

Institut für Glaube und Wissenschaft
Stresemannstraße 22
35037 Marburg
www.iguw.de
info@iguw.de

institut für glaube 
und wissenschaft

Zehn Fragen zum Wesen der Naturgesetze

Prof. Dr. Barbara Drossel

Barbara Drossel ist Professorin für theoretische Physik an der Technischen Universität Darmstadt; der Beitrag erschien zuerst in: „Evangelium und Wissenschaft“ (Zeitschrift der Karl-Heim-Gesellschaft), 37. Jg., 2016, S. 3–17.

Einleitung

Was sind und warum gelten Naturgesetze? Dies war der Titel einer Tagung von Wissenschaftsphilosophen und Naturwissenschaftlern, die im Jahr 1999 in Bielefeld stattfand. Mit großem Interesse verbrachte ich letztes Jahr einige Nachmittage in der Bibliothek meiner Universität, um den Tagungsband, der alle Beiträge dieser Tagung in schriftlicher Form enthält, durchzulesen. Einige Autoren schreiben explizit, dass es bisher keine zufriedenstellende Antwort auf diese Frage gibt. Neben vielen anregenden Gedanken stieß ich in einer Reihe von Beiträgen auf naturalistische weltanschauliche Grundannahmen, die weder reflektiert noch begründet, sondern anscheinend als selbstverständlich vorausgesetzt werden. So findet man in dem historischen Beitrag von Michael Hampe die Aussage, dass „der göttliche Gesetzgeber und sein Wille für die heutige Naturwissenschaft keine Option darstellt“, denn „die gesetzmäßige Natur“ sei nach heutigem Verständnis die „allumfassende Totalität dessen, was es gibt“. Im Gegensatz hierzu zeigt der Artikel von Owen Gingerich in diesem Heft sehr schön, dass der Glaube an Gott eine auch heute noch sehr befriedigende Erklärung dafür ist, dass die Natur rational verständlich ist und durch mathematische Gesetze beschrieben werden kann. Die Naturgesetze sind kontingent, d. h. man kann sie nicht durch reines Nachdenken erkennen, sondern man muss die Natur erforschen, um sie herauszufinden. Dies stellt ein Rätsel dar für diejenigen Philosophen und Naturwissenschaftler, die anerkennen, dass hinter der Gesetzmäßigkeit der Natur eine Notwendigkeit, etwas Zwingendes steht. Denn wie kann ein Gesetz gleichzeitig kontingent sein und notwendig gelten? Der Grund für den zwingenden Aspekt der Naturgesetze wurde bisher vergeblich in innerweltlichen Erklärungen gesucht, die sich z. B. auf logische Notwendigkeiten oder auf das anthropische Prinzip beziehen (wenn die Gesetze anders wären, gäbe es kein Leben und niemanden, der die Gesetze erkennen kann). Dagegen ist es aus Sicht theistischer Denker natürlich, kontingente Gesetze als Ergebnis einer willentlichen Entscheidung zu verstehen. Einige Philosophen, z. B. David Hume und John Ayer, umgehen das Problem, die Gesetzmäßigkeit der Natur zu erklären, dadurch, dass sie die Existenz von Gesetzen leugnen und die von uns formulierten Gesetze als nichts weiter als beobachtete Regelmäßigkeiten betrachten. Paradoxerweise behaupten gerade diese beiden Philosophen, dass die Natur diese Regelmäßigkeiten lückenlos und universell zeigt, und dass es keine Wunder geben könne ...

Wie diese wenigen Beispiele zeigen, gibt es viele Fragen, die sich um das Wesen der Naturgesetze ranken. Die Gefahr, sie misszuverstehen und zu missbrauchen, ist groß. Sie werden auf der einen Seite hochstilisiert zur letzten Wahrheit

über die Natur, mit der man, wenn man sie in Zukunft vollständig erkannt hat, im Prinzip die ganze Welt beschreiben kann. Im anderen Extremfall werden sie als rein menschliches Konstrukt betrachtet, das immer wieder über den Haufen geworfen und neu konzipiert wird.

In diesem Artikel möchte ich zehn wichtige Fragen über das Wesen der Naturgesetze aufgreifen, die mir immer wieder und in verschiedener Form in den Diskussionen nach meinen Vorträgen über Glaube und Wissenschaft begegnet sind. Meine Auffassungen und Antworten sind geprägt durch den jahrelangen Austausch mit Kollegen, die viel über das Verhältnis zwischen dem Glauben an Gott und der Naturwissenschaft nachgedacht haben. Ich hoffe, dass dieser Artikel dazu beiträgt, einige weit verbreitete Missverständnisse über die Naturgesetze aus dem Weg zu räumen.

1. Kann man Naturgesetze beweisen?

Naturgesetze lassen sich nicht beweisen. Beweise gibt es in der Mathematik. Dort beginnt man mit einem Satz von Grundannahmen („Axiomen“) und leitet daraus mit logischer Deduktion Folgerungen ab, sogenannte „Sätze“. Ihre Herleitung aus den Grundannahmen sind „Beweise“. Die Naturwissenschaften dagegen sind „induktiv“: Aus Beobachtungen und Experimenten, verbunden mit einer großen Portion Intuition, Grundannahmen und Hypothesen wird schließlich ein Gesetz formuliert, dessen Tragfähigkeit in der Folge überprüft wird und dessen Formulierung dann ggf. verfeinert oder angepasst wird. Die gemachten Beobachtungen zwingen die Forscher nie mit logischer Unausweichlichkeit zu diesem Gesetz. Ein Gesetz ist eine Allaussage, z. B. „alle massiven Objekte ziehen einander mit einer Gravitationskraft an, die mit dem Quadrat des Abstands abfällt“. Die Beobachtung erfasst aber immer nur eine begrenzte Zahl von Beispielen. Eine Allaussage lässt sich daher grundsätzlich nicht beweisen. Dazu kommt, dass es immer auch andere Erklärungsmöglichkeiten für die gemachten Beobachtungen gibt. Man kann zum Beispiel postulieren, dass nur diejenigen Objekte, die wir beobachten, das durch das „Gesetz“ beschriebene Verhalten zeigen, oder dass die Vorgänge in unseren Messgeräten oder in dem Raum zwischen uns und dem beobachteten Objekt uns die Beobachtung nur vorgaukeln, oder dass eine Kette von Zufällen oder besonderen Umständen für die gemachte Beobachtungsserie verantwortlich ist. Da Beobachtungen immer in einem größeren Kontext stehen, kann man auch diesen Kontext für die Erklärung der Beobachtung heranziehen. Doch Naturwissenschaftler sind sehr kreativ darin, denkbare alternative Erklärungen zu überprüfen. Wenn ein Gesetz sich schließlich genü-

gend lange und in genügend vielen Situationen bewährt hat, wird es allgemein akzeptiert.

Auch wenn man Naturgesetze nicht beweisen kann, verwendet man trotzdem in der Physik mathematische Beweise und deduktive Herleitungen. Dabei geht es aber nicht darum, ein Naturgesetz aufzustellen, sondern die logischen Implikationen eines Naturgesetzes zu ermitteln. Dann ist es ganz ähnlich wie in der Mathematik: Man startet mit einem Axiom, also dem Naturgesetz bzw. einem Satz von Gesetzen. In der klassischen Mechanik sind dies die Newtonschen Gesetze, in der Elektrodynamik die Maxwell-Gleichungen etc. Dann leitet man verschiedene Konsequenzen aus diesen „Axiomen“ ab, z. B. die Schwingung eines Pendels oder die Abstrahlung elektromagnetischer Wellen von einer Sendeantenne. Typischerweise verbringen Studierende den größeren Teil ihres Physikstudiums damit, solche Herleitungen in den Vorlesungen nachzuvollziehen oder Übungsaufgaben zu lösen.

2. Was ist der Unterschied zwischen einem Naturgesetz und einer Theorie?

Naturgesetze und Theorien lassen sich nicht immer klar voneinander abgrenzen. Generell sind Gesetze einzelne Aussagen über die Natur, die oft mathematisch formuliert werden. Eine Theorie ist dagegen ein umfassenderes Gebäude, das einen größeren Bereich der Natur zusammenhängend beschreibt. Sie kann mehrere Gesetze umfassen. Wenn ich für die Darmstädter Studenten Vorlesungen über „Theoretische Physik“ halte, erkläre ich ihnen jeweils einige Wochen oder Monate lang ein solches Theoriegebäude: die Mechanik, die Elektrodynamik, die Thermodynamik, die Relativitätstheorie, die Quantenmechanik. Nehmen wir als Beispiel die Elektrodynamik, die auch als Maxwellsche Theorie bezeichnet wird. Sie basiert auf den vier Maxwell-Gleichungen. Diese umfassen mehrere Gesetze: Das Faradaysche Induktionsgesetz, das Coulomb-Gesetz (das besagt, dass das elektrische Feld mit dem Quadrat des Abstands von einer Ladung abfällt), das Amperesche Gesetz (das den Zusammenhang zwischen dem elektrischen Strom und dem von ihm erzeugten Magnetfeld angibt). Die Theorie der klassischen Mechanik umfasst u. a. die drei Newtonschen Gesetze und das Gravitationsgesetz. Die Theorie der Thermodynamik beinhaltet unter anderem das Gesetz der Energieerhaltung und das Gesetz der Entropiezunahme in isolierten Systemen, das auch als zweiter Hauptsatz der Thermodynamik oder als Entropiegesetz bezeichnet wird. Im Rahmen einer Theorie lassen sich oft weitere Gesetze herlei-

ten: Aus den Newtonschen Gesetzen kann man z. B. das Hebelgesetz, die Kepler'schen Gesetze, das Auftriebsgesetz und die Fallgesetze von Galilei herleiten. Von etwas anderer Natur als die bisher beschriebenen physikalischen Theorien ist die (ebenfalls zur Physik gehörende) Urknalltheorie. Auch sie stellt einen größeren Erklärungsrahmen für eine Vielfalt von Beobachtungen und Gesetzen dar. Im Gegensatz zu den anderen genannten Theorien befasst sie sich nicht mit den unveränderlichen Aspekten des Universums, sondern mit seiner Geschichtlichkeit. Sie ist eine Theorie über die Anfangszeit unseres Universums. Sie erklärt das Hubble-Gesetz, das besagt, dass die Rotverschiebung der Strahlung einer Galaxie proportional zu ihrer Entfernung von uns ist, was normalerweise so interpretiert wird, dass das Universum expandiert. Sie erklärt auch die kosmische Hintergrundstrahlung und das Massenverhältnis von Wasserstoff und Helium im Universum. Mit Hilfe der allgemeinen Relativitätstheorie, der Quantentheorie und der Thermodynamik werden verschiedene Aspekte des frühen Universums quantitativ mathematisch formuliert und durch eine genaue Analyse der sehr feinen Fluktuationen der kosmischen Hintergrundstrahlung überprüft. Während die Urknalltheorie im Prinzip allgemein anerkannt ist, gibt es allerdings auch einige spannende offene Fragen (wie z. B. die nach dem Wesen der dunklen Materie und der dunklen Energie), die in Zukunft gewiss zu einer Veränderung von einigen Aspekten der Theorie führen werden. Ähnlich verhält es sich mit der Evolutionstheorie. Sie befasst sich mit der Geschichtlichkeit und Veränderung der lebenden Natur. Sie bietet einen großen Erklärungsrahmen für eine Vielfalt von Beobachtungen und Gesetzmäßigkeiten, darunter die Verteilung der Fossilien auf die geologischen Schichten, die heutige Verteilung der Arten auf der Erde, die verblüffend großen Gemeinsamkeiten verschiedener Arten im Knochenbau und der molekularen Struktur (und das auch bei völlig verschiedener Funktion der Moleküle oder Körperteile), und die mit der verzweigten Struktur eines Baumes vergleichbare Gruppierung der Arten in Bezug auf ihre Körpermerkmale ebenso wie ihre genetischen Sequenzen. Ebenso wie die Urknalltheorie ist sie im Prinzip allgemein anerkannt. Im Detail enthält sie allerdings noch viele spannende offene Fragen, deren Beantwortung in Zukunft gewiss zu einer Veränderung der Theorie führen werden.

3. Sind Naturgesetze exakt?

Die Geschichte der Naturwissenschaft lehrt uns, dass die von uns formulierten Naturgesetze nur eine Annäherung an die Beschaffenheit der Natur sind und

nicht exakt gelten. Betrachten wir als Beispiel die klassische Mechanik, die unser ältestes physikalisches Theoriegebäude ist.

Als Johannes Kepler die nach ihm benannten Gesetze zur Beschreibung der Planetenbahnen aufschrieb, dachte man gewiss, dass er eine exakte mathematische Eigenschaft der Natur herausgefunden habe, die Gott in sie hineingelegt hat. Als dann Newton seine berühmten Gesetze und insbesondere das Gravitationsgesetz aufgestellt hatte, zeigte sich, dass die drei Keplerschen Gesetze nicht exakt stimmen, sondern nur Näherungen sind. Sie wären im Rahmen der Newtonschen Gesetze nur dann exakt, wenn die Masse der Sonne unendlich groß wäre und wenn der störende Einfluss der anderen Planeten auf die Bahn eines Planeten nicht vorhanden wäre. Als dann Einstein seine beiden Relativitätstheorien aufstellte, zeigte sich, dass in ihrem Lichte auch die Newtonschen Gesetze nicht exakt gelten, sondern nur Näherungen und Idealisierungen sind. Wir haben keinen Grund anzunehmen, dass irgendeine Theorie exakt gilt. Jede Theorie gilt unter bestimmten Annahmen oder bestimmten Umständen, wie z. B. für kleine Geschwindigkeiten oder große Abstände oder geringe Dichten oder niedrige Temperaturen, oder wenn bestimmte Einflüsse vernachlässigt werden. Es gibt zwar Wissenschaftler, die glauben, dass gewisse Theorien exakt sind oder durch zukünftige Veränderungen exakt gemacht werden können (z. B. in der Elementarteilchenphysik), doch die historische Erfahrung spricht gegen eine derartige Annahme.

4. Werden die heutigen Naturgesetze in Zukunft wieder verworfen werden?

Insbesondere aus kreationistischen Kreisen hört man immer wieder die Aussage, dass die heutigen Naturgesetze vielleicht morgen schon wieder verworfen werden, wie es in der Geschichte der Naturwissenschaften angeblich oft geschah. Doch die Wirklichkeit ist vielschichtiger. Ein Gesetz, das sich über lange Zeit bewährt hat, wird normalerweise nicht wieder völlig verworfen werden. Was in der Vergangenheit immer wieder verworfen wurde und auch in Zukunft bestimmt noch öfter verworfen wird, sind die Weltbilder und Ontologien, die man mit den Naturgesetzen verbindet. Nehmen wir als Beispiel wieder die Newtonsche Mechanik. Man leitete aus ihr die Vorstellung ab, dass es einen absoluten, leeren Raum gibt, in den man Objekte hineinsetzen kann und in dem sie sich bewegen. Man nahm ebenso an, dass es eine absolute Zeit gibt, die unabhängig von allen Beobachtern überall im Universum gleichförmig dahinfließt.

Außerdem folgerte man aus den deterministischen Eigenschaften der Newtonschen Gleichungen, dass die Welt deterministisch sei. Alle diese Vorstellungen brachen zusammen, als die Relativitätstheorien, die Chaostheorie und die Quantenmechanik aufkamen. Doch dies bedeutet nicht, dass die Newtonsche Mechanik verworfen wurde. Sie wird heute genauso wie früher verwendet, um die Neigung von Achterbahnen, die Stabilität von Brücken, die Flugbahnen von Geschossen oder die Frequenz von Pendeln zu berechnen. Man hat aber erkannt, dass die Newtonsche Mechanik einen beschränkten Gültigkeitsbereich hat. Wenn man möchte, kann man sie als Grenzfall in einer umfassenderen Theorie, der Relativitätstheorie, sehen. In der Praxis wird dies aber nicht relevant, solange die Geschwindigkeiten klein gegenüber der Lichtgeschwindigkeit sind und die Abstände klein verglichen mit astronomischen Abständen.

So ähnlich könnte es auch manchen unserer heutigen Theorien gehen. Vielleicht werden sie in Zukunft mal ein Teil einer umfassenderen Theorie, oder ein Grenzfall einer umfassenderen Theorie. Vielleicht wird einiges aus einer ganz anderen Perspektive gesehen werden oder in einem völlig anderen Licht erscheinen. Auch unsere Auffassungen über das Wesen von Raum und Zeit und Materie können sich weiterhin ändern. Doch all dies ändert nichts daran, dass unsere gegenwärtigen physikalischen Gesetze eine sehr gute mathematische Beschreibung vieler Phänomene liefern und für Berechnungen und Vorhersagen oder als Grundlage für ingenieurmäßige Entwicklungen verwendet werden können. Leider wird immer wieder der Fehler begangen, aus unserer mathematischen Beschreibung der Natur Aussagen über ihr innerstes Wesen abzuleiten. Ich habe oben schon erwähnt, dass man aus dem Determinismus der Newtonschen Gesetze einen Determinismus der Natur abgeleitet hat. Es gibt nicht wenige Wissenschaftler, die (trotz der Existenz von quantenmechanischem Zufall!) aus den deterministischen Gleichungen der Quantenphysik auch heute noch ein deterministisches Weltbild ableiten. Weil diese Gleichungen sich außerdem nicht ändern, wenn man die Richtung der Zeit umdreht, folgert man außerdem, dass die Natur im Grunde zeitsymmetrisch ist. Es wird folglich viel Zeit in den Versuch investiert, den (vermeintlich scheinbaren) Zufall auf unsere Unkenntnis der mikroskopischen Details eines Systems zurückzuführen, und die offensichtliche Gerichtetheit der Zeit auf besondere Anfangsbedingungen zu reduzieren.

Auch für viele weitere Grenzüberschreitungen wird die Quantenphysik gerne missbraucht, sei es, um den geistigen Urgrund der Welt aufzuzeigen oder um Bewusstsein oder gar Telepathie zu erklären – von so absurden Dingen wie Quantenheilung u. ä. ganz zu schweigen ...

5. Gibt es „fundamentale“ Gesetze, die alle anderen beinhalten?

In meinem Physikstudium wählte ich die Elementarteilchenphysik als Wahlpflichtfach, weil ich glaubte, dass sie die „fundamentale“ Physik ist. Sie befasst sich mit den kleinsten Bausteinen der Natur und mit den Wechselwirkungen zwischen diesen Teilchen. Nach unserem heutigen Wissensstand, dem „Standardmodell der Teilchenphysik“ sind die fundamentalen Materiebausteine Quarks, aus denen z. B. die Bausteine der Atomkerne, die Protonen und Neutronen, bestehen, und Leptonen, wie z. B. das Elektron. Zwischen den Teilchen gibt es drei Arten von Wechselwirkungen, deren Felder ebenfalls durch „Teilchen“ beschrieben werden. Das Teilchen, das die elektromagnetische Wechselwirkung vermittelt, ist das Photon, also das Lichtteilchen. Daneben gibt es noch die starke und schwache Wechselwirkung, die für die Kernkräfte und Kernzerfälle verantwortlich sind. Dieses „Standardmodell“ hat Vorhersagen gemacht, die später bestätigt wurden, wie z. B. die Existenz des Top-Quarks oder des Higgs-Bosons. Bisher hat man es nicht geschafft, die vierte Kraft, die Gravitation, in die Elementarteilchenphysik so einzubauen, dass man die dann resultierende Theorie experimentell überprüfen kann. Dennoch glauben viele Physiker, dass man eine solche Theorie, die dann alle Teilchen und alle Kräfte zwischen ihnen beschreibt, eines Tages finden wird. Eine solche Theorie würde beschreiben, wie sich alle Teilchen (genauer gesagt, ihre Wellenfunktionen) unter dem Einfluss aller vier fundamentalen Kräfte mit der Zeit bewegen. Man meint, dass damit dann alles beschrieben wäre, was in der Welt passiert. Nach dieser Auffassung muss man größere Objekte nur deshalb mit vermeintlich weniger fundamentalen Theorien beschreiben, da es in der Praxis unmöglich ist, die Bewegung aller Elementarteilchen zu berechnen.

Dies ist ein deterministisches, reduktionistisches Verständnis der Welt, gegen das viel einzuwenden ist. Erstens kann man daran zweifeln, dass es jemals gelingen wird, die Gravitation in die Teilchenphysik einzubauen, da sie von fundamental anderer Natur ist als die anderen Kräfte und vielleicht gar nicht quantenmechanisch beschrieben werden kann. Zweitens gibt es keinen Grund zu glauben, dass das Standardmodell der Teilchenphysik exakt ist. Wir haben ja weiter oben gute Argumente dafür gebracht, dass keine physikalische Theorie exakt ist. Wenn sie aber nicht exakt ist, wird sie bei der Beschreibung zu vieler Teilchen womöglich so ungenau, dass sie gar nicht mehr brauchbar ist. Drittens gibt es in der Quantenmechanik einen internen Widerspruch, das sogenannte

„Messproblem“: Wenn man z. B. den Ort eines Teilchens misst, ändert sich seine Wellenfunktion. Diese Änderung lässt sich nicht durch die Grundgleichungen der Quantenmechanik beschreiben. Dies zeigt klar, dass es Gültigkeitsgrenzen der Quantenmechanik gibt – auch wenn viele Physiker versuchen, durch verschiedene „Interpretationen“ der Quantenmechanik dieses Problem wegzudiskutieren.

6. Bieten Naturgesetze eine vollständige Beschreibung der Natur?

Diese Frage ist eng mit der vorigen verbunden. Wenn die Elementarteilchenphysik das Verhalten aller Objekte in der Welt beschreiben würde, wäre sie eine vollständige Beschreibung der Natur. Wir haben schon argumentiert, dass es eine solche allumfassende Theorie nicht geben wird. Man könnte nun fragen, ob es verschiedene Gesetze gibt, die in verschiedenen Zusammenhängen oder auf verschiedenen Orts-, Zeit- oder Energieskalen gelten und die gemeinsam eine vollständige Beschreibung der Natur liefern. Doch auch dies kann bei näherem Nachdenken nicht sein: Solche Gesetze können nicht exakt sein: da jedes von ihnen nur in seinem Bereich gilt, muss es immer ungenauer werden, je näher man der Grenze zum nächsten Bereich kommt. Aber wenn die Gesetze nicht exakt sind, bieten sie auch keine vollständige Beschreibung der Natur. Aus der Chaostheorie haben wir gelernt, dass auch die kleinste Ungenauigkeit sich nach kurzer Zeit so stark auswirkt, dass man die zeitliche Entwicklung eines Systems überhaupt nicht vorhersagen kann.

Es gibt aber noch eine weitere Denkmöglichkeit: Vielleicht sind die von uns formulierten Gesetze keine vollständige Beschreibung der Natur, aber die Natur wird dennoch vollständig von physikalischen Gesetzen bestimmt. Nur weil unser Kenntnis dieser Gesetze unvollkommen ist, können wir nicht exakt vorherberechnen, wie sich die Natur verhalten wird. Viele Naturwissenschaftler haben eine derartige Auffassung. Sie gehen nämlich davon aus, dass die physikalische Natur „kausal geschlossen“ ist. Das bedeutet, dass alles Geschehen vollständig durch physikalische Einflüsse festgelegt ist. Da sich dies grundsätzlich nicht nachprüfen lässt, ist dies allerdings ein Vorurteil und keine wissenschaftliche Erkenntnis. Es gibt gewichtige Argumente gegen die kausale Geschlossenheit der physikalischen Welt: Erstens sprechen alle quantenphysikalischen Experimente dafür, dass es echten Zufall in der Physik gibt. Der Zeitpunkt eines radioaktiven Zerfalls oder das Messergebnis einer Messung des magnetischen Moments von

Atomen sind zufällig. Das bedeutet, dass nicht jedes Ereignis exakt im Voraus festliegt. Dem kann man entgegenhalten, dass bei den beiden genannten Beispielen die Wahrscheinlichkeiten für die Zerfallszeitpunkte bzw. für die Messergebnisse festliegen und sogar unter Verwendung physikalischer Gesetze berechnet werden können. Doch solche Berechnungen funktionieren nur bei einfachen Systemen. Zufällige Quantenereignisse resultieren nicht aus einer intrinsischen Eigenschaft der Quantenteilchen, sondern aus der Wechselwirkung mit ihrer Umgebung. Und damit sind wir beim zweiten Einwand gegen eine kausale Geschlossenheit der physikalischen Welt: Es gibt eine abwärtsgerichtete Kausalität. Dies bedeutet, dass das Verhalten eines Systems von seinem Kontext abhängig ist: Die Bewegung eines Atoms hängt davon ab, ob es sich in einer Flüssigkeit oder in einem Festkörper befindet, die Expression mancher Gene hängt davon ab, ob ihr Besitzer glücklich oder deprimiert ist, und das Aktivitätsmuster in meinem Gehirn hängt von der logischen Struktur der mathematischen Theorie ab, auf deren Basis ich gerade meine Rechnung durchführe. Einige Wissenschaftler und Philosophen sprechen von einer „kausalen Offenheit“ der physikalischen Welt. Diese kausale Offenheit löst das Dilemma, wie die mentale Welt unser Gehirn beeinflussen kann, und sie passt auch sehr gut zur christlichen Auffassung, dass Gott in dieser Welt wirken kann, ohne dabei dauernd die von ihm selbst geschaffenen Naturgesetze zu übertreten.

7. Verboten Naturgesetze Wunder?

Naturgesetze verbieten nichts. Naturgesetze beschreiben, was üblicherweise geschieht. Alle weiteren Schlussfolgerungen hängen davon ab, welche weltanschaulichen Überzeugungen man in die Überlegungen einbringt. Wenn wir Naturgesetze als Ausdruck von Gottes Zuverlässigkeit in seinem Handeln mit unserer Welt verstehen, haben wir auf der einen Seite jeden Grund zu erwarten, dass Gott sie zuverlässig aufrechterhält. Viele Ereignisse, die wir „Wunder“ nennen, sind auch keine Überschreitungen der Naturgesetze, sondern sie konfrontieren uns auf andere Weise mit Gottes Charakter und Größe. Dennoch ist es denkbar, dass Gott in einer bestimmten Situation tatsächlich nicht in Übereinstimmung mit den Naturgesetzen handelt. C. S. Lewis vergleicht Gott in seinem Buch „Wunder“ mit einem Dichter. Ein Dichter gibt sich für sein Werk die „Gesetze“ vor, also das Reimschema und den Rhythmus. Dennoch kann es vorkommen, dass er an einer Stelle von seinen eigenen Regeln abweicht. Er tut dies, um damit eine tiefere Aussage zu machen oder einen besonderen Effekt zu erzielen. Er folgt dann sozusagen einem höheren Gesetz.

Der Philosoph Bertrand Russell verglich einmal unsere Erwartung, dass sich die Dinge auch in Zukunft so wiederholen, wie wir sie bisher beobachtet haben, mit der Erwartung eines Hahns, der auf einem Bauernhof heranwächst. Er erlebt mit absoluter Regelmäßigkeit, dass er täglich sein Futter bekommt, wenn der Bauer hereinkommt. Doch eines Tages kommt der Bauer nicht, um den Hahn zu füttern, sondern um ihm den Hals umzudrehen ...

Ähnlich kann man auch die Naturgesetze sehen: Sie sind eingebettet in einen größeren Kontext, in eine weitere Realität. Solange in diesem größeren Kontext die Bedingungen vorliegen, die für das Gelten eines Naturgesetzes wichtig sind, wird sich die Natur gemäß diesem Gesetz verhalten. Doch wenn der größere Kontext besonders wird, können auch besondere Dinge geschehen. So kann man die Menschwerdung, die Wunder und insbesondere die Auferstehung Jesu verstehen.

8. Haben sich die Naturgesetze geändert?

Es ist eine berechtigte Frage, ob die Naturgesetze bzw. die Naturkonstanten früher einmal anders waren als heute. Wissenschaftler haben sich diese Frage auch gestellt und einiges darüber herausgefunden. Wenn wir ferne Galaxien beobachten, erreichen uns Signale, die viele Tausende oder Millionen oder gar Milliarden Jahre unterwegs zu uns waren. Wir blicken also weit in die Vergangenheit des Universums. Wenn wir unsere Erde erforschen, sehen wir ebenfalls die Auswirkungen von Prozessen, die in der Vergangenheit abgelaufen sind. So kann man auf viele verschiedene Arten überprüfen, ob die Naturgesetze früher so waren wie heute. Wenn die Lichtgeschwindigkeit oder die elektromagnetischen Kräfte oder die Kernkräfte früher andere Stärken gehabt hätten, wären die Kernfusionsprozesse in den Sternen und die Vorgänge während einer Supernova anders gewesen. Auch die Spektrallinien von Atomen wären anders gewesen. Radioaktive Zerfallszeiten wären ebenfalls anders gewesen. Die Spuren, die diese veränderten Prozessen hinterlassen hätten, würden wir sehen, da wir Spektrallinien, die Energien radioaktiver Zerfallsprodukte, die Ausbreitung von Licht und Elementhäufigkeiten selbst in entfernten Objekten bestimmen können. Auf unserer Erde würden die verschiedenen radiometrischen Datierungsmethoden nicht mehr übereinstimmende Ergebnisse liefern. Doch davon ist nichts zu sehen. Alle erwähnten verschiedenen Beobachtungen und Untersuchungen zeigen, dass die Naturgesetze seit kurz nach Beginn des Universums dieselben waren wie heute. Falls sie sich doch geändert haben, dann ist diese Änderung so gering, dass wir sie bisher nicht messen konnten.

9. Gibt es auch außerhalb der Physik Naturgesetze?

Je höher man in der Komplexitätshierarchie geht, desto weniger strikte und weniger universelle Gesetze findet man. In der Physik lassen sich viele Naturgesetze mathematisch formulieren und gelten, soweit wir es sehen, im ganzen Universum. Auch in der Chemie lassen sich viele Zusammenhänge mit Hilfe der atomaren Zusammensetzung von Molekülen, der Quantenmechanik und der Thermodynamik quantitativ beschreiben, so zum Beispiel das Massenwirkungsgesetz oder das Arrhenius-Gesetz. In der Biologie allerdings ist es kaum möglich, universal gültige, mathematisch formulierbare Gesetze aufzustellen. Selbst wenn man ein biologisches, mathematisch formulierbares Gesetz gefunden hat, wie z. B. die Mendelschen Gesetze oder die sogenannten „Species-Area Laws“ (die angeben, wie die Zahl der in einem Gebiet vorhandenen Spezies mit der Größe des Gebiets anwächst), findet man vielfältige Ausnahmen von diesen Gesetzen, oder man stellt fest, dass diese Gesetze jeweils nur für bestimmte Klassen von Lebewesen gelten. Man spricht in der Biologie daher eher von „Regeln“ oder „Gesetzmäßigkeiten“ als von Gesetzen. In der Psychologie, der Soziologie und den Wirtschaftswissenschaften ist es ähnlich. Man findet viele Gesetzmäßigkeiten, Zusammenhänge und Prinzipien. Mit einer einzelnen Theorie (z. B. mit der Psychoanalyse) lässt sich nicht alles erklären. Damit würde man der Komplexität der Realität nicht gerecht. Eine mathematisch formulierte Theorie oder ein Modell, das am Computer simuliert werden kann, ist in diesen Wissenschaften immer eine offensichtliche Vereinfachung und Abstraktion der Realität. In meiner Forschung auf dem Gebiet der komplexen Systeme arbeitete ich viel mit derartigen Modellen. Solche Modelle werden nicht als getreues Abbild der Realität aufgestellt, sondern zur Beantwortung einer bestimmten Frage. Es beinhaltet die für die Beantwortung dieser Frage wichtigen Aspekte eines Systems und ignoriert andere Aspekte, die allerdings für die Beantwortung anderer Fragen wichtig sein können. Als leicht verständliches Illustrationsbeispiel möchte ich die Modellierung des Autoverkehrs nehmen. Um die Entstehung von Verkehrsstaus zu erklären, genügt es, Autofahrer durch drei Zahlen zu charakterisieren: die Wunschgeschwindigkeit, den Wunschabstand zum Vordermann, und eine kleine zufällige Schwankungsbreite. Ein einspuriges Verkehrsmodell, bei dem jedes Auto pro Zeiteinheit soweit vorrückt, wie es der freie Platz vor dem Auto und die Wunschgeschwindigkeit erlauben, und in dem die Geschwindigkeiten zufällig etwas schwanken, kann das Entstehen von Staus aus dem Nichts bei hohen Verkehrsdichten erklären. Weil diese Staubildung in gewissem Sinn gesetzmäßig verläuft,

kann sie durch Verkehrsleitsysteme, die die Geschwindigkeit rechtzeitig reduzieren, reguliert werden.

10. Wie passen die Naturgesetze und die biblische Verheißung einer neuen Welt zusammen?

Die Zukunftsprognose der modernen Kosmologie ist düster: In ein paar Milliarden Jahren wird sich die Sonne zum roten Riesen aufblähen, und die Erde wird verglühen. Nach unserem momentanen Kenntnisstand wird das Universum auch danach weiter expandieren, bis irgendwann alle Sterne ausgebrannt sind und das Weltall kalt und tot ist. Dies steht in krassem Gegensatz zur christlichen Hoffnung, dass Gott eine neue Welt schaffen wird, die aus der alten Welt hervorgehen wird. Der Apostel Paulus schreibt im Römerbrief (Kap. 8), dass die Welt in „Geburtswehen“ liegt, und im ersten Brief an die Korinther (Kap. 15) vergleicht er das Verhältnis der neuen Welt zur alten Welt mit dem Verhältnis zwischen Pflanze und Same. Viele Theologen vermeiden den Widerspruch zwischen der biblischen und der physikalischen Zukunftsprognose, indem sie die Erfüllung der christlichen Zukunftshoffnung in eine zeitlose Existenz völlig jenseits unseres jetzigen Universums verlegen, das seine durch die Physik vorhergesagte Entwicklung über viele Milliarden Jahre weiter durchlaufen wird. Doch einige angesehenen Naturwissenschaftler-Theologen wie David Wilkinson oder John Polkinghorne argumentieren für eine wörtlichere Interpretation der biblischen Verheißungen. Auch meiner Meinung nach erlaubt unser Verständnis über das Wesen und die Grenzen von Naturgesetzen die Sichtweise, dass dieses Universum in einer nicht so fernen Zukunft in die neue Welt transformiert wird. Die naturwissenschaftliche Zukunftsprognose beruht schließlich auf einer sehr unvollständigen Beschreibung des Universums: die physikalischen Gesetze erfassen überhaupt nicht das Wesen von Leben und insbesondere von Bewusstsein (abgesehen davon, dass wir Physiker noch nicht einmal wissen, was hinter der „dunklen Materie“ und der „dunklen Energie“ steckt, die einen großen Teil des Universums ausmachen). Auch das Wesen der Zeit ist von der Physik noch überhaupt nicht verstanden. Erst recht wissen die physikalischen Gesetze nichts von dem Sinn und Ziel der Schöpfung und von Gottes Schöpfermacht, die aus dem Alten etwas Neues schaffen kann, wie sie es bei der Auferstehung Jesu getan hat. Interessanterweise ist eine völlige Transformation des Universums sogar aus Sicht der Physik denkbar: Manche Wissenschaftler spekulieren, dass das Universum einen kosmischen Phasenübergang erfahren könnte, und zwar vielleicht schon sehr

bald. Bei einem solchen Phasenübergang hört die Materie, die wir kennen, auf zu existieren, weil sich der „Vakuumbestand“ des Universums ändert und neue Arten von Elementarteilchen entstehen. All dies bedeutet, dass es viele Denkmöglichkeiten gibt, Gottes neue Schöpfung mit unserer Kenntnis der heutigen Naturgesetze in Einklang zu bringen.