

Erschienen in:
*Zukunft im Dialog zwischen Theologie und
Naturwissenschaft*, (Hrg. G. Kraus), Bamberger
Theologisches Forum, Band 2, Peter Lang
Verlag: Frankfurt, 2001, S. 83 – 90.

Die Zukunft der kosmischen Entwicklung

Arnold Benz

1. Voraussagen sind das Ziel der Naturwissenschaften

Die Voraussage der Zukunft spielt seit den Anfangszeiten in der Astronomie eine wichtige Rolle. Altägyptische Astronomen konnten bereits vor den jährlichen Überschwemmungen des Nils warnen, und Babylonier wußten Mond- und Sonnenfinsternisse vorauszusagen. Heute können zukünftige Planetenbahnen, Ebbe und Flut, die Lebensdauer der Sonne und vieles mehr vorausberechnet werden. Eine der ganz wichtigen Einsichten der Physik in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts war aber, daß es auch Vorgänge gibt, die man aus mathematischen Gründen nicht voraussagen kann. Diese Vorgänge nennt man chaotisch (oder nicht-linear).

Die Erde ist ein Teil des Universums und entwickelt sich folglich mit ihm. Unsere nähere Umgebung wird dominiert durch die Sonne und die Planeten. Aber auch Asteroiden, Kometen und kleinste Körper bis zur Größe von Staubkörnern bewegen sich auf elliptischen Bahnen quer zu den planetaren Kreisen. Die Bahnen kreuzen sich, und es kommt gelegentlich zu Kollisionen oder Meteoriteneinschlägen, wie wir sie auch nennen. Die Zahl der Einschläge wird aus Kraterzählungen auf Mond, Erde und Mars bestimmt. Sie ist im inneren Sonnensystem seit mehreren Milliarden Jahren konstant geblieben. Die Wahrscheinlichkeit eines größeren Einschlags in den nächsten tausend Jahren ist heute genau bekannt.

So ist zum Beispiel mit einem Einschlag eines Meteoriten mit einem Durchmesser von einem Kilometer, etwa von der Größe jenes der das Nördlinger Ries verursachte, durchschnittlich alle drei Millionen Jahre zu rechnen. Die Energie entspricht der Detonation von 100 Gigatonnen TNT, und der aufgewirbelte Staub kühlt das Erdklima für Jahre ab. Man kennt heute etwa 200 Asteroiden dieser Größe, welche die Erdbahn kreuzen und irgendwann die Erde oder den Mond treffen werden. Es gibt aber wahrscheinlich total noch zehnmal mehr solche Objekte, also etwa 2000.

Die einzelnen Objekte haben die bemerkenswerte Eigenschaft, daß ihre Bahnen nicht beliebig weit in die Zukunft extrapoliert werden können. Die Sonne wie auch mehrere Planeten bestimmen die Bahn eines Kleinkörpers. Sie beeinflussen sich aber auch gegenseitig und bilden zusammen ein System. Ein Fehler, den man bei der Bahnberechnung wegen ungenauer Anfangswerte immer macht, wächst dann exponentiell: anfangs langsam, dann immer schneller. Dies bedeutet, daß nach einer gewissen Zeit, der sogenannten Lyapunov-Zeit, die Ungenauigkeit dermaßen stark anwächst, daß auch ein verbesserter Anfangswert keine wesentliche Verlängerung der Voraussagezeit bringt. Dieses Verhalten ist typisch für chaotische Systeme. Bei manchen Asteroiden ist die Voraussagezeit nur einige hundert Jahre.

Chaos im Sonnensystem bedeutet unter anderem, daß wir nicht berechnen können, an welchem Datum der nächste Himmelskörper auf der Erde einschlagen wird.

Die Bahnen der Nachbarsterne sind ebenfalls chaotisch. Daher läßt sich nicht langfristig im voraus berechnen, welche Sterne dem Sonnensystem nahe kommen und welche in ihrem Endstadium in unserer Nähe als Supernova ausbrechen und mit ihrer Einstrahlung unsere Umwelt verändern werden. Die Wahrscheinlichkeit ist einmal in hunderttausend Jahren.

Trotz dieser Katastrophen wird das Leben auf der Erde weitergehen; aber nicht für immer. Die Sonne hat bereits einige Procente des Wasserstoffs zu Helium verschmolzen, der Druck im Kern ist angestiegen und die Verschmelzungsrate steigt. Seit der Entstehung hat die Leuchtkraft der Sonne bereits um 40% zugenommen. Unser Zentralgestirn wird in 5,5 Milliarden Jahren in die Phase der Roten Riesen eintreten. Zwar sinkt die Oberflächentemperatur der Sonne dann auf 3000°C , aber ihr Durchmesser steigt ums Hundertfache, sodass die Abstrahlung weiter zunimmt. Aus diesem Grund wird die Temperatur auf der Erde weit über tausend Grad Celsius anwachsen, zu heiß für jegliches Leben. Unser Planet wird dann nicht mehr bewohnbar sein.

Nach der Rote Riesenphase zieht sich die Sonne zu einem Weißen Zwerg zusammen und kühlt über Trillionen von Jahren langsam aus. Da sie aber nur noch die Größe der Erdkugel haben wird, kann sie nicht genug abstrahlen, um die Erde nennenswert zu wärmen. Auf der Erde wird sich die Temperatur des Weltraums von minus 270 Grad Celsius einstellen.

Vielleicht wird das Leben dann in andere Planetensysteme auswandern. Aber auch dies ist nicht für unendlich lange möglich. Es entstehen heute zwar immer noch neue Sterne in unserer Galaxis, der Milchstraße. Es gibt Wasserstoff für etwa 100 Milliarden weiterer Sterne. Die letzten Sterne werden wahrscheinlich am Rande der Milchstraße entstehen, vielleicht ausgelöst durch eine Kollision mit einer anderen Galaxie. Irgendwann, in etwa 10 Billionen Jahren, wird aber die Epoche des Sternenlichts zu Ende gehen. Die letzten Weißen Zwerge kühlen aus und kein Stern wird mehr leuchten.

Durch Sternbegegnungen geht der Milchstraße Energie verloren, zum Teil in Form von Gravitationswellen, zum Teil durch Sterne, die aus der Galaxis geschleudert werden. Die Bahnen der verbleibenden Sterne werden kleiner, der Durchmesser der Milchstraße schrumpft. Im Zentrum der Milchstraße, fünfundzwanzigtausend Lichtjahre von hier, befindet sich ein Schwarzes Loch mit 2,7 Millionen Sonnenmassen, wo die Materiedichte und damit die Schwerkraft so groß sind, daß selbst das ausgestrahlte Licht wieder zurückfällt. Die Überreste von Sternen verschwinden in spätestens 10 Trillionen Jahren im zentralen Schwarzen Loch.

Die neusten Beobachtungen mit dem Hubble-Teleskop legen eine unendliche Expansion des Universums nahe. Das Universum wird demnach immer größer und hat eine unbeschränkte Lebensdauer. Gemäß der wichtigsten physikalischen Theorie zerfallen aber die Protonen und mit ihnen alle Materie in etwa 10^{33} Jahren. Bei ihrem radioaktiven Zerfall entstehen Positronen und Photonen.

Auch die Schwarzen Löcher leben nicht unendlich lange. Sie strahlen eine geringe Wärmestrahlung ab, infolge der sie in 10^{100} Jahren schließlich verdampfen. Zuletzt würde das Universum nur noch aus Photonen, Elektronen und Positronen bestehen. Diese ferne Zukunft

des Universums ist allerdings wegen der unsicheren physikalischen Theorien noch sehr spekulativ.

2. Die Zukunft ist offen

Die Zuverlässigkeit wissenschaftlicher Voraussagen müßte von Fall zu Fall diskutiert werden. Wie sich Vorräte abbauen, hängt nur vom Anfangswert und der Verbrauchsrate ab. Im Fall der Lebenszeit der Sonne, ist die Energiefreisetzung nicht konstant. Sie kann an älteren Sternen beobachtet werden, die in ihrer Entwicklung schon weiter fortgeschritten sind, und wird in der Berechnung entsprechend berücksichtigt. Die Modelle können damit getestet werden und die Vorhersage ist recht zuverlässig.

Bei Systemen mit mehreren wechselwirkenden Elementen, wie zum Beispiel ein Planetensystem, ist dies anders. Ihre Entwicklung ist chaotisch, und Voraussagen über dynamische Vorgänge können weder genau noch zuverlässig gemacht werden. Beispiel: Die Erdbahn kann kurzfristig sehr genau vorausberechnet werden, wie zum Beispiel Voraussagen von Sonnenfinsternissen zeigen. Aber dies gilt nur für die nächsten 100 Millionen Jahre. Wir kennen die Position der Erde im Sonnensystem auf 15 Zentimeter genau. Wollten wir berechnen, wo auf ihrer Bahn die Erde in 200 Millionen Jahren sein wird, müßten wir die heutige Position nicht doppelt genau kennen, sondern etwa auf einen Atomdurchmesser genau. Auch die Erdbahn ist chaotisch wegen der Wechselwirkungen mit anderen Planeten.

Wir halten zunächst fest, daß durch Erhaltungsgrößen ein fester Rahmen für die Entwicklung auch sehr komplexer Systeme gegeben ist. Zum Beispiel ist sehr gut belegt, daß die Energie eines abgeschlossenen Systems konstant bleibt. Dieser Rahmen legt einen Bereich von Entwicklungen fest, die überhaupt möglich sind. Gerade in komplexen Systemen ist dieser Bereich aber noch sehr groß.

Innerhalb des Rahmens der Erhaltungssätze entwickeln sich viele natürliche Systeme im Universum chaotisch, weil ihre Elemente miteinander in Wechselwirkung stehen. Obwohl ihre Entwicklung im Prinzip durch bekannte Gleichungen exakt determiniert ist, lassen sie sich nicht im Detail vorausberechnen. Für uns bleibt die Entwicklung offen.

Die Offenheit der Zukunft kann nicht darüber hinweg täuschen, daß alle uns bekannten Himmelskörper (und nicht nur sie!) Alterungsprozessen unterworfen sind und schließlich zerfallen. Ihr Zerfall hat einen zwingenden Charakter.

3. Bisherige Entwicklung des Universums war sehr kreativ

Die Kehrseite zum allgemeinen Zerfall ist nun aber die Tatsache, daß alle Objekte im Universum auch einmal entstanden sind.

Die meisten Dinge im Universum sind nicht im Urknall entstanden, sondern haben sich erst im Laufe der Zeit herausgebildet. Nicht nur neue Objekte sind entstanden, darüber hinaus haben diese selbst wieder neuartige Entfaltungsmöglichkeiten geschaffen, sodass die Kreativität stufenweise anwachsen konnte. Bei jedem Stufenschritt entstand eine neue Kategorie von Dingen, die auf den vorangegangenen aufbaute, z.B. entstanden Galaxien, als

das Universum eine halbe Million Jahre nach dem Urknall durchsichtig wurde. Wahrscheinlich entstanden erst in diesen Galaxien die ersten Sterne. Die ersten Sterne wiederum produzierten kosmischen Staub, aus dem in späteren Sternenerationen Planeten wurden. Erst dann konnte Leben entstehen. Dieses wieder war schließlich eine Voraussetzung für das menschliche Bewußtsein. Das Universum hat sich mehrmals stark verändert seit dem Urknall und die Entwicklung war über alle Stufen hinweg sehr kreativ.

Neue Sterne entstehen, wenn interstellare Dunkelwolken zu kleineren Wolkenkernen fragmentieren und diese kollabieren. Das Neue entsteht inmitten des Zerfalls der Dunkelwolke oder, wie im Beispiel des kosmischen Staubs von zerfallenden alten Sternen, als Folge eines Zerfalls. Das Neue entwickelte sich nicht aus dem Nichts, vielmehr enthält es das Alte. Eine der wichtigen Bedingungen zu seinem spontanen Entstehen ist ein Zustand von Nichtgleichgewicht, das erst die Dynamik ermöglicht. Die meisten neuen Strukturen und Objekte im Universum haben etwas Überraschendes und wären kaum voraussagbar gewesen, hätte es schon Menschen gegeben. Im Nachhinein können sie aber kausal erklärt werden, wenn auch vielfach die Details bis heute unbekannt geblieben sind.

4. Zukünftige Entwicklungen deuten

Es besteht folglich eine merkwürdige Asymmetrie zwischen dem Zerfall aller Dinge im Universum, den wir zum Teil genau vorausberechnen können, und dem Entstehen von Neuem, das nicht prognostizierbar ist. Weil es diese beiden Strömungen gibt, spielt das Erkennen von Mustern eine große Rolle. Mustererkennung ist eine wichtige Art der menschlichen Erkenntnis und unterscheidet sich vom reinen Messen. Hier machen wir einen entscheidenden Schritt von den exakten Wissenschaften zu den anderen Naturwissenschaften und schließlich in Richtung Religion¹. Mustererkennung bedingt, daß wir die Fakten deuten. Deuten ist dann nötig, wenn wir ein Phänomen nicht in mathematisierbare Elemente zerlegen können.

Deuten geschieht in zwei Schritten:

Die menschliche Vernunft wählt zunächst aus zahllosen Wahrnehmungen und Erfahrungen Fakten aus, die sie als besonders typisch bezeichnet. Dieser Auswahlprozeß kann auch unbewußt oder unreflektiert geschehen. Bezüglich der Zukunftserwartung nennen wir es die „Zeichen der Zeit“ in der Gegenwart.

Der zweite Schritt beim Deuten ist das Erkennen eines Musters. Es wird durch frühere Wahrnehmungen oder Erfahrungen konstituiert, durch das „Musterbeispiel“. Das Muster wird dann durch seine Ähnlichkeit mit der neuen Situation wieder erkannt, nämlich dann, wenn die Probe und das Musterbeispiel innerhalb einer gewissen Marge übereinstimmen. Bei der Mustererkennung können Fehler entstehen, indem ein Muster nicht erkannt oder eine Übereinstimmung fälschlicherweise gemeldet wird.

Das zweistufige Deuten (mit Auswahl und Mustererkennung) ist eine unumgängliche Methode für gewisse Fragestellungen und hat wichtige Anwendungen in der Technik (Robotik). In der Erwartung der Zukunft deuten wir die Gegenwart. Es stehen mehrere Muster zur Verfügung beim Deuten der Zeichen der Zeit:

¹ Benz, A., *Die Zukunft des Universums: Zufall, Chaos, Gott?*, Düsseldorf: Patmos, 1997, S. 199ff.

1. Es wird immer besser. Dieses „Fortschrittmuster“ mutet heute etwas antiquiert an.
2. Es bleibt alles gleich. Es ist das Muster der „ewigen Wiederkehr“: Das Alte zerfällt, und junges Leben blüht aus den Ruinen.
3. Es zerfällt alles. Alles wird schlimmer, noch mehr Entmenschlichung, noch mehr Kommerz, kurz „no future“.
4. Etwas Neues wird entstehen. Der Zerfall und der Tod haben nicht das letzte Wort. Dieses Muster ist zentral für die christliche Hoffnung, wo die Geschichte von Karfreitag und Ostern das Musterbeispiel geben.

Die vier Muster sind diametral verschieden. Demnach können sich die Deutungen der selben Gegenwart widersprechen. Erst spätere Erfahrungen bestätigen oder widerlegen eine bestimmte Deutung.

Das Deuten der Gegenwart ist nicht belanglos, denn die auf uns zukommende Zukunft verlangt nach Vorbereitung, Initiative oder Abwehr. Die Perspektive des gewählten Deutungsmusters kann eine sich selbst erfüllende Tendenz haben: Wer nur Zerfall sieht, wird schließlich selbst untergehen. Umgekehrt können konsequente Anhänger des „Positiven Denkens“ den Fortschritt nicht herbeizaubern. Spätestens im Tod holt sie der Zerfall wieder ein. Menschen sind Meister im Deuten, vielleicht weil gutes Mustererkennen ein Vorteil in der Selektion und Evolution der Hominiden war. Wer gut deutet, hat mehr Chancen zu überleben und Nachkommen zu haben. Wer falsch deutet, den bestraft die Zukunft.

Hoffnung für die Zukunft haben, kann heißen, auf etwas Neues zu setzen, auf etwas, das es jetzt noch nicht gibt, oder nur in Anzeichen sichtbar ist. Hoffnung bewirkt dann ein Deuten der Zeichen der Zeit in der Erwartung von etwas Neuem. Gewiß, das kann auch Illusion sein, also eine billige Hoffnung, welche die Fakten verdrängt. Hoffnung muß aber nicht billig sein. Woher nehmen wir Hoffnung?

Die Naturwissenschaft bietet keine Hoffnung an, diesem Begriff begegnet man in der Astrophysik nicht. Hoffnung gründet auf Erfahrungen des Vertrauens, und diesbezügliche Wahrnehmungen sind nicht Teil der Naturwissenschaften.

Naturwissenschaft und Religion schauen beide in die Zukunft und berühren sich dabei. Sie haben aber verschiedene Perspektiven, und eine gewisse Spannung ist unvermeidlich:

- Die Astrophysik kann über kurz oder lang nur den Zerfall voraussehen. Neues ist nicht prognostizierbar, wenn auch nicht unmöglich.
- Im christlichen Glauben ist Hoffnung zentral, Hoffnung trotz allem Zerfall und selbst wider die Vernunft, selbst Hoffnung im Tod.

Um diese Gegensätze genauer zu verstehen, müssen wir kurz die fundamentalen Voraussetzungen der beiden Gebiete diskutieren.

Naturwissenschaft und Religion gehen von verschiedenen Wahrnehmung und Erfahrungen aus. In naturwissenschaftlichen Messungen und Beobachtungen wird Objektivität verlangt. Meßresultate müssen reproduzierbar sein, der Forschende ist also austauschbar und das Resultat von ihm unabhängig. Im Gegensatz dazu ist der Mensch an religiösen Erfahrungen immer mitbeteiligt. Ich würde nicht sagen, daß sie rein subjektiv sind. Aber der Mensch selbst ist das eigentliche Meßorgan für religiöse Wahrnehmungen. Daher ist der oder die Wahrnehmende nicht austauschbar. Religiöse Erfahrungen haben eine gewisse Ähnlichkeit mit Kunsterlebnissen. Damit ist klar, daß die Ausgangspunkte von Naturwissenschaft und

Religion von allem Anfang an grundverschieden sind. Sie spannen in der Folge auch zwei verschiedene Ebenen von Sprache und Methode auf.

Die beiden Ebenen können jedoch nicht vollständig getrennt werden, denn sie sind dem gleichen Menschen zugänglich. Durch einen Standpunkt außerhalb der beiden Ebenen ist es möglich, sie miteinander in ein Verhältnis zu setzen. Zwei Bemerkungen zu Verhältnis der beiden Ebenen:

1. Die Spannung zwischen Naturwissenschaft und Religion bezüglich der Zukunftserwartung kann nicht völlig harmonisiert werden und muß bleiben. Es ist die Spannung zwischen praktischem Wissen und visionärer Hoffnung. Diese Spannung ist in uns selbst, nicht zwischen Fachgebieten. Sie ist ein wichtiger Teil der Wirklichkeit und unseres Lebens.
2. Die beiden Ebenen kommen dann in konstruktive Berührung, wenn die eine der anderen zum Bild wird. Praktisch geschieht dies, indem eine religiöse Erfahrung oder die Hoffnung durch eine Metapher aus der naturwissenschaftlichen Ebene erläutert wird. Die Metapher (gr. = Übertragung) überträgt ein bekanntes Muster (zum Beispiel „Neues entsteht“) aus einem anderen Bedeutungsbereich.

Das Beispiel: Hoffnung könnte man durch folgende Metapher ausdrücken:

So wie unser Planet aus kosmischem Staub entstanden ist, der Asche zerfallener früherer Sterne, so wird aus dieser Welt etwas Neues entstehen.

Die Hoffnung, welche hier ausgedrückt wird, ist nicht aus der Entstehungsgeschichte von Planeten herzuleiten, sondern muß aus der anderen, religiösen Wahrnehmungsebene entstammen, in der dieses grenzenlose Vertrauen erfahren wird.

Hoffnung auf Neues ist eines von mehreren Deutungsmuster. Entscheiden wir uns für dieses Muster, wird die vergangene Entwicklung des Universums zum Bild für die Zukunft. Noch mehr: Im Deuten bewerten wir das naturwissenschaftlich Vorfindliche und interpretieren es aufgrund anderer, zusätzlicher Erfahrungen. Die naturwissenschaftlichen Fakten erscheinen in einem neuen Licht und unter einer bestimmten Perspektive.