [1], 55 A 2-3.

⁹ [5] - [8].

¹⁰ [9], S. 49.

¹¹ [8].

¹² [5].

¹³ [1], 87 C 4, siehe S. 1.

¹⁴ Vergleiche hierzu das Zitat am Anfang dieser Arbeit.

jedoch in der modernen physikalischen Beschreibung die *operationale* Symmetrie von Naturgesetzen.

Diese Konzeption soll anhand einer Definition aus einem Lehrbuch der Teilchenphysik verdeutlicht werden:

Allgemein sprechen wir von Symmetrie, wenn man ein Objekt bzw. ein physikalisches Gesetz einer bestimmten Operation unterwerfen kann und es danach dieselbe Gestalt hat bzw. auf dieselben Resultate führt wie zuvor. Die in den Gesetzen erhaltenen Symmetrieeigenschaften erkennt man also dadurch, daß die entsprechenden Gleichungen und damit die durch sie beschriebenen Vorgänge invariant gegenüber bestimmten Symmetrieeoperationen sind¹⁵.

Hierzu ein einfaches Beispiel. Für die Periodendauer T , mit der ein Fadenpendels der Länge l schwingt, gilt unter Verwendung der Gravitationskonstante g ¹⁶ folgender Zusammenhang:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Entscheidend ist nun der folgende Umstand: In dem oben genannten Gesetz ist keine absolute Zeit festgesetzt. Dies bedeutet, daß das Gesetz nach einer Änderung der zeitlichen Parameter zu denselben Ergebnissen führt. Trivial gesprochen, führt das obige Gesetz heute zu den gleichen Ergebnissen wie morgen, gemäß der obigen Definition ist somit das Gesetz für die Periodendauer eines Fadenpendels *zeitsymmetrisch*.

Die Symmetrie gegenüber zeitlichen und räumlichen Änderungen wird im allgemeinen für ein Naturgesetz selbstverständlich vorausgesetzt. Man erwartet undiskutiert, daß ein Experiment zum Zeitpunkt 1 am Ort A zu den gleichen Ergebnissen führt wie zum Zeitpunkt 2 am Ort B. Dies führt häufig dazu, daß die Raum- und Zeitsymmetrien gar nicht als Eigenschaften erkannt werden, die einem Naturgesetz zukommen.

Über diese sogenannten *äußeren* Symmetrien hinaus gibt es, insbesondere in der gegenwärtigen Elementarteilchenphysik, deutlich abstraktere Symmetrien. In diesen Fällen sind die Symmetrieeigenschaften keineswegs derart vertraut wie im Fall der Raum- und Zeitsymmetrien. Prominentes Beispiel für eine derartige abstrakte Symmetrie ist die *Farb-*

¹⁵ [2], S. 20.

¹⁶ $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.

symmetrie der starken Wechselwirkung¹⁷. Diese Symmetrie beinhaltet folgendes: Beobachtet man die starke Wechselwirkung zwischen zwei Quarks, so behält diese auch dann ihren Wert, wenn die wechselwirkenden Quarks ihre Farben ändern. Hinsichtlich einer solchen Farbänderung der wechselwirkenden Teilchen ist die starke Wechselwirkung *farbsymmetrisch*.

Neben der Farbsymmetrie gibt es eine Vielzahl verschiedener Symmetrien in der Elementarteilchenphysik. Allen Symmetrien ist gemeinsam, daß sie unter verschiedenen Teilchen eine empirische Gemeinsamkeit beschreiben. Auch wenn sich die Teilchen hinsichtlich eines Merkmales wie der Farbe unterscheiden, so weist eine beobachtbare Größe (die Stärke der Wechselwirkung zwischen den Teilchen) doch den gleichen Wert auf.

3.2 Symmetrien und Symmetriebrechung

Neben der Konzeption der Symmetrie spielt unter anderem in der Physik der Phasenübergänge¹⁸ die Konzeption der *Symmetriebrechung* eine wichtige Rolle. Allgemein versteht man hierunter den Übergang eines Systems in einen Zustand geringerer Symmetrie.

Auch hierfür sei wiederum ein einfaches Beispiel genannt, die Physik des Ferromagneten¹⁹. Wie aus dem Schulunterricht bekannt, verlieren ferromagnetische Substanzen oberhalb einer bestimmten Temperatur ihre magnetischen Eigenschaften. Die physikalische Erklärung für diesen Sachverhalt ist die folgende: Oberhalb der besagten Temperatur, der sogenannten *kritischen* Temperatur, sind die einzelnen Elementarmagneten, aus denen sich die ferromagnetische Substanz zusammensetzt, symmetrisch angeordnet, daher gibt es in diesem Zustand keine Vorzugsrichtung der Magnetisierung.

¹⁷ Folgt man dem sogenannten Standardmodell der Elementarteilchenphysik, so stellen die *Quarks* elementare Teilchen dar, aus denen sich zum Beispiel die Protonen zusammensetzen. Diese Quarks weisen eine der elektrischen Ladung analoge Ladung auf, die *Farbe*. So wie die elektrische Ladung für die elektromagnetische Wechselwirkung, ist die Farbe verantwortlich für die starke Wechselwirkung zwischen den Quarks [10].

¹⁸ Als einen Phasenübergang bezeichnet man in der Physik allgemein den Wechsel des Aggregatzustandes, zum Beispiel für das Element den Übergang vom flüssigen in den gasförmigen Zustand (Verdunstung).

¹⁹ Viele Materialien wie Eisen, Kobalt und Nickel weisen unterhalb einer charakteristischen Temperatur, der Curie-Temperatur T_c , ferromagnetische Eigenschaften auf [11], S. 137.

Beim Unterschreiten der kritischen Temperatur findet eine *Symmetriebrechung* statt: Aufgrund der nun nicht mehr so hohen Bewegung der einzelnen Elementarmagneten kann sich eine Vorzugsrichtung der Magnetisierung ausbilden, folglich weist der ferromagnetische Körper in seiner Gesamtheit eine Magnetisierung auf. Während die Symmetrie, so zum Beispiel im Fall der Isospinsymmetrie, eine Einheit, in diesem Fall unter verschiedenen Teilchen kennzeichnet, beschreibt die Symmetriebrechung innerhalb eines physikalischen Systems eine Zunahme der Verschiedenheit.

Die Beschreibung der Natur, wie sie in der modernen Physik erfolgt, erweist sich so als ein komplexes Zusammenspiel von Symmetrie und Symmetriebrechung.

4 Gegenüberstellung der Symmetrien im *Timaios* und in der modernen Physik.

4.1 Geometrische und operationale Symmetrien

Vergleicht man die Rolle, die die Symmetrie in der Platonischen Philosophie einerseits sowie in der modernen Physik andererseits spielen, so fällt insbesondere der Unterschied zwischen geometrischen und operationalen Symmetrien ins Auge.

Wie gezeigt, stellt für Platon die Symmetrie eine Eigenschaft der geometrischen Proportion dar, sie beinhaltet einen Aufbau aus gleichen Teilen. Die regulären Polyeder sind demnach deswegen symmetrisch, weil sie aus gleichen Teilen aufgebaut sind. Aufgrund dieser Art des Aufbaus verkörpern sie das Wesen der Einheit in besonders hohem Maße.

Wenngleich auch in der modernen Physik die geometrischen Symmetrien thematisiert werden, sind für sie die operationalen Invarianzen von ungleich höherem Interesse. Der entscheidende Aspekt, den die Symmetrien für die moderne Physik verkörpern, findet sich unter anderem in den abstrakten Symmetrien der Elementarteilchenphysik (erinnert sei hier unter anderem an die Farbsymmetrie, Kapitel 3.1). Diese operationalen Symmetrien, die erst den heutigen Begriff des Naturgesetzes ermöglichen, sind somit ungleich bedeutender als die geometrischen Symmetrien.

Zugleich weisen die Symmetrien der heutigen Physik eine um vieles komplexer strukturierte Mathematik auf. In gewisser Weise wurde der Ansatz Platons, unterstützt von der immensen Entwicklung der Ma-

thematik seit den Zeiten der Griechischen Antike, auf eine sehr reichhaltige Art und Weise ausgestaltet. Dies wird von W. Heisenberg in dem folgenden Zitat pointiert formuliert:

*Das heißt, Heisenberg ist der Meinung, daß eben dieselbe Symmetrie, die schon für Platon Fundament der Naturwissenschaft war, auch für die heutige Physik Fundament der Naturwissenschaft ist, nur in einer mathematisch weiter ausgestalteten Weise*²⁰.

4.2 Das Wechselspiel von Symmetrie und Symmetriebrechung

Im Zusammenhang mit der Konzeption der Symmetrien in der modernen Physik sticht unter anderem der Antagonismus von Symmetrien und Symmetriebrechungen ins Auge.

Dieser Antagonismus weist nun, wie oben gezeigt, eine bemerkenswerte Ähnlichkeit zum Platonischen Antagonismus von Einheit und unbegrenzter Zweiheit auf: So wie in der Interpretation der Platonischen Dialog gemäß der Tübinger Schule die Realität wesentlich auf den Antagonismus zweier ontologischer Prinzipien zurückgeführt wird, läßt sich auch die Vielheit in der Natur, wie sie in der Beschreibung der modernen Physik formuliert wird, als Antagonismus von Symmetrie und Symmetriebrechung deuten.

5 Konklusion

Sowohl in der ontologischen Konzeption des Platon als auch in der aktuellen physikalischen Forschung, so wurde gezeigt, spielen jeweils die *Symmetrien* eine wichtige Rolle. Wie gezeigt, sind diese beiden Symmetrien in ihrer jeweiligen Ausprägung grundlegend voneinander verschieden.

Nach Ansicht des Verfassers liegt es nahe, insbesondere bei der Interpretation der Symmetrien im *Timaios* die Ergebnisse der *Tübinger Schule* mit einzubeziehen. Im Mittelpunkt dieser Interpretation steht der Antagonismus zweier Prinzipien. Nimmt man diese Ergebnisse hinzu, so ergibt sich eine grundlegende, konzeptionelle Analogie zwischen Platonischer und moderner, physikalischer Konzeption: In beiden Fällen steht jeweils eine Gegenüberstellung von Einheit und Vielheit ontologisch im Mittelpunkt. Insofern kann sich auch für einen modernen Elementarteilchenforscher mitunter ein Blick in den *Timaios* lohnen.

²⁰ [12], S. 113.

Literatur

- [1] Platon: *Timaios*, herausgegeben, übersetzt, mit einer Einleitung und mit Anmerkungen versehen von Hans Günter Zekl, 1992, Hamburg.
- [2] Bethge, K., Schröder, U. E., 1991, *Elementarteilchen und ihre Wechselwirkungen*, Darmstadt.
- [3] Apelt, Otto, 1993: Platon: *Sämtliche Dialoge*, herausgegeben und mit Einleitungen, Literaturübersichten, Anmerkungen und Registern versehen, Hamburg: Meiner.
- [4] Sachs, E., 1917: *Die fünf platonischen Körper*, Berlin.
- [5] Gaiser, K., 1963: *Platons ungeschriebene Lehre*, Stuttgart.
- [6] Gaiser, K., 1973: *Die Rede der Musen über den Grund von Ordnung und Unordnung*. In: *Studia Platonica*, Festschrift für H. Gundert, Amsterdam, 4986.
- [7] Krämer H. J., 1959: *Arete bei Platon und Aristoteles*, Heidelberg.
- [8] Krämer, H. J., 1964: *Die Platonische Akademie und das Problem einer systematischen Interpretation der Philosophie Platons*. In: *Kant-Studien* 55, S. 69-101.
- [9] Wieland, W., 1982: *Platon und die Formen des Wissens*, Göttingen.
- [10] Cottingham, W. N., Greenwood, D. A., 1998: *An Introduction to the Standard Model of Particle Physics*, Cambridge
- [11] Ibach, H., Lüth, H., 1990: *Festkörperphysik. Einführung in die Grundlagen*, Berlin.
- [12] Weizsäcker, C. F. v., 1981: *Platonische Naturwissenschaft im Laufe der Geschichte*. In: *Ein Blick auf Platon, Ideenlehre, Logik und Physik*, Stuttgart, S.111-140.