

Das Universum erklären, verstehen oder deuten?

Arnold Benz
ETH Zürich

Als Astrophysiker arbeite ich in einer Welt, in der die naturwissenschaftliche Perspektive dominiert. Messbarkeit und Objektivität sind angesagt. Der Dialog mit den Geisteswissenschaften gehört seit Newton und Leibniz nicht mehr zum Kerngeschäft. Mich aber interessiert es sehr, was denn die Geisteswissenschaft eigentlich beinhaltet. Die Antwort der Kollegen aus den humanistischen Fakultäten heisst: Wir interpretieren (Titel der Ringvorlesung!); Grundlage der Geisteswissenschaft ist die Hermeneutik¹. In Lexika fand ich zu diesem Begriff: „Lehre vom Verstehen geisteswissenschaftlicher Gegenstände“² und (nach Heidegger): „Ausarbeitung der Bedingungen der Möglichkeit jeder ontologischen Untersuchung“³.

Auch die Naturwissenschaft untersucht Seiendes und interpretiert Beobachtungen und Messungen. Ist das Nachdenken über Naturwissenschaft etwa Hermeneutik der Natur? Der Kreis der Hermeneutiker, der diese Vorlesungsreihe organisiert, hat mich angeregt zu bedenken, was eigentlich die Naturwissenschaften tun, und insbesondere was Interpretation in der Astrophysik bedeutet.

Die Naturwissenschaft interpretiert Messungen und Beobachtungen. Die Interpretation gibt wiederum Anlass zu neuen Messungen. Die naturwissenschaftliche Methode besteht im Wechselspiel zwischen Experiment und Theorie. Im Laufe dieser Tätigkeit kommen verschiedene Interpretationsweisen ins Spiel. Ich werde im Folgenden drei Arten von Interpretationen unterscheiden: Erstens was die naturwissenschaftliche Methode seit Beginn der Neuzeit beinhaltet und erfolgreich macht (*erklären* und modellieren), was zweitens Naturwissenschaftler miteinander diskutieren aber nicht in Fachzeitschriften publizieren (*verstehen*) und drittens worüber sie sich bei einem Glas Wein abends am Cheminée mit Freunden unterhalten oder in populärwissenschaftlichen Büchern schreiben (*deuten*).

¹ So etwa W. Dilthey (1833 – 1911).

² H. Schmidt und G. Schischkoff, Philosophisches Wörterbuch, A.Kröner Verlag: Stuttgart, 1978.

³ M. Appel und P. Ludz, Philosophisches Wörterbuch, Berlin, 1958

1. Erklären

An einem Beispiel aus meiner eigenen Forschung stelle ich zunächst das Vorgehen der Naturwissenschaft dar. Es beginnt mit Beobachtungen, die dann zu interpretieren sind.

1.1 Beispiel aus der Astrophysik

Mit dem neuen Satelliten HESSI haben wir vor einigen Wochen eine Sonneneruption aufgezeichnet. Im Bild des Vorgängers, eines Satelliten, der bei niedrigeren Photon-Energien beobachtete, war nur die 2 Millionen Grad heisse Korona zu sehen, wie sie plötzlich aufgewirbelt und wegschleudert wurde. Was bisher beobachtet werden konnte, war wie der Rauch eines Feuers. HESSI hat nun das Feuer selbst beobachtet, den Explosionsherd mit einer Milliarde Grad heissem Gas und einer Energie von einigen 10^{30} erg, die in zwei Minuten freigesetzt wird. Das entspricht der millionenfachen jährlichen Stromproduktion der Schweiz.

Was zeigte sich? Eine Explosion fand anscheinend infolge eines lokalen Überdrucks statt. Das heisse Gas expandierte zunächst in einem ballistischen Flug. Es gab interessante Abweichungen: Die Expansion ging nicht weit und blieb in der oberen Korona stecken. Die Schwerkraft spielte sicher eine Rolle. Eine zusätzliche Kraft wurde jedoch sichtbar. Sie schnürte auch den Fluss der Materie zusammen und verursachte fadenförmige Strukturen. Was ist diese geheimnisvolle Kraft?

In einem solchen Fall ist das Vorgehen induktiv: Wir schliessen vom Bekannten auf das Unbekannte. Welche auf der Erde bekannten Kräfte spielen eine Rolle? Weil Magnetfelder bekanntlich die Korona strukturieren, ist diese Kraft nahe liegend.

Seit Galilei bleibt die Physik nicht beim qualitativen Beschreiben stehen. Sie bildet die vorgefundene Wirklichkeit auf die Mathematik ab. Das Vorgehen ist immer gleich:

1. Die Wirklichkeit wird in quantitativen Begriffen erfasst (Kräfte, Dichte, Temperatur usw.)
2. Diese Grössen werden in einen mathematischen Zusammenhang gebracht. das heisst als Gleichung ausgedrückt. In unserem Fall ist es das zweite Newtonsche Gesetz (Impulssatz)

$$\rho \delta \mathbf{V} / \delta t + \rho (\mathbf{V} \cdot \nabla) \mathbf{V} = q \mathbf{E} + (\mathbf{J} \times \mathbf{B}) / c + \rho \mathbf{g} + \nabla \otimes \mathbf{p}$$

In Worten ausgedrückt:

Masse mal Beschleunigung = elektrische Kraft + magnetische Kraft + Gravitation + Druckänderung

3. Die Lösung der Gleichung geschieht nach rein mathematischen Regeln. Man kann die Gleichung umformen, ableiten und integrieren. Sie stimmt immer noch, was sich in der Natur nachprüfen lässt. Selbst in Vorgängen wie auf der Sonne, die millionenfach grösser sind als in irdischen Laboratorien, trifft die Gleichung noch zu. Das finde ich höchst erstaunlich! Die Lösung der Gleichung hat zudem eine physikalische Bedeutung: Sie ist eine *Erklärung* des kausalen Ablaufs von Ursache (=Kräfte) und Wirkung (=Beschleunigung, Eruption).

Die mathematischen Symbole dürfen nicht als Metaphern missverstanden werden. Das Anordnen von mathematischen Symbolen zu Gleichungen ist nicht das selbe, wie etwa der Umgang mit Metaphern in der schriftstellerischen Tätigkeit. Die Andersartigkeit zeigt sich auch in der Umschreibung unter der Gleichung mit Worten, welche ebenfalls an Metaphern erinnern mögen. Die Umschreibung enthält bei weitem nicht das Wesen der Gleichung, denn der Text enthält den

Kern der Mathematik nicht. Worte lassen sich nicht multiplizieren oder integrieren. Weil sie die Natur mathematisieren, beschreiben die Physik und andere exakte Naturwissenschaften die Natur auf einer anderen Ebene als es Philosophen und Dichter tun. Mit Mathematisieren verstehe ich das Abbilden der beobachteten Wirklichkeit auf Begriffe und Strukturen der Mathematik⁴.

Die Gleichung kann nicht ohne Rand- und Anfangsbedingungen gelöst werden. Wir müssen also ein Szenario vorgeben, innerhalb dessen die Abläufe dann gemäss der Gleichung geschehen. Dieses Vorgehen nennt man *Modellieren*. Mit der Modellierung ist ein Phänomen erklärt. Damit ist die Wissenschaft aber noch nicht am Ende. Das Modell muss nun in weiteren Beobachtungen überprüft werden. Dieser Vorgang verläuft gegenläufig zum ersten Schritt: nämlich von der Lösung und dem Modell, also von der Mathematik her zur Wirklichkeit zurück. Im Modell wird die Wirklichkeit rekonstruiert. Damit kann das Model mit der beobachtbaren Wirklichkeit quantitativ verglichen und seine Richtigkeit überprüft werden.

Es ist heute noch sehr viel mehr über Eruptionen bekannt, zum Beispiel dass dabei Teilchen zu hohen Energien beschleunigt werden. Das scheint sogar der Kern des Phänomens zu sein, da ein grosser Teil der Energie zuerst als relativistische Teilchenbewegung erscheint, bevor es zur Explosion kommt. Eine Weiterentwicklung des Modells müsste dies einschliessen. Das Verfahren ist zyklisch zwischen Beobachten und Modellieren. Modelle sind nicht die Wahrheit, sie sollen aber die Beobachtungen richtig wiedergeben. Die meisten Naturwissenschaftler sind Realisten und glauben, dass Modelle auch etwas Wahrheit enthalten.

1.2 Erklären

Aus diesen Ausführungen geht hervor, dass Erklären heisst, einen kausalen Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung herzustellen und ihn mathematisch mit einer Gleichung quantitativ auszudrücken.

Ein eindeutiger Zusammenhang besteht nicht immer. Gegenbeispiele sind erstens der Zufall in der Quantenmechanik. Die Wirklichkeit wird erst bei der Messung konkret und erscheint uns in diesem Moment als zufällig. Zweitens werden nicht-lineare Phänomene zwar durch deterministische Gleichungen beschrieben, ihre Lösungen hängen aber stark von den Rand- und Anfangsbedingungen ab. Der kausale Zusammenhang ist quantitativ nicht über beliebig lange Zeit bestimmbar.

Was bedeutet es ein Phänomen zu erklären? In naturwissenschaftlichen Erklärungen ist Folgendes zu beachten:

1. Bei komplexen Phänomenen sind oft mehrere Erklärungen möglich.
2. Jede Erklärung ist möglicherweise falsch und muss getestet werden.
3. Es gibt unendlich viele Tests. Da nicht alle durchführbar sind, bleibt immer eine gewisse Unsicherheit bestehen.
4. Erklärungen können durch Beobachtungen widerlegt werden, sterben aber oft erst dann aus, wenn auch ihr Erfinder stirbt. Erklärungen werden auch geändert, kombiniert oder ergänzt.
5. Langfristig lässt sich daher bei widersprüchlichen Erklärungen und Modellen ein Trend zur Konvergenz feststellen.

⁴ Mehr über das Wechselspiel von Messung und Theorie und der geschichtlichen Entwicklung des physikalischen Erklärens findet man im Beitrag von J. Fröhlich in diesem Band.

Es gibt zuverlässig erklärte Phänomene und weniger gut erklärte. Die Unterschiede an Zuverlässigkeit sind immens, der Übergang gleitend, und es ist nützlich zu differenzieren. In der Astrophysik gilt folgende Sprachregelung: *Gut erklärt* ist ein Phänomen, wenn es einen allgemeinen Konsens gibt. Es herrscht zwar nie Einstimmigkeit, weil immer wieder neue Erklärungsmodelle erfunden und getestet werden können. Ein allgemeiner Konsens garantiert noch keine Wahrheit. Zum Beispiel hat sich die Äther-Theorie für die Ausbreitung elektromagnetischer Wellen nach vielen Jahrzehnten des Konsens als falsch herausgestellt. Wird eine gute Erklärung einmal widerlegt, ist es jedoch immer eine Sensation. Gute Erklärungen sind im Allgemeinen durch ein Geflecht von vielen Beobachtungen und Zusammenhängen abgestützt.

Gilt ein Phänomen als *nicht erklärt*, heisst das nicht, dass keine Erklärung möglich wäre. Irgend eine vorläufige Hypothese gibt es immer. Nicht erklärt bedeutet, dass es mehrere kontroverse Erklärungen gibt oder die Erklärung noch nicht durch weitere Indizien erhärtet ist.

2. Verstehen

Beim kausalen Erklären geht es im Idealfall um einen einzelnen Prozess. Dann lässt sich die Abbildung in die Mathematik am leichtesten vollziehen. Reduktion auf einzelne Vorgänge ist nötig aus methodischen Gründen. Wenn jedoch verschiedene Prozesse nacheinander oder miteinander ablaufen, kommen mehrere Gleichungen ins Spiel, und man möchte die Einzelvorgänge in einem grösseren naturwissenschaftlichen Zusammenhang *verstehen*. In Vorlesungen versuchen wir solche Zusammenhänge zu vermitteln. Auch in Übersichtsreferaten werden sie thematisiert. Mit Verstehen meine ich, ein Phänomen in einen grösseren Wissenshorizont von Ursachen und Wirkungen zu stellen. Die einzelnen Erklärungen bilden dann ein Gewebe aus kausalen Zusammenhängen, das einen ganzen Bereich von Wirklichkeit abbildet.

2.1 Beispiel Sonneneruptionen

Sonneneruptionen sind ein Beispiel unter vielen für komplexe Phänomene im Universum. Viele Einzelprozesse laufen ab. Diese müssen einzeln erforscht werden und bilden wissenschaftliche Spezialgebiete. Der Zusammenhang kann skizziert werden als eine Kette von Ursachen:

- Eruptionen entstehen durch Freisetzung von magnetischer Energie.
- Magnetische Energie wird durch Konvektionsbewegungen im Innern der Sonne aufgebaut.
- Magnetische Energie besteht in Form elektrischer Ströme.
- Intensive elektrische Ströme im dünnen Plasma der Korona werden instabil.
- Die Instabilität erhöht den elektrischen Widerstand
- Dank dem elektrischen Widerstand können Magnetfelder diffundieren.
- Dadurch können sie ihre Geometrie vereinfachen und Energie freisetzen.

Die kausale Kette könnte noch viel detaillierter ausgeführt werden. Sie ist zudem ein Teilstück aus der weit grösseren Kette der Sternentstehung:

- Konvektion entsteht infolge thermischer Instabilitäten von heissem Gas.
- Heisses Gas entsteht durch Kernfusion von Wasserstoff zu Helium.
- Kernfusion wird möglich infolge Sternbildung.
- Sterne bilden sich wegen Inhomogenitäten im interstellaren Raum.
- Inhomogenitäten entstehen wegen früherer Sterne.
- Die ersten Sterne entstanden wegen Fluktuationen im frühen Universum.

Es gibt auch einen Verstehenszusammenhang von Wirkungen:

- Eruptionen beschleunigen Teilchen.
- Die Teilchen emittieren verschiedene Strahlungen von Radiowellen bis Gammastrahlen.
- Sie stossen auf andere Teilchen und heizen untere Schichten auf Millionen von Grad.
- Das heisse Plasma expandiert und wird zum Teil von der Sonne weg geschleudert.

Sonneneruptionen gehören bezüglich ihrer Wirkungen in den grossen Zusammenhang des Raumwetters, wo sich folgende Kette bildet:

- Energiereiche Teilchen gelangen in den interplanetaren Raum.
- Eruptionen verursachen Stosswellen im Sonnenwind.
- Stosswellen beschleunigen Teilchen auf hochrelativistische Energien.
- Energiereiche Teilchen gelangen auf die Erde und verändern das Erbgut von Lebewesen.
- Das heisse Plasma aus vielen kleinen Eruptionen bildet die Korona.
- Die heisse Korona fliesst als Sonnenwind von der Sonne weg.

Das Forschungsgebiet der Sonneneruptionen schliesst physikalische Unterthemen ein wie Magnetohydrodynamik, kinetische Plasmaphysik, Stosswellenphysik, Strahlungsphysik, Kernphysik und Atomphysik der Linienemissionen. Daher können Sonneneruptionen nicht erklärt werden wie zum Beispiel das Spektrum des Wasserstoffatoms aus der Schrödinger Gleichung. Komplexe Phänomene erfordern eine andere Qualität des Interpretierens.

Verstehen ist ein Grundbegriff der Geisteswissenschaften und soll nicht leichtsinnig für die naturwissenschaftliche Methodik verwendet werden. Wilhelm Dilthey hat zwischen den erklärenden Naturwissenschaften und den verstehenden Geisteswissenschaften streng unterschieden⁵. Im Verstehen verlässt der oder die Erkennende die objektive Distanz und versetzt sich in das zu Verstehende hinein. Weil es nicht menschliche Lebensäusserungen sind, die es zu verstehen gilt, geschieht das verstehende Nacherleben von naturwissenschaftlichen Zusammenhängen auf einer anderen Ebene, auf jener des Verstandes. Es hat mit dem geisteswissenschaftlichen Verstehen gemeinsam, dass mit der Gesamtschau aller gesammelter und geprüfter Fakten und Erklärungen eine andere Perspektive des Interpretierens erreicht wird.

Im Unterschied zum Erklären will das Verstehen die Phänomene nicht atomisieren, es versucht vielmehr, sie als Einheiten zu verstehen. Der Verstehende muss sich dazu im Netz der Ursachen und Wirkungen frei bewegen und sie überblicken, um in allen Einzelphänomenen ein durchgehendes Gemeinsames zu sehen. Das Verstehen gibt der naturwissenschaftlichen Tätigkeit ihre allgemeine Bedeutung. Nur über das Verstehen können sich Astrophysiker darüber verständigen, welche Erklärungen ihnen wichtig sind.

Das Beobachten und Erklären eines neuen Phänomens gilt in der naturwissenschaftlichen Forschung mehr als das allgemeinere Verstehen. Das Letztere kann nicht der Inhalt eines Forschungsartikels sein und wird in Fachzeitschriften nicht gerne aufgenommen, es sei denn in spezialisierten Übersichtsblättern, den „Annual Reviews“.

2.2 Das Universum verstehen?

⁵ H. Weder (Neutestamentliche Hermeneutik, TVZ: Zürich, 1986, S. 120) entgegnet jedoch dieser scharfen Trennung mit: „ein Verstehen ohne die Dimension des Erklärens kann es nicht geben.“

Wir sind von einem einzelnen Phänomen (den Sonneneruptionen) ausgegangen und auf kausale Verflechtungen mit einem immer grösseren Teil des Universums gestossen. Man könnte nun fragen: Gibt es einen Zusammenhang⁶ aller Teile des Universums? Werden wir es eines Tages vollständig verstehen?

In der Astrophysik hat die Zahl der „guten Erklärungen“ mit allgemeinem Konsens seit dem Jahr 1900 von einigen Zehn (die heute noch gelten) auf einige Tausend zugenommen. Trotzdem sind die weissen Gebiete auf der Landkarte des Wissens nicht kleiner geworden. Selbst in einem begrenzten Gebiet wie den Sonneneruptionen sind gleichzeitig mindestens ebenso viele neue Fragen aufgetaucht. Auch sind ganz neue Gebiete, wie die Sternentwicklung oder externe Galaxien hinzugekommen. Um Missverständnissen vorzubeugen, möchte ich festhalten, dass gewisse Teilprozesse im Universum gut erklärt und im Zusammenhang verstanden sind. Sie bestätigen sich in neuen Messungen immer klarer.

Früher wurde allgemein angenommen, dass die Zahl der offenen wissenschaftlichen Fragen beschränkt sei. Eines Tages würden alle beantwortet und alle Rätsel gelöst sein. Bei komplexen Vorgängen wie den Sonneneruptionen, der Sternentstehung oder Galaxienentwicklung führten Antworten bisher zu immer neuen Fragen. Es könnte den Naturwissenschaftlern wie Herkules mit der Hydra ergehen, der für jeden abgeschlagenen Kopf zwei neue Köpfe nachwachsen. Die Sonneneruptionen sind zwar kaum unendlich komplex im mathematischen Sinne, wir verstehen sie immer besser. In der Praxis ist es jedoch vorstellbar, dass wir sie nie ganz verstehen werden, weil eines Tages das Geld oder das Interesse zum Weiterforschen ausgehen. Das vollständige Verstehen des Phänomens würde letztlich auch das Enträtseln der Grundkräfte beinhalten. Dieses Ziel der Aufklärung scheint in weiter Ferne zu liegen und es darf bezweifelt werden, ob es je erreicht wird, auch wenn der Wahrheitsgehalt von einzelnen Erklärungen nicht ignoriert werden kann. Für Sonneneruptionen wie auch für Entstehungsprozesse von Sternen, Planeten und Galaxien macht es den Anschein, dass die Landkarte des Wissens nicht weisse Flecken hat, sondern vorwiegend weiss ist mit einigen eingestreuten Wissensflecken.

3. Deuten

Ich habe genügend Vorbehalte angebracht, um nun etwas unbescheiden festhalten zu können, dass die Naturwissenschaften und gerade auch die Astronomie unvorstellbar erfolgreich im Erklären und Verstehen von kosmischen Vorgängen waren. Was wir heute wissen, war vor hundert Jahren noch völlig im Dunkeln. Und zweifellos es geht so weiter im neuen Jahrhundert.

Der Erfolg stellt uns vor die Frage: Warum kann die Physik das Universum mathematisieren? Diese Eigenschaft hat zur Folge, dass wenige Grundgesetze fast unendlich viele und unvorstellbar komplexe Phänomene erklären können. Erlaubt es dieser Wesenszug, vom Universum als einem Ganzen zu sprechen, und was würde er über das Universum als Ganzes aussagen?

Antworten auf diese Fragen sind *Deutungen*. Sie können keine kausalen Erklärungen sein, denn diese Fragen sind nicht mathematisierbar. Sie übersteigen den Bereich der Naturwissenschaften

⁶ C.F.v.Weizsäcker z.B. versteht die Einheit der Natur als Zeitlichkeit. Kausalität und Zufall gründen beide in der Zeit (siehe Die Einheit der Natur, Hanser Verlag: München, S. 395).

und betrachten diesen von ausserhalb. Deutungen geschehen auf einer anderen Ebene. Eine Ortsverschiebung aus dem Büro oder Labor ist angesagt, zum Beispiel ans Cheminée.

Naturwissenschaftliche Erklärungen sind Modelle, die einen Kausalzusammenhang oder Zufall postulieren. Im Gegensatz dazu verstehe ich unter Deuten einen Sinnzusammenhang zu erschliessen. Deuten ist eine Aussage im Blick auf ein Grösseres und Umfassendes, das heisst eine finale Aussage. Deutungen schliessen auch den Deutenden und seine Lebenswelt mit ein. Naturwissenschaftliche Weltbilder sind Deutungen.

Die Sprache des Deutens ist metaphorisch und zeigt an, dass sie eine andere Herkunft hat⁷. Mit Metaphern⁸ werden komplexe Sachverhalte ausgedrückt, für die sich Begriffe schlecht eignen. Bildhafte Ausdrücke sind bekannte Beispiele oder Muster aus anderen Erfahrungsebenen. Mit der Übertragung auf die Sinnebene werden Assoziationen geweckt und bestimmte Aspekte betont. In den Erklärungen der Naturwissenschaft spielen Metaphern keine Rolle. Wenn sie trotzdem ab und zu irrlichtern, dann meistens unüberlegt oder unbewusst.

3.1 Können wir das Universum deuten?

Man könnte einwenden, das Universum brauche nicht gedeutet zu werden, denn es handle sich nicht um praktische Fragen, die sich mit der naturwissenschaftlichen Methode beantworten liessen. Das stimmt insofern, als die Fragen für die Physik nicht relevant sind. Sie berühren aber die menschliche Existenz. Es geht um nichts weniger als den Grund, warum ich hier bin. In die Frage nach meiner Existenz spielt die Frage nach der Deutung des Universums hinein: Was ist mein Platz im Ganzen?

Grenzüberschreitende Fragen stellen auch Naturwissenschaftler. Auch sie wagen immer wieder Deutungen oder lassen sich dazu verleiten. Die Deutungen werden nicht in wissenschaftlichen Fachzeitschriften publiziert, wenigstens nicht in solchen, die diesen Namen verdienen, aber sie tauchen in populärwissenschaftlichen Büchern auf.

So hat zum Beispiel Steven Weinberg in seinem populären Buch „Die ersten drei Minuten“ geschrieben: „Je begreiflicher uns das Universum wird, um so sinnloser erscheint es auch.“⁹ Das muss so sein, wenn begreifen kausal erklären und verstehen heisst. Wie gesehen bedeutet das naturwissenschaftliche Verstehen das Abbilden der Wirklichkeit auf mathematische Gleichungen. Dieser Vorgang für sich allein ergibt noch keinen Sinn, denn die Mathematik kann ihn nicht liefern. Wie sollte dies auch geschehen?

Etwas bedenklicher wird Weinbergs Satz, wenn wir ihn so verstehen, dass kausale Erklärungen vergessen machen können, dass diese Abbildung eigentlich etwas Staunenswertes ist. Wir können beim naturwissenschaftlichen Verstehen vergessen, uns zu wundern und nach dem Ganzen zu

⁷ Niels Bohr wird die Aussage zugeschrieben: „Die Quantenmechanik ist [...] ein wunderbares Beispiel dafür, dass man einen Sachverhalt in völliger Klarheit verstanden haben kann und gleichzeitig doch weiss, dass man nur in Bildern und Gleichnissen von ihm reden kann.“ Zitiert nach W. Heisenberg, Der Teil und das Ganze, R. Piper Verlag: München, 1969, S. 326.

⁸ Über Muster und Metaphern siehe auch A. Benz, Die Zukunft des Universums - Zufall Chaos, Gott?, Patmos Verlag, Düsseldorf, 4. Aufl. 2001, S. 200 – 206.

⁹ S. Weinberg, Die ersten drei Minuten, dt. Übers. Hanser Verlag: München, 1977, S.212.

fragen, in das ein Einzelphänomen eingebettet ist. Erst das Ganze, und die Bedeutung, die das Einzelne im Ganzen hat, geben ihm einen Sinn.

Weinberg bemerkte später einmal, dass er nie so oft zitiert worden sei wie an dieser Stelle. Er betonte auch, dass er nicht sagen wollte, das Universum hätte keinen Sinn. Genau so haben ihn aber viele verstanden. Auch wenn es Weinberg nicht so gemeint hat, ist die Aussage „das Universum ist sinnlos“ eine denkbare Interpretation, die darin besteht, dass man die Möglichkeit einer Deutung verneint. Wenn das Universum von Menschen nicht gedeutet werden könnte, wäre auch die Frage nach dem Sinn müssig.

3.2 Viele Deutungen

Nehmen wir als klassisches Beispiel das Paradigma der Aufklärung: Die Welt ist ein *Uhrwerk*. In dieser Deutung wird ein Teilaspekt der Wirklichkeit, die Zahnräder des aufkommenden Maschinenzeitalters, auf das Ganze übertragen. Die Zahnräder sind das Urbild für ein Muster, das im Universum, insbesondere im Kreisen der Planeten, wieder gefunden wurde. Die Mechanik der Uhr wurde zur Metapher für das kausale Wirken im Allgemeinen. In dieser Übertragung auf das Ganze wird das Universum gedeutet. Die Deutung als Uhrwerk besagt einerseits, dass das Universum (inklusive Mensch) aus einer Menge kausal erklärbarer Bestandteile bestehe. Andererseits gibt sie jedem Bestandteil auch einen Wert und Sinn. Ohne die einzelnen Bestandteile würde das Uhrwerk nicht funktionieren.

In einer Deutung steckt immer auch eine zeitgebundene Perspektive. Eine Sonneneruption, wie sie eben beschrieben wurde, erinnert nicht an ein Uhrwerk. Sie ist ein stark nicht-lineares Phänomen, bei dem viele Teile aufeinander einwirken und eine genaue Voraussage verunmöglichen wie beim Wetter auf der Erde. Das chaotische Verhalten solcher Systeme war im 18. Jahrhundert noch nicht bekannt. Auch die quantenmechanische Unschärfe und die Zufälle passen schlecht ins Bild einer Uhr. Die Uhrwerk-Deutung ist angesichts der heutigen Naturwissenschaft nicht mehr angebracht.

Wir begegnen auch heute noch der Deutung, dass das Universum *rational* sei. Dies ist allgemeiner und meint, dass im Grunde die ganze Wirklichkeit dem Verstand zugänglich, messbar und schliesslich mathematisierbar sei, auch wenn die Naturwissenschaften die Gesetze noch nicht entdeckt haben und vielleicht auch nie finden werden. Diese Deutung ist eine Verallgemeinerung der naturwissenschaftlichen Erkenntnisse, welche die Entwicklung des Universums nach kausalen Gesetzen erklären. Als Bild dient nicht mehr ein mechanisches Uhrwerk, vielmehr der rational denkende Mensch, zum Beispiel der planende Ingenieur, der einen Supercomputer entwirft. Diese Deutung schliesst unter anderem einen Gott aus, der eigenständig in das Naturgeschehen eingreift. Er wird dann allenfalls noch als „Grosser Designer“ gedacht. Zufälle müssen allerdings akzeptiert werden. Sie spielen in der biologischen Evolution bekanntlich eine wichtige Rolle.

In diesem Zusammenhang muss daran erinnert werden, dass die Naturwissenschaft annimmt, dass die Natur mathematisierbar sei. Diese Voraussetzung ist keine dogmatische Behauptung, sondern eine hypothetische Annahme. Sie ist ein Teil der Methode und limitiert somit den Geltungsbereich der Naturwissenschaft. Die Annahme von Mathematisierbarkeit ist eine Arbeitshypothese, die sich seit dreihundert Jahren im Bereich der exakten Wissenschaften gut bewährt. Sie ist nicht notwendigerweise eine Deutung der Natur. Zur Deutung wird Mathematisierbarkeit erst, wenn sie als ausschliessliche Wirklichkeit postuliert wird. Diese ausschliesslich rationale Deutung hat eine

gewisse Akzeptanz gefunden unter den Naturwissenschaftlern, ist aber nicht allgemeiner Konsens. Auch die Existenz Erfahrungen von Naturwissenschaftlern sind oft nicht rational.

Es ist daher auch die Deutung möglich, dass die Wirklichkeit grösser sei als der rationale Bereich der Naturwissenschaften, und das Universum letztlich *irrational* sei. Die Induktion vom Bekannten auf das Unbekannte versagt, wenn dabei Grenzen von Geltungsbereichen überschritten werden. Dies würde bedeuten, dass nicht alles mathematisierbar ist und immer etwas Geheimnisvolles bestehen bleibt. Eine solche Aussage mag ungute Gefühle wecken, denn sie hat in der Vergangenheit auch Esoterik und Okkultismus gerechtfertigt. Das muss aber nicht so sein, wie der souveräne Umgang mit Irrationalität in der Dichtkunst eindrücklich belegt.

Eine Variante der Irrationalität schliesslich ist die Deutung, dass das Universum in eine absolute, umgreifende Wirklichkeit eingebettet sei. Ich spreche hier von der transzendenten Begründung und der Deutung des Universums als *Schöpfung*. Auch diese Deutung entspringt nicht naturwissenschaftlichen Erklärungen, sie betrachtet diese vielmehr von ausserhalb und aus einer religiösen Lebensperspektive.

Deutungen werden von Menschen aus individuellen Lebensperspektiven gemacht und enthalten ein stark subjektives Element. Sie können daher nicht mit einem allgemeinem Konsens rechnen.

3.3 Hermeneutik der Naturwissenschaft

Ich beobachte, wie immer wieder versucht wird, die Natur zu deuten, auch von Naturwissenschaftlern. Beispiele von solchen Deutungen wurden erwähnt. Nicht immer werden Deutungen bewusst gemacht und reflektiert. Oft geschieht eine Deutung nur intuitiv und wird nicht als solche erkannt und benannt. Deutungen können sich auch in Form allgemein gebrauchter Paradigmen einschleichen und verbreiten.

Es soll Naturwissenschaftlern nicht verboten sein zu deuten, ist es doch ein legitimes Unterfangen, das Verborgene durch Einsicht zu erschliessen. Richard Feynman sagte: „Weil wir etwas nicht messen können, ist es trotzdem erlaubt darüber zu sprechen. Aber wir müssen es nicht. Ein Konzept oder eine Idee, auch wenn nicht beobachtbar oder messbar oder mit einem Experiment in Verbindung zu bringen, kann brauchbar sein, aber muss es nicht.“¹⁰

Gewiss gibt es eine Vielzahl von möglichen Deutungen. Everything goes. Deutungen haben allerdings Einfluss auf unser Verhalten und unsere Einstellung zum Leben. Vielleicht gilt auch hier: Wer schlecht deutet, den bestraft das Leben.

Wie deutet man angemessen? Genau diese Frage stellt sich die *Hermeneutik*. Auch in der Deutung des Universums sollten wir uns kritisch und selbstkritisch fragen, was denn die Bedingungen sind für eine Deutung. Statt vorschnell zu deuten, muss zuerst nach den Präliminarien gefragt werden: Wie kann eine Deutung überhaupt gelingen? Was muss sie leisten können? Wovon gehen wir aus?

Ein guter Ansatz ist es, vor der Deutung die Substanz freizulegen, damit sie wie für sich selber spricht. Eine Deutung der Natur müsste heute Folgendes einschliessen:

1. Die physikalisch erfassbare Wirklichkeit lässt sich auf Mathematik abbilden.

¹⁰ Frei übersetzt nach R. P. Feynman, R. B. Leighton und M. Sands, The Feynman Lectures, Vol. III, Addison-Wesley, Reading, MA, USA, 1965, S. 112.

2. Wenige physikalische Grundgesetze bilden die Basis aller astronomischen Vorgänge im Universum.
3. Sie erlauben die Entwicklung zu unvorstellbarer Komplexität.
4. Die physikalische Seite der kosmischen Entwicklung verstehen wir zum Teil. Sie verläuft kausal nach bekannten Gesetzen oder zufällig nach berechenbarer Wahrscheinlichkeit.
5. In gewissen Entwicklungen, insbesondere in der Biologie überwiegen anscheinend die Zufallsprozesse.
6. Die Entwicklung von komplexen Systemen geschieht innerhalb eines Rahmens, der durch die Erhaltungsgesetze gegeben ist. Innerhalb dieses Rahmens ist die zukünftige Entwicklung offen.
7. Wir wissen nicht, wie gross der Anteil an der Wirklichkeit ist, den wir gut erklären und modellieren können.
8. Rätsel wird es immer geben und Geheimnisse werden bleiben.

Eine solche Ausgangslage kommt nahe an die existentiellen menschlichen Erfahrungen und ihre Deutungen in aktuellen psychologischen, geschichtlichen und theologischen Entwürfen heran.

Zum Schluss fasse ich kurz zusammen:

Die naturwissenschaftlichen Einsichten und Interpretationen bezüglich des Universums sind verschiedener Art und liegen auf verschiedenen Ebenen. Ich habe unterschieden zwischen Erklären, Verstehen und Deuten.

- Mit Modellen *erklären* die Naturwissenschaften kausale Zusammenhänge.
- Als nächster Schritt folgt das *Verstehen*, mit dem ich umfassende naturwissenschaftliche Einsichten in die Kausalzusammenhänge bezeichne. Diese Sicht ergibt sich aus einem persönlichen Blickwinkel, schliesst aber keine zusätzlichen Erfahrungen ein. Diese Art von Verstehen bleibt in der naturwissenschaftlichen Ebene.
- Naturwissenschaftler *deuten* naturwissenschaftliche Erkenntnisse am Feierabend oder beim Meditieren in den Ferien am Strand. Das heisst nicht, dass sie es nicht tun sollten oder dass es andere besser könnten. Sie müssen aber vorsichtig sein, weil sie als Autoritäten für kausale Erklärungen gelten. Ihre Deutungen können leicht missverstanden werden als Aussagen mit gleicher Autorität. Wir müssen uns immer bewusst sein, dass beim Deuten noch andere Erfahrungen zu den physikalischen Gegebenheiten hinzukommen.

Die hier gegeneinander abgegrenzten Arten von Interpretieren unterschieden sich in ihrem jeweils grösseren Blickwinkel und sind nicht hierarchisch zu verstehen. Gleitende Übergänge und Vermischungen sind häufig, Rückkopplungen sind wichtig. So kommt es vor, dass aus einem Verstehenszusammenhang die Erklärung eines Einzelphänomens plausibel wird, oder dass eine weltbildhafte Deutung zu einer ersten Hypothese für die Erklärung eines Phänomens anregt.

Ich möchte hier mit meinem Verständnis des Universums schliessen. In den vergangenen dreissig Jahren meiner wissenschaftlichen Laufbahn hat sich mir eine faszinierende Perspektive auf ein Meer von Verstehenszusammenhängen eröffnet. Sie zeigt auch eindrücklich, wie wenig wir in Wirklichkeit verstehen. Ich fasse daher meine Erfahrung in Abänderung von Weinbergs Wort folgendermassen zusammen: Je begreiflicher uns das Universum wird, um so rätselhafter erscheint es auch.