

Ordnung der Wirklichkeit – Zum Einfluss der platonischen Naturphilosophie auf Heisenbergs Denken

Dr. Tobias Jung

9. Juli 2016

Heisenbergs vielfältige Beiträge zur Physik

- Insbesondere im schulischen Kontext ist Werner Heisenberg (1901–1976) bekannt für seine Arbeiten zur Quantenmechanik:
 - Unbestimmtheitsrelation.
 - Matrizenmechanik.
- Weniger geläufig sind Heisenbergs Beiträge zur:
 - Hydrodynamik.
 - Atom- und Molekülphysik.
 - Kernphysik und ihre Anwendungen im „Uran-Projekt“.
 - Kosmischen Strahlung.
 - Supraleitung.
 - Elementarteilchenphysik.
 - Einheitlichen Feldtheorie der Elementarteilchen.

„Ordnung der Wirklichkeit“: Die Physik in Bezug auf Heisenbergs Weltbild

- Heisenberg, *Ordnung der Wirklichkeit*, (1941/1942), Teil I:
„Wer sein Leben für die Aufgabe bestimmt, einzelnen Zusammenhängen der Natur nachzugehen, der wird von selbst immer wieder vor die Frage gestellt, wie sich jene einzelnen Zusammenhänge harmonisch dem Ganzen einordnen, als das sich uns das Leben oder die Welt darbietet. [...] So kreisen die Gedanken immer wieder um das Problem, wie jenes Ganze zusammenhängt, das wir Welt oder Leben nennen (– je nachdem wir uns aus- oder eingeschlossen denken –), und an welcher Stelle in diesem Ganzen die besonderen Zusammenhänge stehen, denen etwa ein großer Teil der Lebensarbeit gilt.“
- Heisenberg fragt nach dem Zusammenhang und der Einheit unserer Erkenntnisse.
- Die Physik trägt wesentlich zu einem *Weltbild* bei.

Platons *Timaios* als Hintergrund von Heisenbergs Weltbild I

- Im Hintergrund steht der Dialog *Timaios* Platon (428/427 v. Chr. – 348/347 v. Chr.), den Heisenberg als Schüler übersetzt und der ihn gefesselt und beunruhigt hat (Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, 1969):

„[W]as ich dort las, kam mir völlig absurd vor. Da wurde behauptet, daß die kleinsten Teile der Materie aus rechtwinkligen Dreiecken gebildet seien, die [...] sich zu den regulären Körpern der Stereometrie [d. h. den Platonischen Körpern] zusammenfügten. Dabei blieb mir unklar, ob die regulären Körper nur als Symbole den Elementen zugeordnet waren [...] oder ob wirklich [zum Beispiel] die kleinsten Teile des Elements Erde eben die Form des Würfels haben sollten. [...] Dabei ging für mich von der Vorstellung, daß man bei den kleinsten Teilen der Materie schließlich auf mathematische Formen stoßen sollte, eine gewisse Faszination aus.“

Platons *Timaios* als Hintergrund von Heisenbergs Weltbild II

- Zusammenfassend (Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, 1969):
„Das wichtigste Ergebnis der Lektüre war vielleicht die Überzeugung, daß man, wenn man die materielle Welt verstehen wollte, etwas über ihre kleinsten Teile wissen mußte. Aus Schullehrbüchern und populären Schriften war mir bekannt, daß auch die moderne Wissenschaft Untersuchungen über die Atome anstellt. Vielleicht konnte ich später in meinem Studium selbst in diese Welt eindringen.“
- Zeitlebens blieben die *Frage nach der Teilbarkeit der Materie* und die *Frage nach dem Aufbau der Materie*, also das Streben, (Goethe, *Faust I*, „Nacht“, Verse 382 f.)
*„Dass ich erkenne was die Welt
Im Innersten zusammenhält,“*

Triebfeder von Heisenbergs Denken.

Die Atomtheorie von Leukipp und Demokrit I

- Üblicherweise wird – gerade in Schulbüchern – die moderne Atomtheorie und Elementarteilchenphysik auf die Vorstellungen der antiken Atomisten Leukipp (5. Jhd. v. Chr.) und Demokrit (um 460 v. Chr. – um 400 v. Chr. oder um 380/370 v. Chr.) zurückgeführt.
- Zum Beispiel *Fokus Physik 12, Gymnasium Bayern*:

*„Leukipp und [...] Demokrit entwickelten eine völlig neue Idee [hinsichtlich des Urgrundes aller Dinge]. Ihrer Position nach besteht die Materie aus einer großen Anzahl kleiner und unteilbarer Bausteine, die sinnlich nicht wahrgenommen werden können, sich in ewiger Bewegung befinden und – nach dem griechischen Begriff atomos für ‚unteilbar‘ – **Atome** genannt werden. [...] Die Theorie von absolut ‚vollen‘ materiellen Teilchen, die unveränderlich sind, zwischen denen völlige Leere herrscht und die erst in ihrer Zusammensetzung den menschlichen Sinnen zugänglich werden, entspricht sehr weitgehend den Vorstellungen, die die Physik über 2000 Jahre später wieder entwickelt hat.“*

Die Atomtheorie von Leukipp und Demokrit II

- Demokrit (DK, 68 B 9):

„Durch Festsetzung süß, durch Festsetzung bitter, durch Festsetzung warm, durch Festsetzung kalt, durch Festsetzung Farbe, in Wirklichkeit aber: Atome und Leeres.“

- Demokrit (DK, 68 A 57):

„[Er sagt,] in dem Leeren zerstreut bewegten sich Substanzen, der Zahl nach unendlich wie auch unteilbar und unterschiedslos und ohne Qualität und für Einwirkung unempfänglich; wenn sie sich einander näherten oder zusammenstießen oder verflöchten, so träten einige dieser Anhäufungen als Wasser, andere als Feuer, andere als Pflanze und wieder andere als Mensch in Erscheinung. Alles seien die Atome [...], und weiter [sei] nichts.“

Die Atomtheorie von Leukipp und Demokrit III

- Es gibt Atome (Volles) und Leeres, d. h. Seiendes und Nicht-Seiendes.
- Es gibt numerisch unendlich viele Atome (vgl. *DK*, 68 A 38), die sich hinsichtlich Form, Anordnung, Position und Größe unterscheiden.
- Atome sind unentstanden, unvergänglich, unteilbar, massiv.
- Aufgrund ihrer geringen Größen können Atome nicht gesehen werden (vgl. *DK*, 68 A 37). (Wissenschaftstheoretisch: Immunisierung der Theorie.)
- Alles, was ist, sind Aggregate aus Atomen (und Leeren).
- Alle Erscheinungen, alles Werden und Vergehen, jede Veränderung, jede Bewegung geht auf unterschiedliche Anordnung von Atomen zurück.

Platons *Timaios*

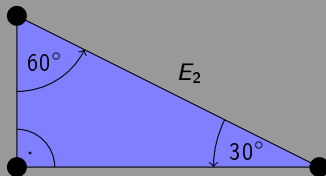
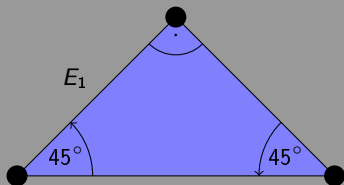
- Der *Timaios* wird zu den späten Dialogen von Platon gezählt.
- Der *Timaios* gilt gemeinhin als *Platons Naturphilosophie und Kosmologie*.
- Der *Timaios* beinhaltet unter anderem:
 - Platons Astronomie.
 - Platons Theorie der Zeit.
 - Platons Theorie des Raums ($\chi\acute{\omega}\rho\alpha$).
 - Platons Theorie der Materie.
 - Platons Chemie.

Platons Lehre von der Materie I

- Nach Leukipp und Demokrit sind die letzten Elemente, aus denen sich alles, was ist, konstituiert, *Atome*, also *unteilbare Materiestücke*.
- Platon fragt hinter die Atome zurück und bestimmt als eigentliche Elemente *geometrische Strukturen*, d. h. *mathematische Formen*:
 - ① Grundlage sind zwei Arten von *Elementardreiecken*.
 - ② Aus diesen Elementardreiecken werden gleichseitige Dreiecke und Quadrate als 2-dimensionale Begrenzungsflächen für 3-dimensionale Körper zusammengesetzt.
 - ③ Aus jeweils gleichen Begrenzungsflächen werden vier der fünf *Platonischen Körper* aufgebaut.
 - ④ Diese vier Platonischen Körper werden je einem der „Elemente“ des Empedokles (495/494 v. Chr. – 435/434 v. Chr.), nämlich Feuer, Luft, Wasser und Erde, zugeordnet.

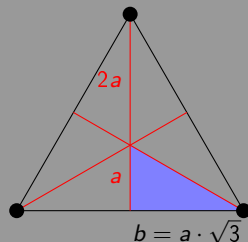
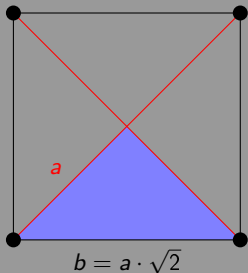
Platons Lehre von der Materie II

- Nach Platon gibt es zwei Arten ausgezeichneter Dreiecke:
 - ① Elementardreieck E_1 : das gleichschenkelig-rechtwinklige Dreieck (vgl. Platon, *Timaios*, 53 d).
 - ② Elementardreieck E_2 : das rechtwinklige Dreieck mit einem 30° - und einem 60° -Winkel (vgl. Platon, *Timaios*, 53 d und 54 a).



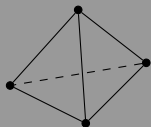
Platons Lehre von der Materie III

- Ein Quadrat setzt sich aus vier Elementardreiecken E_1 , ein gleichseitiges Dreieck aus sechs Elementardreiecken E_2 zusammen (vgl. Platon, *Timaios*, 54 e f.).
- Zwar reichten bereits jeweils zwei Elementardreiecke E_1 bzw. E_2 zur Herstellung eines Quadrats bzw. eines gleichseitigen Dreiecks aus, aber durch die von Platon jeweils gewählte Zusammensetzung aus vier bzw. sechs Elementardreiecken wird jeweils die Symmetrie sichtbar.

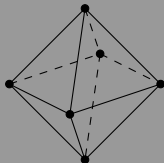


Platons Lehre von der Materie IV

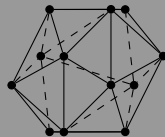
- Zuordnung der Platonischen Körper zu den Elementen und zum All (vgl. Platon, *Timaios*, 54 e – 56 a).



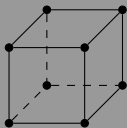
Tetraeder: Feuer



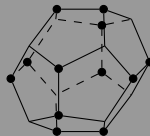
Oktaeder: Luft



Ikosaeder: Wasser



Würfel (Hexaeder): Erde



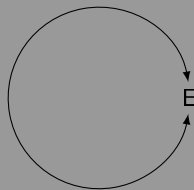
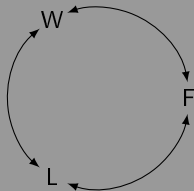
Dodekaeder: All

Platons Lehre von der Materie V

- Der Beweis, dass es genau fünf Platonische Körper, d. h. 3-dimensionale Körper, die von jeweils untereinander gleichen regulären 2-dimensionalen Vielecken begrenzt werden, gibt, wurde wohl von dem Mathematiker Theaitetos (um 415 v. Chr. – 369 v. Chr.) an der Platonischen Akademie gefunden.
- Grundgedanken des Beweises:
 - Vorausgesetzt ist, dass
 - ① jeder Platonische Körper räumliche Ecken besitzt,
 - ② an jeder Ecke mindestens drei Flächen zusammentreffen müssen,
 - ③ die Summe der Innenwinkel der an einer Ecke zusammentreffenden Flächen kleiner als 360° sein muss.
 - Möglich sind Körper, bei denen
 - entweder drei oder vier oder fünf gleichseitige Dreiecke (Innenwinkel jeweils 60°)
 - oder drei Quadrate (Innenwinkel jeweils 90°)
 - oder drei Fünfecke (Innenwinkel jeweils 108°)jeweils an einer Ecke zusammentreffen.

Platons Lehre von der Materie VI

- Die „Elemente“ Feuer F, Luft L, Wasser W und Erde E können nicht aus kleinsten, unveränderlichen Atomen bestehen, da sie sich ineinander umwandeln können.
- Dies zeigt einerseits die Alltagserfahrung (Beispiel: Beim Regen wird aus Luft Wasser), andererseits die Theorie, da eine Auflösung der zugrunde liegenden Platonischen Körper in Elementardreiecke möglich ist.
- Beispielsweise gilt: $2,5 L \longrightarrow W$ (vgl. Platon, *Timaios*, 56 e).
- Es gibt einen *Kreislauf der Elemente*:



Heisenbergs Interpretation von Platons Theorie der Materie I

- Heisenberg fasst seine Interpretation von Platons Theorie der Materie folgendermaßen zusammen (Heisenberg, *Philosophische Probleme in der Theorie der Elementarteilchen*, Vortrag, 1967):

„Diese platonischen Körper, die sozusagen als Atome am Anfang stehen, das sind gar keine Atome; die sind gar nicht unveränderlich, sondern setzen sich aus den Dreiecken zusammen. Und diese Dreiecke sind auch schon nicht mehr materiell. Also am untersten Ende dieser Skala kommt nicht mehr Materie, sondern die mathematische Form.“

- Demnach stellt Platon dem *Materialismus* der Atomisten Leukipp und Demokrit einen *Idealismus* entgegen.

Einschub: Platons Ideenlehre

- Weit verbreitete, aber m. E. falsche Deutung: Platon unterscheidet strikt zwischen Ideen, die als Gedankendinge hinter den Phänomenen liegen und das eigentlich Wirkliche sind („Ideenhimmel“), und den bloßen Erscheinungen, die Schein sind.
- Angemessenere Deutung:
 - Platon unterscheidet zwischen dem Bereich dessen, was unveränderlich ist („Ideen“, d. h. Strukturen), und dem Bereich des Werdens und Vergehens, der Veränderung, der Bewegung (Erscheinungen).
 - In den Erscheinungen manifestieren sich die Ideen – dies ist die Bedeutung von ἀλήθεια („Wahrheit“) als „Unverborgenheit des Seins“.
 - Beispiel: In einem Tisch kommt die „Idee des Rechtecks“, also eine mathematische Struktur, zur Erscheinung.

Heisenbergs Interpretation von Platons Theorie der Materie

II

- Die mathematischen Formen bei Platon hängen mit Symmetrien zusammen, so wie die Elementarteilchen letztlich fundamentale Symmetrien widerspiegeln (Heisenberg, *Das Naturbild Goethes und die technisch-wissenschaftliche Welt*, 1967):

„In der modernen Physik wird dieser Gedanke [nämlich die Grundstrukturen der Natur darzustellen] in folgender Weise verwirklicht: Es wird in mathematischer Sprache ein grundlegendes Naturgesetz formuliert, eine ‚Weltformel‘, wie es gelegentlich genannt wurde, dem alle Naturerscheinungen genügen müssen, das also gewissermaßen nur die Möglichkeit, die Existenz der Natur symbolisiert. Die einfachsten Lösungen dieser mathematischen Gleichung repräsentieren die verschiedenen Elementarteilchen, die genau in demselben Sinne Grundformen der Natur sind, wie Plato die regulären Körper der Mathematik, Würfel, Tetraeder usw. als Grundformen der Natur aufgefaßt hat.“

Heisenbergs Interpretation von Platons Theorie der Materie III

- Kollisionsexperimente mit „Elementarteilchen“ führen auf weitere „Elementarteilchen“, die aber nicht kleiner sind als die kollidierenden Teilchen.
- Die Anzahl von Elementarteilchen wie Elektronen ist nicht erhalten, aber die mit Symmetrien zusammenhängenden Quantenzahlen sind Erhaltungsgrößen.
- Folglich (Heisenberg, *Der Teil und das Ganze*, 1969):
„Am Anfang war die Symmetrie‘, das ist sicher richtiger als die Demokritsche These ‚Am Anfang war das Teilchen‘. Die Elementarteilchen verkörpern die Symmetrien, sie sind ihre einfachsten Darstellungen, aber sie sind erst eine Folge der Symmetrien. [...] Die Elementarteilchen können mit den regulären Körpern in Platons ‚Timaios‘ verglichen werden. Sie sind die Urbilder, die Ideen der Materie.“

Zusammenfassung

- Nach Heisenberg sind Symmetrien fundamentaler als Materie, d. h. das eigentlich Elementare sind mathematische Strukturen und nicht unteilbare Materiestücke.
- Damit ist die Elementarteilchenphysik näher an Platons Theorie der Materie als – wie üblicherweise behauptet wird – an der Atomtheorie von Leukipp und Demokrit.
- Heisenbergs Sichtweise stellt einen einfachen Materialismus, dem gemäß alle Erscheinungen auf Materie und ihre Wechselwirkung zurückgeführt werden können, in Frage.

Bemerkungen zum Einbezug in den schulischen Unterricht

- Berechtigung der Berücksichtigung im Unterricht
 - Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer, Rheinland-Pfalz:
„Physikunterricht ermöglicht den Schülerinnen und Schülern, die Welt mit den ‚Augen der Physik‘ sehen zu lernen.“
 - LehrplanPLUS für das „Gymnasium in Bayern“, Fachprofil Physik, gültig ab dem Schuljahr 2017/2018:
„Physikalische Erkenntnisse sind Kulturgut, beeinflussen entscheidend unser Weltbild und berühren damit auch philosophische, ethische und religiöse Fragestellungen.“
- Mögliche Verortung:
 - Rheinland-Pfalz: 9. Jahrgangsstufe in „TF 7: Kosmos und Forschung. Physik als sich weiter entwickelnde Wissenschaft“, Kontext „Geschichte und Kultur“: „Blick ins Innere der Teilchen“.
 - Bayern: 9. Jahrgangsstufe in „Lernbereich 3: Kernphysik“: „Aufbau des Atomkerns aus Protonen und Neutronen, Aufbau der Nukleonen aus Quarks“.

Quellen I



Werner Heisenberg

Das Naturbild Goethes und die technisch-wissenschaftliche Welt

In: Goethe 29, 1967, S. 27–42



Werner Heisenberg

Philosophische Probleme in der Theorie der Elementarteilchen

In:



Walter Blum, Hans-Peter Dürr, Helmut Rechenberg (Hrsg.)

Werner Heisenberg. Gesammelte Werke, Band C.II

Piper: München/Zürich, 1984, S. 410–422



Werner Heisenberg

Der Teil und das Ganze. Gespräche im Umkreis der Atomphysik

R. Piper: München, 1969

Quellen II



Werner Heisenberg

Ordnung der Wirklichkeit

Piper: München/Zürich, 1989



Cornelia Liesenfeld

Philosophische Weltbilder des 20. Jahrhunderts. Eine interdisziplinäre Studie zu Max Planck und Werner Heisenberg

Königshausen & Neumann: Würzburg, 1992



Klaus Mainzer

Mathematische Symmetrien und die Einheit der Wissenschaft

In:



Bodo Geyer, Helge Herwig, Helmut Rechenberg (Hrsg.)

Werner Heisenberg. Physiker und Philosoph

Spektrum: Heidelberg/Berlin/Oxford, 1993, S. 356–363

Quellen III



Ekkehard Martens

Platon (428/427–348/347)

In:



Gernot Böhme (Hrsg.)

*Klassiker der Naturphilosophie. Von den Vorsokratikern bis zur
Kopenhagener Schule*

C. H. Beck: München, 1989, S. 29–44



Platon

Timaios. Griechisch/Deutsch

Philipp Reclam: Stuttgart, 2009



Lothar Schäfer

Das Paradigma am Himmel. Platon über Natur und Staat

Karl Albert: Freiburg im Breisgau/München, 2005

Quellen IV



Manfred Stöckler

Hat sich Werner Heisenberg zu Recht auf Platon berufen?

In:



Bodo Geyer, Helge Herwig, Helmut Rechenberg (Hrsg.)

Werner Heisenberg. Physiker und Philosoph

Spektrum: Heidelberg/Berlin/Oxford, 1993, S. 335–343



Manfred Stöckler

Demokrits Erben. Der Atomismus zwischen Philosophie und Physik

In:



Michael Esfeld (Hrsg.)

Philosophie der Physik

Suhrkamp: Frankfurt am Main, 2012, S. 137–157

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

„Aber die unruhigen Zeiten [des Zweiten Weltkrieges und der unmittelbaren Nachkriegszeit] waren vorbei, und wir konnten in Ruhe über die großen Fragen meditieren, die Plato gestellt hatte und die vielleicht in der Physik der Elementarteilchen jetzt ihre Lösung fanden.“