

ob
der
Urknall
laut
war?

Elf Gespräche über die Geschichte und den Alltag des
Universums ...

von

Karolina Głowacka & Jean-Pierre Lasota

Aus dem Polnischen übersetzt von Robert Jaroslowski

IMPRESSUM:

Titel der polnischen Originalausgabe:
„Czy Wielki Wybuch był głośny?“

Copyright der polnischen Ausgabe:
© Karolina Głowacka, Jean-Pierre Lasota, 2017

Copyright der deutschen Ausgabe:
© Robert Jaroslowski, Karolina Głowacka, Jean-Pierre Lasota, 2023

Copyright der deutschen Übersetzung © Robert Jaroslowski

Deutsche Übersetzung: Dr. Robert Jaroslowski
Lektorat: Dr. Walther Hofherr, Reinhardt Meierhöfer

Umschlaggestaltung
Robert Jaroslowski

Titelbilder
Royalty Free Picture von Beate Bachmann & Eikira, Pixabay ®

Illustrationen im Inneren des Buches
© Autoren/Zbigniew Larwa; p. 385, 386, 387 © A. Riazuelo

Satz
Robert Montheureux

ISBN siehe Umschlag hinten

Freiburg 2023

Edition Mensch & Natur
Khampa Verlag Freiburg und Eckernförde

Inhaltsverzeichnis

Vorwort zur deutschen Übersetzung	11
Einführung	13
Lernen wir uns gegenseitig kennen	15
I. Wozu brauchen wir das?	17
II. Woher kommen wir?	30
III. Wo sind wir?	48
IV. Was war am Anfang?	101
V. „Das Wichtigste ist für die Augen unsichtbar“	148
VI. Wie vergeht dir die Zeit?	174
VII. Falle frei!	213
VIII. Das Zirpen der Schwarzen Löcher	250
IX. Schwarze Löcher	307
X. Woher wisst ihr das alles?	362
XI. Glauben Physiker an Gott?	403
Ein Lexikon der physikalischen Begriffe, zusammengestellt von Jean-Pierre zur Bildung, Belustigung und Warnung	415
Danksagungen	439

I. Wozu brauchen wir das?

Also ein Gespräch darüber, dass Physik und Astronomie schließlich nicht so schwer zu verstehen sind, sowie über den Nutzen, den man aus diesen Lehren ziehen kann.

Karolina: Als wir uns zum Gespräch verabredet haben, war ich voller Enthusiasmus, aber jetzt habe ich Zweifel.

Jean-Pierre: Und warum ist das so?

Es ist so: Ich möchte herausfinden, wie das Universum funktioniert, was genau Schwarze Löcher oder diese berühmten Gravitationswellen sind, warum Planeten Kugeln sind, wie lange die Sonne leben wird ... aber nur aus Neugierde. Ich werde nie davon profitieren. Vielleicht ist es für mich nur eine Zeitverschwendung?

„Nur aus Neugierde“? Aber genau das ist der Punkt! Oder besser gesagt, vor allem darum geht es. So sind wir Menschen, dass wir wissen wollen und müssen, woher wir kommen, nach welchem Prinzip alles um uns herum funktioniert. Schon kleine Kinder fragen: „Warum?“ Die Neugier auf die Welt ist Teil von uns, unserer Kultur und vielleicht auch unserer Natur.

Einst suchten die Menschen Antworten vor allem in der Religion, die aber keine befriedigenden Antworten gab, zum Beispiel auf die Frage, warum sich die Himmelskörper bewegen. Außerdem versuchten die Religionen, selbst jene, die diesen Bewegungen göttliche Attribute zuschrieben, nicht, sie zu beschreiben, trotz oder vielleicht gerade wegen der Tatsache, dass Schamanen und Priester oft hochentwickelte Astronomen und Beobachter waren. Auf der anderen Seite beschreibt die Bibel nur die Erschaffung des Universums, nicht aber seine Funktionsweise. Wir lesen nur, dass Gott gesagt hat: „Lichter sollen am Himmelsgewölbe sein, um Tag und Nacht zu scheiden. Sie sollen Zeichen sein und zur Bestimmung von Festzeiten, von Tagen und Jahren dienen; sie sollen Lichter am Himmelsgewölbe sein, die über die Erde hin leuchten.“⁴¹ Und dann: „Gott machte die beiden großen Lichter, das größere, das über den Tag herrscht, das kleinere,

das über die Nacht herrscht, auch die Sterne. Gott setzte die Lichter an das Himmelsgewölbe, damit sie über die Erde hin leuchten, über Tag und Nacht herrschen und das Licht von der Finsternis scheiden. “2 Und das war’s. Er wies ihnen einen Platz zu, er wies ihnen auch Rollen zu, aber er lenkte ihre Bewegung nicht und schickte auch keine Engel aus, um diese zu überwachen. Aber die hebräische Bibel ist kein Kosmologie-Lehrbuch und es geht darin nicht um Physik.

Die Physik, oder vielmehr die Wissenschaft, begann anderswo. Es waren die alten Griechen, beginnend mit Pythagoras, die versuchten, die Natur durch allgemeine Gesetze und Prinzipien zu erklären. Die Griechen hatten das Wunder vollbracht zu entdecken, dass sich die Natur mathematisch beschreiben lässt. Gleichzeitig verstanden sie nicht erschöpfend, worin dieses Wunder bestand: Sie bemerkten, dass die Welt der Mathematik eine ideale, perfekte Welt war – wir nennen sie heute die platonische Sicht der Mathematik –, während die reale Welt keineswegs ideal war.

Und wo ist hier das Problem?

Ich erkläre es dir gleich. Große Mühe machten ihnen die irrationalen Zahlen, d.h. Zahlen, die nicht der Bruch zweier ganzer Zahlen sind. Sie bemerkten, dass der Satz des Pythagoras impliziert, dass die Hypotenuse eines gleichschenkligen rechtwinkligen Dreiecks mit den Katheten der Länge 1 gleich der Wurzel aus 2 ist, also eine irrationale Zahl. So war es möglich, ein Dreieck mit zwei rationalen Seiten und einer irrationalen Seite zu erzeugen, also zwei Seiten messen³ zu können und eine nicht. Mit dieser Überlegung kamen die Griechen zu dem Schluss, dass die ‚reine‘ Mathematik in der Realität nicht anwendbar ist. Die Krönung des griechischen Denkens – die von Aristoteles im 4. Jahrhundert v. Chr. geschaffene Beschreibung der Natur – war keine mathematische Beschreibung.

Aber es gab ja auch die griechische Astronomie, nehme ich an?

Ganz richtig. Nach Aristoteles waren die Himmelskörper aus einer göttlichen Substanz namens Äther gemacht. Man glaubte damals, dass ihre ewige und regelmäßige Bewegung nicht zu ‚dieser‘ Welt, sondern zur idealen Welt der Geometrie, also der Welt der geometrischen Figuren, gehörte. Die von Euklid um 300 v. Chr. erstellte Beschreibung der Welt der Geometrie enthielt keine Zahlen. Die Eigenschaften geometrischer Figuren wurden aus Axiomen durch Konstruktion mit Längen, Winkeln, Bögen usw. abgeleitet. Wie auch im-

mer, die euklidische Geometrie wird in den Schulen immer noch gelehrt. Es lohnt sich auch, einen Blick auf Euklids *Elemente* zu werfen – sie sind leicht im Internet zu finden – dort wird nur anhand von Graphen argumentiert. Obwohl die Geometrie aus der Messung von Längen und Flächen entstanden ist, hat sie sich dank Euklid von der verdächtigen Welt der Zahlen gelöst.

Die Geometrie wurde von Ptolemäus 140 n. Chr. verwendet, um das Universum zu beschreiben, d. h. die Planeten, die Sonne und die Sphäre der Fixsterne, die sich um die Erde dreht. Seine Beschreibung im *Almagest*-Traktat war für die nächsten 1400 Jahre gültig, bis zum Erscheinen von *De Revolutionibus* von Nicolaus Copernicus.

So lange?

So lange dauerte es, die reale, irdische Welt von der idealen Welt der himmlischen Sphären zu trennen. Diese Teilung wurde laut Nathalie Deruelle, einer befreundeten, angesehenen Physikerin, durch diese suspekten $\sqrt{2}$ verursacht.

Seltsame Dinge sagst du da! Schließlich haben die Menschen die Mathematik in der Praxis genutzt – sie haben Felder vermessen, Häuser und Tempel gebaut, Möbel hergestellt.

Oh ja, klar! Aber das waren Ingenieure, Techniker und Handwerker, keine Gelehrten. Nach Meinung der Philosophen eine Spezies von minderwertigen Menschen, die sich nichts aus der fehlenden Definition einiger Zahlen machten – zum Beispiel der Zahl π , die ebenfalls nicht rational ist, wie man es vom berühmten Problem der Quadratur des Kreises her wusste – und die einfach ihre Arbeit gemacht haben: Sie wussten, dass die Messungen sowieso nur Näherungen sein können. Aber es war eine verachtete Praxis. Beachte auch, dass die Wissenschaft damals und noch lange danach nicht auf Experimenten beruhte. Man versuchte ihre Regeln durch reines Nachdenken zu entdecken.

Worum ging es also bei der kopernikanischen Revolution?

Hauptsächlich darum, dass Kopernikus, indem er die Sonne in den Mittelpunkt des Sonnensystems stellte, die Erde in die Himmelsphären verschob. Diese ‚unsaubere‘ Erde, die offensichtlich nicht aus Äther gemacht ist! Man kann sagen, dass Kopernikus derjenige war, der Himmel und Erde nach ihrer langen Trennung wieder zusammengeführt hat. Das ging nicht sofort. Es war nicht einmal offen-

sichtlich, dass sich die Sonne im Zentrum befinden muss. Der hervorragende dänische Astronom Tycho de Brahe stimmte mit Kopernikus darin überein, dass sich die Planeten um die Sonne drehen, aber der ganze Haufen drehte sich seiner Meinung nach um die Erde, die ihren zentralen Platz im Universum behielt.

Was für eine seltsame Idee!

Nicht wahr? Und eine vergessene dazu, denn der Assistent de Brahes, Johannes Kepler, stellte ein Modell vor, nach dem sich die Planeten auf Ellipsen um die Sonne bewegen; er entdeckte die berühmten drei Gesetze, die beschreiben, wie diese Bewegung abläuft. Aber das waren keine physikalischen Gesetze, das waren eben Beschreibungen dieser Bewegung. Kepler leitete sie geometrisch aus den Eigenschaften von Polyedern⁴ ab, und er erhielt sein drittes Gesetz, das besagt, dass „das Quadrat der Umlaufzeit eines Planeten um die Sonne proportional zum Kubus der Entfernung von der Sonne ist“, durch die in seinen *Harmonien der Welt* vorgenommene Analyse der pythagoreischen Sphärenmusik. Er hat aus falschen Gründen die richtigen Gesetze bekommen.

Seltsam.

Ja, aber bedenke, dass Kepler Beobachtungen beschrieb und nicht nach Naturgesetzen suchte. Für ihn war das Universum, also das Sonnensystem, ein Abbild der Heiligen Dreifaltigkeit: die Sonne als der Vater, die Sternensphäre als der Sohn und der Raum zwischen ihnen als der Heilige Geist.

Erst der große Isaac Newton entdeckte die Naturgesetze, die zu den Keplerschen Bewegungsgesetzen führen. Und obwohl Newton sehr fromm war, gab es in seiner Theorie für übernatürliche Kräfte keinen Platz. Dies war der Beginn der wahren Wissenschaft.

Und Galileo?

Vielleicht hätte ich sagen sollen, dass es Galileo war, der die wahre Wissenschaft einleitete, also die Beschreibung der Welt ohne übernatürliche Kräfte und göttliches Eingreifen. Ich habe Newton gesagt, weil er der erste war, der eine Theorie aufgestellt hat. Das hatten schon andere versucht, z. B. Cartesius, aber sie hatten keinen Erfolg, obwohl Cartesius der Begriff der Trägheit zu verdanken war, der für Newtons Theorie so wichtig war. Aber du hast Recht, nach Galileo zu fragen, denn er war derjenige, der glaubte, dass das Buch, in dem das

Universum beschrieben wird, in der Sprache der Mathematik geschrieben ist, und gleichzeitig behauptete er, dass die Wissenschaft aus der Erfahrung kommen muss. Und diese ganze Geschichte, von Pythagoras über Newton bis heute, ist hauptsächlich der menschlichen Neugier entsprungen.

Spürst auch du diese Neugierde?

Ja, nach meinem eigenen Maß natürlich, denn ich habe nicht das Privileg, Naturgesetze zu entdecken.

Privileg?

Nur überlegene Geister können dies tun, und ein solcher Geist ist eine Gabe und daher ein Privileg und kein Verdienst. Das Verdienst liegt im richtigen Gebrauch dieses Geistes ... Jedenfalls passiert es auch mir, dass ich nicht schlafen kann, weil mich ein Problem quält, das mit der Funktionsweise irgendeines Mechanismus im Universum zusammenhängt.

Und wie wurde man mit der Quadratwurzel aus zwei oder mit der Zahl π fertig?

Ha! Erst 1872 erklärte der deutsche Mathematiker Richard Dedekind, was irrationale Zahlen sind, d.h., wie es in der Mathematik üblich ist, gab er ihre strenge Definition an. Darf ich dich mit dieser strengen Definition verschonen?

Für den Augenblick gerne.

Zusammenfassend folgt aus ihr, dass diejenigen Recht hatten, die sich jahrhundertlang nicht um die verdächtige Natur der irrationalen Zahlen kümmerten – die Ingenieure, und in der Welt der Gelehrten diese Galileis, Cartesiusse, Newtons und wie sie alle hießen.

Und weißt du was? Wir haben es immer noch mit zwei Arten zu tun, Physik zu betreiben. Es gibt diejenigen, die der Meinung sind, dass man sich in der Physik nicht zu viele Gedanken über mathematische Exaktheit machen muss, besonders wenn man etwas Neues entdeckt. So eine Art militärische Strategie: Man greift schnell an und hofft, dass der Nachschub mithalten kann. Andere glauben, dass alles genau und streng definiert sein muss, dass mathematische Begriffe mit unsicherem Status, wie es $\sqrt{2}$ vor 1872 war, nicht verwendet werden dürfen. Interessant ist, dass dies eine typische ‚nationale‘ Einteilung ist: Die erste, pragmatische Haltung ist typisch für die Amerikaner,