

## **Glaube und Physik: Ein Interview mit Matthias Heidrich**

### **Herr Heidrich, stellen Glaube und Physik für Sie Gegensätze dar?**

Bei dieser Frage fällt mir zuallererst Galileo Galilei ein, der mit seinen Entdeckungen der Jupitermonde und der Venusphasen die Astronomie revolutioniert hat und so das geozentrische Weltbild zum Wanken brachte. Die katholische Kirche, die zu jener Zeit vollauf damit beschäftigt war, die Reformation zu bekämpfen, sah in diesem naturwissenschaftlichen Fortschritt, personifiziert durch Galileo Galilei, eine weitere Bedrohung ihrer Macht, ja ihrer gesamten Existenz und klagte den Wissenschaftler der Ketzerei an. Nur durch die Widerrufung seiner Beobachtungen und der Schlussfolgerungen, die er daraus gezogen hatte, entging er 1616 dem Scheiterhaufen.

Einige Zeit ging ins Land, bis 1992 Papst Johannes Paul II sein Bedauern ausdrückte über die Geschehnisse im Fall Galileo Galilei und dessen Ausgang. Bei der Rede, mit welcher der Papst die Rehabilitation des Wissenschaftlers einleitete, benutzte er den tief sinnigen Satz: „Glaube und Vernunft können niemals im Widerspruch zueinanderstehen.“

Interessanterweise ist dieser Satz eigentlich ein Zitat der Gedanken und Worte Galileo Galileis, die man sinngemäss so wiedergeben könnte: „Gott hat uns die Vernunft gegeben, um uns verstehen zu lassen, und er hat uns Augen gegeben, damit wir sehen können. Nun schaut durch mein Fernrohr und seht die Monde des Jupiter und die Phasen der Venus und versteht, was das bedeutet: Dass nicht jeder Himmelskörper sich um die Erde dreht und dass sich die Planeten und die Erde um die Sonne drehen.“ Gott hatte nach Galileis Überzeugung den Menschen geschaffen mit seinem Verstand und seinen Möglichkeiten der Erkenntnis, und wenn dieser Mensch nun erkennt und versteht, dass die Erde sich um die Sonne dreht und nicht anders herum, dann kann das nicht im Gegensatz zu seinem Glauben an Gott stehen.

Nun sollten wir an dieser Stelle nicht gehässig von einem Plagiat des Papstes reden, sondern davon, dass heute, fast 400 Jahre nach dem Urteil der Inquisition über Galileo Galilei, Einigkeit in diesem einen Punkt zu herrschen scheint: „Glaube und Vernunft können niemals im Widerspruch zueinanderstehen.“

### **Also stellen Glaube und Physik für Sie keine Gegensätze dar?**

Wollte ich es mir einfach machen, würde ich nun einfach diesen Satz zitieren: „Glaube und Vernunft können niemals im Widerspruch zueinanderstehen.“ Weil dem nicht so schnell jemand widersprechen wird, wäre ich damit fertig.

Nun will ich mir an dieser Stelle aber doch ein paar tiefere Gedanken machen zu dieser Aussage. Was Vernunft ist, darüber lässt sich wohl kaum diskutieren, wenn mir auch offen gesagt momentan keine rechte Definition dafür einfällt. Was allerdings mit Glaube gemeint ist, erscheint mir ein weites Feld. Nehmen wir allein den christlichen Glauben, dann gibt es offenbar die grossen christlichen Religionen katholisch, protestantisch und orthodox und

vermutlich Hunderte kleinerer Glaubensgemeinschaften, die etwas mit Jesus Christus zu tun haben. Dann gibt es die Juden, die Moslems, die Hindus, die Buddhisten, es gibt Naturreligionen - vermutlich gibt es tausende Religionen. Ich kann nicht behaupten, dass es keine Religion gäbe, die der Vernunft widersprechen würde. Bei den Inkas und Mayas wurden Menschenopfer gebracht. Kein „zivilisierter Mitteleuropäer“ wird Menschenopfer vernünftig finden. Die Priester dieser Religionen aber werden vielleicht so argumentiert haben: Der Sonnengott hat uns diese Dürre geschickt, weil es ihm nach Menschenblut düstet. Tausende werden verhungern, wenn wir nicht ein paar Dutzend Menschen qualvoll und blutig dem Sonnengott opfern, um ihn milde zu stimmen. So gesehen, haben Menschenopfer durchaus ihre Logik. Heute aber sehen wir einen Widerspruch zwischen dem Glauben an den Sinn von Menschenopfern und unserem Verstand.

Vielleicht fangen die Widersprüche und Konflikte dort an, wo sich der Wissenschaftler oder der Religionsvertreter „zu weit aus dem Fenster lehnt“, wo er sich anmasst, Aussagen oder Schlussfolgerungen für das jeweils andere Wissensgebiet zu machen. Nehmen wir als überrissene Beispiele den Wissenschaftler, der behauptet, in seinem Fernrohr Gott gesehen zu haben, oder nehmen wir den Priester, der aus seiner Glaubensschrift herausgelesen hat, dass das Internet Sünde ist.

### **Haben Sie auch ein konkretes Beispiel dafür?**

Ein reales und durchaus aktuelles Beispiel ist das Grabtuch von Turin, das ja 2000 Jahre alt sein sollte, nach wissenschaftlichen Messmethoden aber aus dem 13. Jahrhundert stammt. Den Christen interessiert nicht, was die Wissenschaft enthüllt; er glaubt daran, dass mit diesem Grabtuch der Leichnam seines Erlösers bedeckt war, weil er es eben glauben will.

Der Wissenschaftler könnte nun den Kopf schütteln und sagen: wir haben den Beweis, dass das nicht Jesu Grabtuch war; aber diese Christen sind blind vor lauter Glaube und können das nicht verstehen!

Der Christ aber könnte ebenfalls den Kopf schütteln und sagen: Mein Glaube sagt mir, dass dies das Grabtuch Jesu ist; aber diese Wissenschaftler sind blind vor lauter Verstand und können das nicht verstehen!

Offenbar kommen die zwei so nicht gut miteinander aus. Lassen sich nun aber beide – der Christ wie auch der Wissenschaftler – von der Devise leiten: „Glaube und Vernunft können niemals im Widerspruch zueinander stehen“, dann sehen ihre Gedankengänge stattdessen vielleicht folgendermassen aus:

Der Wissenschaftler sagt sich: Wir haben den Beweis, dass das nicht Jesu Grabtuch war, aber die Christen glauben trotzdem daran. Na sollen sie doch, denn was hat ihr Glaube mit meiner wissenschaftlichen Altersbestimmung zu tun.

Der Christ aber sagt sich: Mein Glaube sagt mir, dass dies das Grabtuch Jesu ist. Die Wissenschaftler haben herausgefunden, dass das Grabtuch aus dem 13. Jahrhundert stammt. Na was soll's? Was hat ihre Messung mit meinem Glauben zu tun.

Mir scheint, dieser Satz „Glaube und Wissenschaft können niemals im Widerspruch zueinanderstehen“ ist weder eine Glaubenswahrheit noch eine wissenschaftliche Erkenntnis noch ist er überhaupt eine wahre Aussage. Er kann aber als Leitgedanke verwendet werden für die Koexistenz von Glaube und Wissenschaft. Als solcher erscheint er mir ungeheuer wertvoll. Der Wissenschaftler wie der Gläubige, der danach lebt, wird seine Arbeit uneingeschränkt tun können, und er wird es vermeiden, in das Gebiet des jeweils anderen zu tief einzudringen. So können sich Wissenschaft und Glaube, jeder für sich, frei entfalten und entwickeln, ohne vom jeweils anderen eingeengt zu werden.

### **Wie stehen Sie persönlich zwischen Glaube und Physik?**

Ich selbst stamme aus einer katholischen Gegend, und ich bin katholisch erzogen worden. Jedenfalls war das die erklärte Absicht meiner Eltern. Und so musste ich denn als Kind sonntagsmorgens in die Kirche und eine Stunde still sitzen; dabei beten, Kirchenlieder singen und ansonsten den Mund halten. Vor dem Essen musste ich ein Gebet sprechen, und abends vor dem zu Bett gehen noch ein letztes. Ich musste beichten und an Ostern zweimal und an Weihnachten dreimal in die Kirche. Obwohl meine Eltern es sicher gut mit mir meinten, habe ich den Weg zu Gott so nicht gefunden. Zu fremd war mir dieser Jesus mit seinen seltsamen Jüngern, zu suspekt seine Wunderheilungen, und dann sein Tod am Kreuz, der mir niemals real vorkam und mit dem er „die Sünden der Welt auf sich genommen“ haben sollte. Wenn mir wenigstens mal jemand klar gesagt hätte, ob Jesus jetzt Gott ist oder nicht, und wenn ja: wieso man sich dann anscheinend kein Bildnis von Gott machen darf, wo doch Jesus anscheinend der mit dem Heiligenschein ist.

Als ich so um die 18 war, habe ich mir im Zusammenhang mit dem katholischen Religionsunterricht, den ich während meines Abiturs genießen durfte, sehr ernsthaft Gedanken um Gott gemacht. Ich hatte damals so Gedanken wie: Wenn doch so viele Menschen an Gott glauben: Muss es ihn da nicht geben? Bin ich so blind, dass ich ihn nicht sehe? Oder sind die anderen so dumm, etwas zu sehen, das es nicht gibt? Oder gehen die einfach nur in die Kirche, weil „man das tut“, und machen sich gar keine Gedanken um Gott? Und ich habe mich an die Sachen erinnert, die man mir in meiner Kindheit eingebläut hatte: wer lieb ist und brav und an Gott glaubt und betet und immer in die Kirche geht, der kommt in den Himmel. Wer aber böse ist, nicht an Gott glaubt, nicht betet und nicht in die Kirche geht, der kommt in die Hölle. Und so erschien mir die Gottesfrage auf einmal fundamental wichtig.

Ich weiss nicht mehr, was ich damals alles gemacht habe, um Gott zu finden. Aber ich weiss ganz sicher, dass ich keine Spur von ihm entdecken konnte. Und ich habe mir damals irgendwann gesagt: Das war's. Ich habe ihn gesucht, und ich habe ihn nicht gefunden. Ich glaube nicht an Gott.

Als ich dann viele Jahre später ans CERN ging und mein erstes (zu versteuerndes) Geld verdiente, hat mich meine erste Gehaltsabrechnung an mein Christentum erinnert: Ich musste nämlich Kirchensteuer bezahlen. Umgehend bin ich - zum Entsetzen meiner Mutter - aus der Kirche ausgetreten.

Seit ich 18 war, bin ich also Atheist. Das heisst aber nicht, dass ich felsenfest davon überzeugt wäre, dass es keinen Gott – in welcher Form auch immer – geben könnte. Für mich heisst es einfach, dass ich ihn nicht finden kann. Meinen Atheismus verstehe ich am ehesten als die Suche nach Gott.

### **Sie suchen also auch heute noch nach Gott?**

Ja.

Manchmal mache ich die Augen zu und stelle mir das Universum vor: fürchterlich gross, fürchterlich kalt und fürchterlich dunkel. Und dann stelle ich mir unsere warme, helle Sonne darin vor mit diesem winzigen Planeten Erde und den vielen Milliarden Menschen. Und mit ein bisschen Glück schaffe ich es dann, dass mir so richtig tief bewusst wird, was für ein ungeheures Wunder unsere Existenz ist. Und in dem Augenblick, da weiss ich auf einmal, dass das alles eine Erklärung braucht, die die Wissenschaft niemals liefern kann.

Aber dann ist dieser Gedanke auch schon wieder weg.

Die Vorstellung von Gott ist ja auch die, dass er das Universum, also "alles" erschaffen hat. Also versuche ich mir manchmal vorzustellen, wie es wäre, wenn das alles nicht da wäre: ich schliesse wiederum die Augen und stelle mir das Universum vor mit all den vielen Sachen darin wie zum Beispiel den  $10^{22}$  Sternen. Und dann stelle ich mir vor, dass all diese schönen Sachen auf einmal weg sind, und das Universum wäre leer. Als Physiker weiss ich aber, dass Materie und Raum zueinander gehören: es gibt keinen Raum ohne Materie und keine Materie ohne Raum. Also versuche ich, mir auch noch den Raum wegzudenken. Und wenn ich dann merke, wie unmöglich ich mir das vorstellen kann, dann schaudert es mich. Wir können uns nicht vorstellen, dass es nichts gäbe, weil wir daran gewöhnt sind, dass es etwas gibt. Wir haben aber keine Erklärung dafür, dass es das alles gibt. Schreit das nicht nach einem Schöpfer?

Aber auch dieser Gedanke ist schnell wieder verschwunden.

Meiner Schwieger-Grossmutter (aus dem katholischen Vorarlberg) war es nie so recht, dass meine Frau und ich nicht kirchlich geheiratet haben. Einmal hat sie mir davon erzählt, dass sie immer in grosser Sorge um ihren neun Kinder war, vor allem, wenn diese irgendwo hin gegangen waren, sei es in die Schule, sei es zum Einkaufen, sei es zum Spielen. Sie habe dann zuhause gesessen und sei umgekommen vor Angst, einem der Kleinen könnte etwas zustossen. Aber dann, irgendwann, da habe sie begonnen, jeden Abend Gott zu danken, dass er die Kinder heute alle heil nach Hause gebracht hatte, und sie hat ihn gebeten, am nächsten Tag auch wieder auf sie aufzupassen. Und als sie gemerkt hat, dass das funktioniert, da hat sie aufgehört, sich Sorgen zu machen.

Leider funktionieren diese Tricks bei mir nicht.

**Gibt es auf dem Gebiet der Quantenphysik neue Erkenntnisse, die besonders relevant für die Zusammenhänge zwischen Glaube und Physik sein könnten?**

Die Quantenphysik, deren Grundlagen zwischen 1900 und 1925 gelegt wurden, hatte von ihrer Geburtsstunde an etwas Gespenstisches an sich, liessen sich doch die experimentellen Ergebnisse mit der menschlichen Vorstellungskraft nicht in Einklang bringen. Die letzten 100 Jahre haben bekanntlich eine wissenschaftliche und technische Revolution mit sich gebracht, wie sie kein Zeitalter zuvor gesehen hat. Und dennoch hat sich an der grundlegenden Problematik der Quantenmechanik nichts geändert: man hat eine mathematische Beschreibung für den Mikrokosmos, die mit den Experimenten hervorragend in Einklang ist, aber die Geschehnisse tief im Inneren jeglicher Materie entziehen sich nach wie vor der menschlichen Vorstellungskraft. Manche Phänomene wie der Tunneleffekt oder die Verschränkung von Elementarteilchen erscheinen so absurd, dass sie sich, obwohl sie mathematisch „einfach“ erfassbar sind, der Vernunft und dem Verstand zu entziehen scheinen. In dieser Hinsicht haben wir also in den letzten 100 Jahren nichts dazu gelernt.

Die Physiker haben – so sehe ich es – verstehen oder einsehen müssen, dass der Mensch nicht dafür geschaffen ist, den Mikrokosmos zu verstehen. Der Mensch ist auf der Oberfläche der Erde entstanden in einer Milliarden Jahre dauernden Evolution, in der er sich im harten Überlebenskampf in seinen Lebensraum eingepasst hat. Das, womit der Steinzeitmensch und seine Vorfahren es zu tun hatten, waren weder der Makrokosmos noch der Mikrokosmos, sondern es waren Dinge in der Grössenordnung zwischen vielleicht einem zehntel Millimeter und 100 Kilometern, also dem, was man mit dem blossen Auge noch erkennen kann, und der Entfernung, die man in ein paar Tagen zurücklegen kann. In den, sagen wir 5000 Jahren, die seit der Steinzeit vergangen sind, hat der Mensch zwar viel dazu gelernt, aber an den Grundlagen seines Denkens und seines Vorstellungsvermögens hat sich nichts verändert. Wir müssen uns nicht wundern, dass wir die Quantenmechanik nicht verstehen, denn im Mesokosmos sind wir ihr in den Millionen Jahren der Evolution nie begegnet.

Die Quantenmechanik ist das Gebiet der Physik, bei dem der Mensch bei seiner Erkenntnissuche auf eine fundamentale Grenze trifft.

**Wo sehen Sie Gegenstände der christlichen Auslegung, die sich nicht mit einer naturwissenschaftlichen Weltanschauung vereinbaren lassen?**

In der Bibel und im Zusammenhang mit Heiligsprechungen ist ja viel von Wundern die Rede. Was aber ist ein Wunder? Ein Wunder ist doch ein Geschehnis, das so eigentlich nicht hat ablaufen können.

Hat nicht einer der Apostel davon berichtet, dass Jesus den Lazarus (so hiess er wohl), der schon drei Tage tot war, zum Leben erweckt hat? Naja, vielleicht war er gar nicht richtig tot, sondern nur irgendwie scheinot, könnte man sagen.

Aber ist Moses nicht über Wasser gelaufen? Naja, vielleicht hat der Geschichtsschreiber übertrieben, und der Sumpf war nur für eine kurze Zeit ausgetrocknet, könnte man sagen.

Ob wir sagen, diese Wunder lassen sich naturwissenschaftlich erklären, das hängt mit unserem Wohlwollen ab, die jeweilige Situation zu interpretieren. Der Geschichtsschreiber, der gerne einmal wieder von einem Wunder berichten will, wird aus einer Sensation vielleicht ein Wunder gemacht haben. Papyrus ist geduldig.

Sicher aber gibt es Christen, die gerne an Wunder glauben. An echte Wunder. An Wunder in dem Sinne, dass sie nun wirklich in krassen Widerspruch zu den Naturwissenschaften stehen. Jesu Auferstehung zum Beispiel.

### **Wie beurteilen Sie die Aussage "Wer Christ sein will, steche seiner Vernunft die Augen aus?"**

Es gibt Menschen, die denken, man brauche ja nicht mehr an Gott zu glauben, weil die Wissenschaft inzwischen alles erklärt. Die meisten Menschen wissen überhaupt nicht, wie irrsinnig wenig die Wissenschaft überhaupt erklären kann.

Natürlich hat es in den letzten 100 Jahren einen gewaltigen Schub in unserem Verständnis der Natur gegeben, und auch die technologischen Fortschritte sind gewaltig.

Wir wissen von Atomen, aus denen Moleküle entstehen, und wir wissen, dass diese Moleküle Zellen bilden. Und diese Zellen, das wissen wir auch, bilden die Lebewesen. Aber ist damit erklärt, wie der Mensch zu Stande kommt?

Leider ist mit diesen Beobachtungen alleine, dass aus Atomen Moleküle, aus Molekülen Zellen und das aus Zellen höhere Lebewesen werden, noch gar nichts erklärt. Kein Mensch weiss, ob es in den Atomen bereits „drin steckt“, dass sie sich zu immer höheren Strukturen zusammenfügen sollen, bis irgendwann ein Mensch entstanden ist.

Und beim Menschen hört es ja nicht auf: es entstehen Gesellschaften, Gemeinden, Staaten, Staatenverbände, Verkehrsnetze, Stromnetze, Kommunikationsnetze, und wir alle wurden Zeugen der Entstehung des Internet.

Wir sehen überall in der Natur dieses Phänomen, das sich „ganz von selbst“ höhere Strukturen bilden, aber keiner weiss, wieso das so ist.

Aber gerade das ist es doch, was der Mensch sich fragt: Ist es Zufall, dass es mich gibt, oder ist unsere Existenz eine notwendige Konsequenz der Naturgesetze? Und wenn es Zufall ist bzw. nach Zufall aussieht: Hat da etwas „von aussen“ mitgemischt? Eine höhere Macht? Und wenn unsere Existenz zwangsläufig den Naturgesetzen zu verdanken ist: haben wir diese Naturgesetze einer höheren Macht zu verdanken?

Ein Christ muss sich die Augen nicht zuhalten vor dem, was die Wissenschaft herausfindet. Die Wissenschaft ist weit davon entfernt, die Frage unserer Existenz zu beantworten.

### **Inwiefern darf sich die Theologie als Wissenschaft bezeichnen?**

Ich bin leider nur Naturwissenschaftler und noch genauer nur Physiker und gar nicht Theologe. Inwieweit Theologie eine Wissenschaft ist oder nicht, wage ich nicht zu beurteilen.

Wenn ich allerdings hin und wieder einen Text von unserem Papst Ratzinger lese, dann denke ich mir bewundernd: Ach Du lieber Gott, was hat der nur alles gelesen, was verknüpft der nur alles so elegant miteinander: was für ein tiefgründiges Denken ist diesen Menschen zu Eigen.

In so einem Augenblick kommt mir Theologie durchaus wissenschaftlich vor; jedoch wird sich ihre Arbeitsweise grundlegend von jener der Naturwissenschaftler unterscheiden.

Physik zum Beispiel entwickelt sich hauptsächlich weiter durch ein Wechselspiel von Experiment und Theorie. Ein Experiment hat einen Ausgang, der einer theoretischen Erklärung bedarf. Eine Theorie, die diesen Ausgang beschreibt, sagt weitere Phänomene voraus, die wiederum durch ein Experiment untersucht werden. Und nun wiederholt sich das ganze. So funktioniert wissenschaftliches Arbeiten in der Physik. Dazu gehören die Reproduzierbarkeit von Beobachtungen und das wiederholte Verifizieren von Gesetzmässigkeiten. Das soll heissen, dass eine Gesetzmässigkeit nur dann als wahr anerkannt wird, wenn man sich wieder und wieder (experimentell) davon überzeugen kann, dass sie richtig ist.

So arbeitet Theologie vermutlich nicht.

### **In wie weit kann die Naturwissenschaft von "wissen" sprechen?**

Dass Physiker trotz der oben erklärten experimentell-theoretischen Vorgehensweise irgendetwas wissen im Sinne von „sicher wissen“, wage ich sehr stark zu bezweifeln. Schon der griechische Philosoph Xenophanes, der um 500 v. Chr. lebte, sagte: „Sichere Wahrheit erkannte kein Mensch kann keiner erkennen über die Menschen und alle die Dinge, von denen ich spreche. Und sollte einer einst vollkommenste Wahrheit verkünden: Wissen könnte er das nicht; es ist alles durchwebt von Vermutung.“ Und er sagte ebenso: „Nicht von Anfang an haben die Götter den Sterblichen alles Verborgene gezeigt, sondern allmählich finden sie suchend das Bessere.“ Im zweiten Zitat beschreibt Xenophanes in einfachen Worten, wohin das Suchen der Physiker führt, nämlich zum Besseren: zur besseren Theorie, zum besseren Verständnis, zu tieferer Erkenntnis - aber zur Wahrheit? Im ersten Zitat streitet er genau das ab und erklärt, dass der Mensch Wahrheit niemals sicher erkennen kann. Zwar mag es sein, dass man einmal zum wahren Verständnis eines Phänomens gekommen ist, aber dessen kann man sich niemals sicher sein.

In der Physik gibt es viele Beispiele dafür. Nehmen wir nur die Bestimmung der verschiedenen Naturkonstanten wie zum Beispiel der Gravitationskonstante  $G$  oder des Planck'schen Wirkungsquantums  $h$ . Diese Konstanten besitzen in der Physik eine

fundamentale Bedeutung, und es ist immens wichtig, sie möglichst genau experimentell zu bestimmen. Seit diese Konstanten bekannt sind (das sind rund 200 Jahre für  $G$  und 100 Jahre für  $h$ ), werden wieder und wieder Experimente durchgeführt, die immer genauere Messwerte für diese Konstanten liefern sollen. Dabei liefern zwei verschiedene Experimente erfahrungsgemäss niemals genau dieselben Werte für eine Naturkonstante, denn es gibt Messungenauigkeiten. Die Experimentalphysiker wissen, dass ihre Experimente fehlerbehaftet sind, und so geben Sie zu dem Messwert, den das Experiment liefert, die Genauigkeit dieses Wertes an, den sie aus dem experimentellen Aufbau bestimmt haben, z. B.  $x=3.465\text{m}\pm 0.003\text{m}$ . Weitere Experimente werden sinnvollerweise immer erst dann gemacht, wenn ein experimenteller Aufbau zur Verfügung steht, der die Messgenauigkeit vergrössert. Üblicherweise liegen neu gewonnene Messwerte innerhalb der "Fehlerbalken" vorheriger Messungen, zum Beispiel  $x=3.4624\text{m}\pm 0.0007\text{m}$ . Beide Werte sind miteinander vereinbar, der neuere Wert ist aber genauer. Mathematisch gesprochen konvergieren im Laufe der Zeit die Messfehler gegen null, während der Messwert gegen den "wahren Wert" konvergiert.

Dass Physiker immer Messfehler angeben, ist ihr Eingeständnis, dass, selbst wenn sie den wahren Wert einer Grösse gemessen hätten, sie das gar nicht wüssten.

### **Dann weiss man also auch gar nicht, ob es Atome gibt?**

Ich will nicht in Frage stellen, dass es Atome gibt, aber was diese Atome genau sind, das weiss niemand.

Wenn wir uns ein Bild von den Atomen machen wollen, dann bedienen wir uns eines Atommodells. Das Arbeiten mit Modellen ist eine grundlegende Vorgehensweise der Physiker. Modelle sind Anschauungen; sie sind unser Versuch, uns ein Bild zu machen von den Vorgängen in der Natur.

Im Laufe der Zeit kam es zu sehr unterschiedlichen Atommodellen: Wer als erster den Gedanken hatte, alles könnte aus kleinsten unteilbaren Bausteinen bestehen, das weiss wohl niemand. Im alten Griechenland gab es die Atomisten, die erklärten, dass zum Beispiel ein Baum aus winzig kleinen Bäumchen besteht und eine Blume aus winzig kleinen Blümchen, ein Tempel aus winzig kleinen Tempelchen und ein Schwert aus winzig kleinen Schwertchen. Demokrit kam um 400 v. Chr. auf die Idee, dass die Atome, aus denen alles aufgebaut sei, die Form der fünf regulären Polyeder haben. 50 Jahre später lehrte Aristoteles, dass alles auf der Erde aus den vier Elementen Feuer, Wasser, Erde und Luft bestehe. Grössere Fortschritte in der Vorstellung vom atomaren Aufbau der Materie gab es erst um 1800 mit John Dalton (Atome sind feste, unteilbare und unzerstörbare kleinste Teilchen). Richtig weiter ging es dann erst wieder um 1900 mit J. J. Thomsons Puddingmodell, auch Erdbeermodell genannt (Atome enthalten Elektronen, sind also teilbar und aufgebaut). 1909 kam Rutherford mit Atomen, die einen Kern und eine Hülle haben. Niels Bohr stellte dann 1913 sein Bohrsches „Planetenmodell“ vor. 1920 entwickelten dann De Broglie und Schrödinger das quantenmechanische Atommodell.



Zumindest seit Daltons Atommodell ist es so, dass neuere Modelle besser sind als die Vorgängermodelle in dem Sinn, dass sie mehr Phänomene als die Vorgängermodelle erklären können oder dass Widersprüche, die ältere Modelle in sich getragen haben, nicht mehr aufweisen. Wie Xenophanes schon sagte: "Nicht von Anfang an haben die Götter den Sterblichen alles Verborgene gezeigt, sondern allmählich finden sie suchend das Bessere."

Es ist bemerkenswert, dass das quantenmechanische Atommodell, das bald seinen 100. Geburtstag feiern wird, noch nicht durch ein verbessertes Modell abgelöst worden ist. Bedeutet dies, dass dieses Modell die Realität widerspiegelt?

Die Chemiker benutzen dieses Modell, um chemische Bindungen vorherzusagen oder sie zu erklären; sie verwenden es, um Bindungsenergien, Ionisationsenergien oder Elektronegativitäten zu berechnen.

Die Physiker benutzen es zum Beispiel, um die Spektren von Atomen, Molekülen und Festkörpern bis in die kleinsten Details zu analysieren.

Die Übereinstimmung zwischen den Vorhersagen für messbare Grössen, die das quantenmechanische Atommodell liefert, und den experimentellen Resultaten ist seit fast 100 Jahren so beeindruckend, dass in dieser Hinsicht kein Bedarf für ein neues Atommodell besteht. Und doch kann man sich überhaupt nicht sicher sein, dass diese heutige Vorstellung von den Atomen der Realität, also der Wahrheit entspricht: Wie Xenophanes schon sagte: „Und sollte einer einst vollkommenste Wahrheit verkünden: Wissen könnte er das nicht; es ist alles durchweht von Vermutung.“

### **Wie stellen Sie sich den Auslöser zum Urknall vor? Zufall oder etwas anderes?**

Versuchen wir es zunächst einmal wissenschaftlich: Die Vorstellung vom Urknall ist ja die, dass das ganze Universum, insbesondere seine ganze Masse und damit seine gesamte Energie einmal in einem winzigen Punkt vereinigt gewesen ist. Man kann den Vorgang der Expansion des Universums nach dem Urknall mit den theoretischen und experimentellen Methoden der Physik recht gut und recht weit zurückverfolgen, allerdings gibt es eine fundamentale Grenze: Wir können mit den heute zur Verfügung stehenden Theorien die Expansion des Universums nur zurückverfolgen bis ca.  $10^{-44}$  s (die Planck-Zeit) nach dem Urknall, als das Universum ca.  $10^{-35}$  m (die Planck-Länge) gross war. Bei dem Versuch, etwas zu beschreiben, das weniger lange dauert als die Planck-Zeit oder weniger gross ist als die Planck-Länge, versagen die Naturgesetze, die wir heute kennen. Dies liegt letztlich daran, dass es noch keinem gelungen ist, die Quantenmechanik mit der allgemeinen Relativitätstheorie in Einklang zu bringen. Was dabei herauskäme, wäre die so genannte Theorie der Quantengravitation. Eine solche liegt aber noch in weiter Ferne.

Nun aber zurück zu Ihrer Frage: was war der Auslöser des Urknalls? Wie gesagt, wissen wir nicht einmal, was kurz nach dem Urknall geschah. Daher wissen wir auch nicht, was beim Urknall selbst geschah oder was davor geschehen ist.

Die Theorie, die uns dennoch eine Vorstellung liefert über die Zeit vor dem Urknall und den Raum ausserhalb des Universums, ist die so genannte Stringtheorie. Ihr zufolge sind die Elementarteilchen winzige Fäden aus Energie, die schwingen. Beim Versuch, diese Vorstellung mit der Relativitätstheorie in theoretischen Einklang zu bringen, stiess man bei Berechnungen nebenher auf Strings, die unendlich ausgedehnt sind und gleich mehrere Dimensionen einnehmen. Ein solcher dreidimensionaler, unendlich ausgedehnter String könnte zum Beispiel unser Universum sein. Weitere Rechnungen zeigen, dass, wenn zwei höherdimensionale (z. B. 6- oder 7-dimensionale) Strings, so genannte „Branen“, zusammenstossen, sich am Kollisionspunkt ein dreidimensionales, zunächst punktförmiges Objekt bilden kann, das sich dann im Laufe der Zeit unendlich weit ausdehnt. Ein solcher Zusammenstoss könnte also den Urknall unseres Universums bedeutet haben.

Auf Ihre Frage: „Ist Zufall, oder ist etwas anderes der Auslöser für den Urknall gewesen?“ könnte ich jetzt freche Antworten: „Es war der Zusammenstoss zweier Branen“. Das will ich aber nicht. Denn dem, was Theoretiker ersinnen, sind keine Grenzen gesetzt, und im Fall der Stringtheorie gibt es erst sehr wenige Möglichkeiten, die Vorhersagen experimentell zu überprüfen. Die Stringtheorie ist sehr viel versprechend, jedoch steht sie erst ganz an ihrem Anfang.

Und selbst wenn es der Zusammenstoss zweier Branen gewesen sein sollte: Sie wären mit dieser Antwort nicht zufrieden, denn ich glaube, was sie eigentlich fragen wollten, ist: was stand am Anfang von allem Existierenden?

Und hierauf habe ich keine Antwort.

### **Vielen Dank für dieses Interview.**

Der Dank ist ganz auf meiner Seite, denn sie haben mir die Gelegenheit gegeben, einmal gründlich über diese wichtigen Dinge und ihre Zusammenhänge nachzudenken.