

Vom Universum

Wolfgang Tschirk

Eine Geistesgeschichte
der Physik

SACHBUCH



Springer

Vom Universum

Wolfgang Tschirk

Vom Universum

Eine Geistesgeschichte
der Physik

2. Auflage

 Springer

Wolfgang Tschirk
Wien, Österreich

ISBN 978-3-662-62063-2 ISBN 978-3-662-62064-9 (eBook)
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-62064-9>

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

Ursprünglich erschienen bei Edition Va Bene, Wien, Klosterneuburg, 2006
© Der/die Herausgeber bzw. der/die Autor(en), exklusiv lizenziert durch Springer-Verlag GmbH, DE, ein Teil von Springer Nature 2021

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von allgemein beschreibenden Bezeichnungen, Marken, Unternehmensnamen etc. in diesem Werk bedeutet nicht, dass diese frei durch jedermann benutzt werden dürfen. Die Berechtigung zur Benutzung unterliegt, auch ohne gesonderten Hinweis hierzu, den Regeln des Markenrechts. Die Rechte des jeweiligen Zeicheninhabers sind zu beachten.

Der Verlag, die Autoren und die Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder die Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag bleibt im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Einbandabbildung: © Vitaly/stock.adobe.com

Planung/Lektorat: Iris Ruhmann
Springer ist ein Imprint der eingetragenen Gesellschaft Springer-Verlag GmbH, DE und ist ein Teil von Springer Nature.
Die Anschrift der Gesellschaft ist: Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Germany

Inhaltsverzeichnis

1	Von Himmel und Erde	1
2	Von der Kraft	15
3	Vom Licht	33
4	Von der Wärme	43
5	Vom Feld	57
6	Von den Quanten	67
7	Von Raum und Zeit	91
8	Von den Sternen	107
	Namenregister	119



1

Von Himmel und Erde

Wer sehen will, dass die Erde rund ist, muss ein Stück in die Ferne blicken und ein wenig Geometrie anwenden. Um aber zu erfahren, dass Raum und Zeit sich krümmen, bedarf es einer Theorie, die seit ihrem Entstehen als Inbegriff des Schwierigen gilt und so surreal erscheint, dass viele sie noch immer nicht wahrhaben wollen. Trotzdem wissen wir heute das eine so gut wie das andere: Die Erde gleicht einer Kugel; ihre Bahn folgt den Krümmungen des Raumes und der Zeit. Diese beiden Erkenntnisse umrahmen zwei Jahrtausende Physik, und von ihr erzählt unser Buch. Da auch Physiker Menschen sind, erleben wir zugleich eine Geschichte vom Glauben, Zweifeln und Irren, von Siegen und Niederlagen, vom Aufeinanderprallen der Weltanschauungen und von den Grenzen der Erkenntnis. Uns Sterblichen zum Trost ist es nämlich selbst den Helden der Wissenschaft nicht vergönnt, auf geradem Weg ans Ziel zu kommen.

Im sechsten Jahrhundert vor Christus wurde die Erde zum Ball. Für Thales von Milet, den „Vater der Philosophie“, war

sie noch eine flache Insel inmitten eines unendlichen Meeres; für seinen Schüler Anaximander eine zylindrische Säule, frei im Raum schwebend. Pythagoras soll sie als Erster für eine Kugel gehalten haben; er hatte die Rundung des Erdschattens auf dem Mond und das Auftauchen von Schiffen am Horizont richtig gedeutet. Die Pythagoräer schufen ein Modell des Kosmos, in dem die Erde im Zentrum ruht, umgeben von den Sphären der Himmelskörper. Am nächsten steht ihr der Mond, dann kommen Sonne, Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, die damals alle noch anders hießen. Den ewig unveränderlichen Hintergrund bildet die Sphäre der Fixsterne. Dabei blieb es für zweihundert Jahre, auch wenn Philolaos behauptete, im Zentrum des Universums brenne ein zentrales Feuer, zuinnerst umkreist von einer für den Menschen unsichtbaren „Gegenerde“, auf die erst unsere Erde und dann die übrigen Himmelskörper folgen.

Wie kamen die Griechen zu diesen Ansichten? Es wird uns immer wieder beschäftigen, wie Physiker zu ihren Ansichten kommen, denn *was* die Leute glauben oder tun – das sind bloß Lexikonfragen; jedoch *warum* sie es glauben und tun: daraus werden die Dramen gemacht. Am Anfang stand die Beobachtung. Von Thales wird erzählt, er wäre einmal, als er die Sterne betrachtete, in einen Brunnen gefallen und daraufhin von einer Magd verspottet worden: Er solle, anstatt den Himmel zu erkunden, besser aufpassen, was vor seiner Nase auf der Erde passiert.

Doch Beobachtung allein genügt nicht, und damit wenden wir uns Aristoteles zu, der im vierten Jahrhundert vor Christus lebte. Er hat das pythagoräische Bild des Kosmos übernommen und ihm nichts Wesentliches hinzugefügt; aber er hat es in einen theoretischen Rahmen gestellt. Da er zugleich der Erfinder der Logik war, ging er mit meist richtigen logischen Schlüssen vor, die ihn zu meist falschen Ergebnissen führten, was wiederum an seinen Prämissen lag.

Diese lauteten erstens: Die vollkommene Gestalt ist die Kugel, zweitens: Die vollkommene Bewegung der Himmelskörper ist das Kreisen um die Erde als Zentrum der Welt, und drittens: Es gibt keinen leeren Raum. Damit war klar, dass die „Körper jenseits des Mondes“ Kugeln sind und auch der Kosmos eine ist. Die Träger der Himmelskörper sind ebenfalls Kugeln – Sphären – und bestehen aus einem Stoff, den Aristoteles Äther nannte. Die äußerste Sphäre trägt die Fixsterne und dreht sich einmal pro Tag um die Erde. Um zu erklären, warum die Sphären, die ja stoffliche Dinge sind, einander nicht in ihren Bewegungen stören, erdachte Aristoteles eine Mechanik gegenläufig drehender und neutralisierender Schichten zwischen ihnen, so dass sein Modell aus insgesamt 56 Schalen bestand.

Ein Menschenalter nach Aristoteles tauchte das erste heliozentrische Weltbild auf. In der Frühzeit der griechischen Astronomie hatte Anaxagoras eingeräumt, die Sonne könne möglicherweise größer sein als der ganze Peloponnes – schon das war schwer zu glauben. Nun aber kam Aristarchos von Samos zu dem ungeheuerlichen Schluss, die Sonne sei 250-mal so groß wie die Erde! Unter diesen Umständen lag es nahe, ihr die Rolle des bestimmenden Körpers zuzusprechen und sie in den Mittelpunkt der Welt zu stellen. Und siehe da: Wie von Zauberhand weggewischt war das Problem der wechselnden Helligkeiten der Planeten, das bis dahin den Astronomen Kopfschmerzen bereitet hatte: Wenn alle Planeten um die Erde als Zentrum kreisen, kann keiner ihr näherkommen oder sich von ihr entfernen. Dass uns dennoch jeder manchmal heller, manchmal dunkler erscheint, muss also an ihnen selbst liegen, und diese Erklärung verträgt sich schlecht mit der kosmischen Unveränderlichkeit. Kreist aber alles um die Sonne, so können die Entfernungen der Planeten von der Erde variieren und damit auch ihre scheinbaren Helligkeiten. Allerdings ergab sich sofort ein neues Problem: Wenn die Erde um den Mittelpunkt der Welt kreist, warum

sehen wir dann die Fixsterne ewig in gleicher Perspektive? Müsste nicht die Erde einmal dieser, ein andermal jener Seite der Fixsternsphäre näherkommen? Hierauf gab Aristarchos zur Antwort, die Bahn der Erde sei, verglichen mit dem Kosmos, zu klein, als dass man diesen Effekt bemerken würde. Dennoch setzte sich seine Vorstellung nicht durch. Zu fremd war der Gedanke, die Erde triebe im Äther umher, anstatt an ihrem natürlichen Ort zu ruhen, und zu groß vielleicht auch schon die Autorität des Aristoteles, dessen geistiger Nachlass allmählich den Charakter einer Religion annahm.

Man hatte inzwischen aber längst herausgefunden, dass die Planeten anders laufen, als alle Rechnungen ergaben. Ihre tatsächlichen Bahnen zeigen sich weit weniger gleichförmig, als man es von Kreisen erwarten musste. Manchmal bewegten sich die Himmelskörper zu schnell, dann wieder zu langsam, zeitweise sogar in die falsche Richtung. Selbst der eingefleischteste Aristoteliker musste zugeben, dass irgendetwas an der Theorie nicht stimmen konnte. Im zweiten vorchristlichen Jahrhundert endlich arbeitete Hipparchos von Nikaia die rettende Idee aus: Die Bewegung eines Planeten setzt sich aus *mehreren* Kreisen zusammen. Was bisher als Bahn des Planeten gegolten hatte, war nur die Bahn des Mittelpunktes eines kleineren Kreises, des sogenannten Epizykels; auf dem Epizykel erst lief der Planet tatsächlich um. Reichte auch das nicht aus, die Rechnung in Übereinstimmung mit der Beobachtung zu bringen, nahm man einen weiteren Epizykel um den vorherigen an. Zur Vollendung gebracht wurde Hipparchos' System dreihundert Jahre später von Claudius Ptolemäus, dessen Namen es seither trägt: ptolemäisches Weltbild. In ihm hat das Himmelsgewölbe Kugelgestalt und dreht sich wie eine Kugel. Man kann das einerseits am Umlauf der Gestirne sehen und andererseits begründen dadurch, dass die Eigenschaft der leichtesten Bewegung von den ebenen Figuren dem Kreis, von den Körpern der Kugel zukommt. Der Äther aber besteht aus den feins-

ten und gleichartigsten Molekülen, und ein solcher Körper muss zwangsläufig von der gleichmäßigsten Gestalt, nämlich der einer Kugel, sein. Hier lesen wir gestochen scharf Aristoteles' Handschrift. Weiters ist auch die Erde kugelförmig. Sie nimmt die Mitte des Himmelsgewölbes ein und steht zu den Himmelskörpern im Verhältnis eines Punktes. Damit meinte Ptolemäus, sie sei im Vergleich zu den kosmischen Entfernungen winzig klein, womit er erklärte, warum uns der Sternenhimmel von jedem Ort aus gleich erscheint. Und die Erde ruht. Da sie im Zentrum der Welt steht, wird sie von allen Seiten her im Gleichgewicht gehalten. Würde sie sich fortbewegen, müssten sämtliche auf ihr befindlichen Körper von ihr weggerissen werden. Auch dreht sie sich nicht, denn würde sie das tun, müssten alle irdischen Körper hinter dieser Drehung zurückbleiben.

Ptolemäus' Argumente gründen sich zum Teil auf Beobachtungen wie jene des Auf- und Untergehens der Sonne und der Sterne, in der Hauptsache jedoch auf die theoretischen Grundsätze des Aristoteles. Über sein Leben wissen wir wenig; nicht einmal, ob er Grieche oder Ägypter war. Seine Arbeiten hat er in einem dreizehnbändigen Monumentalwerk zusammengefasst, das uns heute unter dem Namen *Almagest* bekannt ist und seinen Autor als umfassenden Denker zeigt. Überhaupt zerfiel die Wissenschaft der Antike nicht wie die heutige in Spezialdisziplinen: Aristoteles schrieb über Logik und Naturwissenschaft ebenso wie über Wirkung und Ziel des Musikunterrichtes, ferner über Politik, Rhetorik, Erkenntnistheorie und Ethik. Demokrit, der Hauptträger der antiken Atomlehre, schuf den Grundriss einer Kulturtheorie. Pythagoras und seine Schüler studierten die Welt der Ordnung und die Welt des Werdens, die Harmonie des Alls und die Harmonie der Töne, das Wesen und die Wirksamkeit der Zahl wie auch die Grundlagen einer gesunden Lebensweise, wo sie vor der Gier nach Überflüssigem warnten und maßvollen Genuss empfahlen. Gar

nicht zu diesem Ratschlag passt es allerdings, dass Pythagoras einmal hundert Ochsen geopfert hat – aus Freude über die Entdeckung des Satzes vom rechtwinkligen Dreieck, weswegen noch heute alle Ochsen vor der Wissenschaft zittern. Die Disziplinen waren weniger scharf umrissen als heute: Mathematik beinhaltete auch Zahlenmystik, Astronomie auch Sterndeutung; Mechanik war Technik, unter anderem zur Kriegführung, und nur in zweiter Linie Grundlagenforschung, und die Optik untersuchte sowohl die Natur des Lichtes als auch die körperlichen Vorgänge beim Sehen.

* * * * *

Die Physik des Aristoteles und mit ihr das Weltbild des Ptolemäus überdauerten die Zeiten. Ein Jahrtausend nach Ptolemäus verband Thomas von Aquino beider Lehren mit dem christlichen Glauben zu einer Verfassung des Wissens, an der zu rütteln bis in die Renaissance hinein undenkbar gewesen wäre. Sie war über jeden Zweifel erhaben, denn alles gründete sich auf Überlieferung, nichts anderes wurde an den Universitäten gelehrt. Wissenschaft hieß: das geeignete Zitat in den antiken Werken finden und es passend auslegen; damit konnte man jedes Problem lösen. Für die Kirche war Aristoteles ein Geschenk. Angesichts ihres Glaubens an die Vollkommenheit des Himmels und die zentrale Stellung der Erde: was hätte ihr da Besseres passieren können, als dass die höchste irdische Autorität als unabhängiger Gutachter diesen Standpunkt untermauert? Im Hochmittelalter galt Aristoteles als „*praecursor Christi in rebus naturalibus*“, als Vorläufer Christi in Angelegenheiten der Natur.

Zu Beginn des sechzehnten Jahrhunderts war die Lage so festgefahren, dass ein junger Astronom namens Nikolaus Kopernikus, der als Domherr im Dienst der Kirche stand, seine Gedanken lediglich im kleinen Kreis mitzuteilen wagte. In Wirklichkeit hieß er übrigens Kopernik, doch legte er

Wert auf die Endsilbe, denn man lebte in der Ära der latinisierten Namen: Ein gewisser Theophrast von Hohenheim wurde als Paracelsus bekannt, Kopernikus' Schüler Georg von Lauchen gab sich den Namen Rhaeticus, und der Astronom Regiomontanus hieß bürgerlich Johannes Müller.

Was hatte Kopernikus herausgefunden? Doch nur, dass man die Planetenbahnen einfacher beschreiben kann, wenn man die Sonne ins Zentrum stellt anstatt die Erde – das Gleiche also, das schon Aristarchos aufgefallen war. Ansonsten blieb er bei den alten Vorstellungen: Die Himmelskörper sind in Sphären gebettet und bewegen sich in Kreisen um einen Mittelpunkt. Da Kopernikus, wie seine Vorgänger, Kreise annahm, konnten seine Berechnungen wiederum nicht die tatsächlichen Umlaufbahnen ergeben. Somit war auch er gezwungen, Epizykeln zur Erklärung der Abweichungen einzuführen, wovon er 34 benötigte, während es bei Ptolemäus 80 waren. Als Kopernikus endlich, schon im hohen Alter, zu einer Publikation überredet werden konnte und seine Schrift *De revolutionibus orbium coelestium* 1543 erschien, hielt es der Herausgeber Osiander für angebracht, ihren Inhalt durch ein Vorwort abzuschwächen, um Kopernikus vor dem Zorn der Kirche zu bewahren. In dieser Präambel, die Osiander vermutlich ohne Kopernikus' Wissen verfasste, werden die neuen Hypothesen als Rechenhilfen bezeichnet, die keinen Anspruch auf Wahrheit erheben würden. Er unterließ es, mit seinem Namen zu signieren, so dass jeder annehmen musste, die Passage stamme von Kopernikus selbst. Doch alle Vorsicht nützte nichts: Kopernikus' System wurde von der Kirche verworfen, Luther erklärte ihn zum Narren, und sein Buch setzten sie auf den Index der verbotenen Schriften, wo es dreihundert Jahre lang blieb.

Immerfort hatte man den Himmel mit bloßem Auge betrachtet. Der letzte bedeutende Astronom, der ohne Hilfsmittel auskommen musste, war Tycho de Brahe. Von seiner Sternwarte Uraniborg auf der dänischen Insel Hven aus trug

er im Laufe von zwanzig Jahren eine Fülle an Aufzeichnungen zusammen. Seine letzten beiden Lebensjahre verbrachte de Brahe als Hofmathematiker Rudolfs II. in Prag, wo ihm ein Assistent zur Hand ging, der auf den Namen Johannes Kepler hörte und 1601 sein Nachfolger wurde. Kepler nutzte den Schatz, der ihm da unversehens in die Hände gefallen war: die umfassendste Sammlung von Planetenpositionen, über die je ein Astronom verfügt hatte. Sie führten ihn bald zu dem Schluss, dass die Planeten nicht auf Kreisen umlaufen. Konnte man sie mit ovalen, elliptischen oder sonstwie geformten Bahnen in Übereinstimmung bringen?

Eine Planetenbahn berechnen war zu Keplers Zeit ein langwieriges Unterfangen, zumal keine mechanischen Hilfen existierten und grundlegende mathematische Methoden unbekannt waren. Es gab keine analytische Geometrie, keine Differential- und Integralrechnung und keine Logarithmentabellen. Gleichungen vierten Grades und darüber konnte man nur durch Probieren lösen, komplexe Zahlen waren noch nicht erfunden. Die Vorstellungen von Kräften und von Ursache und Wirkung entstammten entweder der aristotelischen Mechanik oder den mittelalterlichen Studien zum Magnetismus und waren eher der Mythologie zuzurechnen als der Physik. Begriffe wie Beschleunigung, Impuls, Drehimpuls und Energie waren widersprüchlich oder fehlten überhaupt. Kepler rechnete zehn Jahre lang, dann gab er seine Resultate bekannt: Die Planeten laufen in Ellipsen, in deren einem Brennpunkt die Sonne steht. Das ist das erste keplersche Gesetz. Epizykeln waren überflüssig, die Planeten standen auch ohne sie dort, wo sie hingehörten. Jeder Planet wird schneller, wenn er der Sonne näherkommt, und zwar genau so viel, dass die gerade Verbindungslinie zwischen ihm und der Sonne in gleichen Zeiträumen gleiche Flächen überstreicht. Das ist Keplers zweites Gesetz. Später fand er noch ein drittes: Die Quadrate der Umlaufzeiten der