

Harald Lesch

Was hat das Universum mit mir zu tun?

Vorlesung erster Tag

Sie müssen zwei wesentliche Gedankenexperimente mit mir machen. Das ist die, wie es so schön heißt, „Take-away-message“ des Tages.

Das erste Gedankenexperiment ist: ich werde Ihnen im Laufe dieses Vortrages – wenn nicht an diesem Tag, dann morgen, erklären, dass das Universum expandiert.

Obwohl man immer seltener einen Parkplatz findet, ist das eine wissenschaftliche Tatsache. Also irgendwas stimmt da offenbar nicht, aber Sie werden schon sehen.

Also, das Universum expandiert. Das bedeutet – und das ist das erste wesentliche Gedankenexperiment, das Sie mit mir machen müssen – gestern war es kleiner. Vorgestern war es noch kleiner. Und vor einigen Jahren war es noch kleiner. D.h. wir können gedanklich mit dem Universum ganz ganz langsam irgendwo hingehen, und es immer kleiner und kleiner und kleiner und kleiner werden lassen. Bis wir an einen Punkt kommen, wo wir sagen werden: Das ist der Anfang.

Das ist die eine Geschichte. Nämlich die Geschichte des Anfangs des Universums. Ich werde Ihnen ziemlich viel darüber erzählen, wie man als naturwissenschaftliche Katze um den heißen Brei des Universums herumschleicht. Sie werden mit alten Bekannten zusammentreffen. Unter anderem mit Aristoteles, wenn Sie wollen, der diesen Punkt auch schon aufgeschlagen hat. Sie werden dann im weiteren Verlauf der Vorlesung nichts anderes tun, als das ganze Universum sich expandieren lassen und hin sich zu dem entwickeln, was wir heute haben. Also das Universum hat ein gewisses Alter, es ist nicht unendlich lang, aber es hat ein gewisses Alter.

Was hat das Universum mit uns zu tun? Nur damit Sie eine Ahnung haben, mit wem Sie es zu tun haben: ich unterrichte Philosophie an der Hochschule für Philosophie der Jesuiten. Aber ich bin Protestant. Und zwar vom Scheitel bis zur Sohle. Mit anderen Wor-

ten: Ich bin der Quotenketter an der Hochschule für Philosophie – und ich fühle mich dort sauwohl, unter uns gesagt. Ich unterrichte Astrophysik an der LMU und eben Philosophie an der Hochschule für Philosophie.

Das Thema „Was hat das Universum mit uns zu tun?“ ist ein trojanisches Pferd. Man schiebt eine Weltdeutungsfrage in den Hörsaal und möglicherweise sind Sie alle hier, um Antworten diese Frage zu bekommen, aber das ist natürlich nichts anderes als ein Trick. Um Sie mit einer Gedankenwelt in Kontakt zu bringen, die Ihnen möglicherweise ja vielleicht gar nicht gefällt. Oder Sie sagen, ich will doch mal was darüber wissen. Nämlich unter anderem mit der Gedankenwelt der Naturwissenschaften bzw. des Naturalismus. Wo sind die Grenzen des Naturalismus, des methodischen Naturalismus? Wie weit kann man da gehen und was wird da eigentlich gefordert? Und warum funktioniert das so gut?

Machen wir eine kleine Reise durch das Universum. Wir haben auch nur 100 Mio. Lichtjahre zu durchlaufen. Wir fliegen mit annähernder Lichtgeschwindigkeit auf Orion los. Mit ungefährer 30-50facher Lichtgeschwindigkeit sausen wir durch das Weltall an der großen Wolke des Orion vorbei, dem Pferdekopfnebel vorbei und sausen nun in Richtung unserer Milchstraße, wo das Licht der Sterne das Gas erleuchtet. Wir kommen an einem toten Stern vorbei – an einer Sternleiche. Das ist übrigens mein Spezialgebiet. Ich bin Sternpathologe. Jetzt kommen wir gleich an unserer Nachbarin vorbei, 2,25 Mio. Lichtjahre – die Andromedagalaxie. Und jetzt sausen wir in Richtung Intergalaktischem Medium. Und daran sehen Sie schon, dass das alles Wahnsinn ist. Jetzt auf die Landebahn drauf und jetzt aber auch rein in den Galaxienhaufen. Man trifft dann in der Mitte auf N 87 eine riesengroße elliptische Galaxie. In der elliptischen Galaxie ist ein schwarzes Loch mit vielleicht 30 Mrd. Sonnenmassen. Und keiner steht auf und sagt: „Was erzählen Sie denn da, woher wissen Sie denn das alles?“ Woher weiß der Mann das? Alles gelernt.

Woher weiß der das? Und was hab ich Ihnen da eigentlich erzählt?

Ich hab Ihnen die Geschichte einer langen Reise – ungefähr 100 Mio. Lichtjahre erzählt. Ein Lichtjahr, nur damit Sie eine Ahnung

Was hat das Universum mit mir zu tun?

haben, ist klar. Ein Jahr = 365 Tage. Pro Tag 86400 Sekunden, das Licht macht 300.000 km pro Sekunde und so weiter. Das ist eine unglaubliche Länge. Man kann sie sich nicht vorstellen. Ich kann sie mir nicht vorstellen. Also wenn Sie sich fragen, oder manche mich nach einem Vortrag fragen: „Können Sie sich das wirklich vorstellen?“ ... Nein.

Was wir betreiben ist Physik. Und das Universum ist für uns nichts anderes als ein Laboratorium

Was wir betreiben ist Physik – Astrophysik. Wir betreiben Astronomie, nicht mehr wie das früher der Fall war, Benennung von Objekten am Himmel. Physik als die Lehre von der Natur und des Universums, das größte, von dem wir überhaupt wissen, also betreiben wir Astrophysik.

400.000 Kilometer, das ist die einzige Strecke, die Menschen authentisch zurückgelegt haben, von denen sie sagen können, das ist zu lange. Das ist nämlich die Reise von der Erde zum Mond. Die Amerikaner waren die Ersten auf dem Mond.

Das ist eine Reise von dreieinhalb Tagen, so lange dauert das. 400.000 km dauern dreieinhalb Tage, das sind aber nur 1,3 Lichtsekunden. Der Abstand zwischen Erde und Mond sind nur 1,3 Lichtsekunden. Können sie sich dann vorstellen, was es bedeutet, Hunderttausende von Lichtjahren zu durchfliegen? Diese Reise haben wir vorhin gedanklich gemacht. Also mit anderen Worten, das was da tatsächlich draußen los ist, hat mit uns nichts zu tun. Das ist übermenschlich groß. Das Universum brachte uns hervor. Das ist sicherlich das Allerwichtigste, weil es uns klar macht, wir haben eine Geschichte. Und das wird ein ganz starker Punkt sein im ganzen Vortrag.

Wir sind ein Teil der Geschichte der Natur. Ganz sicher. Wir verstehen das Universum – teilweise. Und zwar deshalb, weil unser Erkenntnisapparat selber ein Teil der Geschichte der Natur ist. Dass wir die Welt verstehen können, ist kein Wunder, denn wir sind ein Teil der Geschichte der Natur. Wenn wir die Welt nicht verstanden hätten – und zwar Generationen, viele Generationen vor uns, würde es uns gar nicht geben.

Die Geschichte der Evolution, ist eine Geschichte von Erfolgen. Die Misserfolge sind immer schon weg. Es kann sein, dass es fliegende Elefanten gegeben hat, die waren aber nicht sehr erfolgreich,

die sind nämlich sofort wieder herunter gefallen bei ihrem ersten Flug, und konnten sich nachher nicht mehr vermehren. Das hat dazu geführt, dass sie ausgestorben sind. Und man hat nichts von ihnen gefunden. Das ist ein typisches Argument der Evolutionstheorie. Es kann vieles gegeben haben, es hat sich aber nicht durchgesetzt. Das Universum ist die größte „Spielwiese“ des Universums der Forschung, denn es ist der ideale Platz um unsere Erkenntnisfähigkeit tatsächlich zu trainieren. Was können wir wissen? Es sind unvorstellbare Abgründe von Raum und Zeit, wenn sie sich das mal für einen winzigen Moment vorstellen.

Nun komme ich zum zweiten Gedankenexperiment: Wenn sie am Abend in den klaren Himmel, und es nicht regnet, dann können Sie tatsächlich die Sterne sehen. Wenn sie Sterne sehen können, dann sehen sie diese auch. Das ist miraculös. Das bedeutet nämlich, dass zwischen ihrem Auge und diesen Sternen nichts ist, was das Licht verschluckt – ist Ihnen das bewusst?

Wenn ich die Hand vor meine Augen halte, sehe ich die Sterne nicht mehr. Das liegt daran, weil das Licht da nicht durchkommt. Die Tatsache, dass sie Objekte sehen können, die tausende und abertausende Lichtjahre von Ihnen entfernt sind, bedeutet, zwischen Ihnen und diesem Objekt, das das Licht ausgesandt hat, ist nichts, was das Licht verschluckt. Das zeigt schon wie unglaublich leer das Universum ist. Es ist aberwitzig leer.

Das ist die Hölle. Ganz allein und es ist nichts da. Gar nichts. Erinnerns Sie sich an den Anfang des Universums. Daran werden wir arbeiten, wenn es um die Grenzen von Raum und Zeit geht.

Das ist natürlich Ahnenforschung. Astronomie ist Ahnenforschung auf höchstem Niveau, hätte ich fast gesagt. Es ist die größte Form von Ahnenforschung. Wo kommen wir überhaupt her. Es gibt ja immer mal wieder mal Zweifel an der Methode der Naturwissenschaften. Ja, die machen so Experimente da. Wahrscheinlich wollen die da sowieso nur das rauskriegen, was die auch rauskriegen wollen. Das andere wollen sie gar nicht wissen.

Wir Astronomen dagegen, wir können ja an die Objekte unserer Begierde gar nicht heran. Die sind weg. Die sind da draußen. Also wir sind gewissermaßen die Guten. Also wir können gar nicht manipulieren, d.h. man könnte natürlich. Aber warum sollte man. Denn, der Himmel ist gewissermaßen für alle, wir können keine

Was hat das Universum mit mir zu tun?

Experimente machen, aber wir können trotzdem anhand von Beobachtung herausfinden, ob die Naturgesetze – und da bin wieder bei dem nächsten Punkt, den wir von der Erde kennen – auch im Universum gültig sind.

Und jetzt kommt vielleicht der große – wie heißt es so schön in der amerikanischen Kulturkunst – „The Showstopper“. Das ist der Punkt, der also die Show komplett abbricht. Wir suchen nach Naturgesetzen. Diese Naturgesetze sind nicht formuliert in irgendeiner Sprache, die des Menschen zunächst einmal eigen war, sondern in einer Kunstsprache der Mathematik.

Die Mathematik. Das ist die einzige unabhängige Sprache, die wir zur Zeit haben. Sie macht es möglich, dass sich auch Leute aus völlig unterschiedlichen Kulturbereichen über die Ladung des Elektrons – sie erinnern sich noch, das hat ja eine bestimmte Ladung, die negative Ladung – völlig einigen können. Und zwar unabhängig von ihrer Religion, ihrem Geschlecht, ihrer Weltanschauung – .Das Elektron ist negativ geladen und trägt die bestimmte Menge an Ladung. Und es gibt Naturkonstanten, die sind für alle gleich. Es gab 1957 ein – das ist ja schon lange her, ist aber eine wunderbare Geschichte, weil es klar macht in welchen Zeiten man da lebte und wie irrsinnig alles war – es trafen sich also kommunistische und kapitalistische Politiker. Das ist eine riesengroße Konkurrenz und sie verglichen miteinander die Naturkonstanten, die sie gemessen haben. Und man war erschüttert, vom jeweiligen Klassenfeind hörte man praktisch genau dieselben Zahlen, die man auch hatte. Dabei war man doch auf der einen Seite fest davon überzeugt, dass kapitalistische Naturkonstanten natürlich falsch sein müssen und die Kapitalisten waren der Meinung, dass die Kommunisten nie im Leben in der Lage sein werden, die Naturkonstanten so genau sein müssen. Dass es überhaupt keinen Unterschied gab, war also schon ziemlich erschütternd. Also offenbar hält sich die Natur in keiner Weise an irgendeine von unseren Weltanschauungen. Weder an die eine, noch an die andere. Gar nichts.

Und das ist vielleicht das Allerwichtigste was an diesem Universum zu bemerken ist. Es ist alles, was wir haben und was wir wissen können. Mehr ist nicht drin. Ich hab's mal so genannt: das Universum ist das Absurdeste, was man sich überhaupt denken kann. Also wer immer dafür zuständig ist – grandios.

Es gibt ein großes Problem: Wenn man sich mit einem solchen Thema wie der Astronomie auseinandersetzt, oder überhaupt mit den ganzen Naturwissenschaften auseinandersetzt, dann taucht ein richtiger Abgrund auf. Das eine ist das Subjekt. Das Subjekt empfindet sich in einer gewissen Art und Weise als durchaus einmalige, unwiederholbare Zeitlichkeit. Ich bin einmalig. Sie sind es auch. So etwas gibt's nur einmal, das kommt nie wider. Es ist zu schön um wahr zu sein. Es ist auch nicht die vollständige Wahrheit, es ist die subjektive Wahrheit und die ist ganz besonders wichtig für uns, denn das macht uns als Person aus.

Auf der anderen Seite steht nun das, was in den letzten 300 Jahren zu immer mehr und mehr aufgeschwungen hat, was unsere Weltdeutung heute massiv – um nicht zu sagen fast total – beherrscht. Das ist die Welt der Wissenschaft. Und namentlich die Welt der Naturwissenschaften und dort ganz besonders die Welt der Physik. Nichts ist derartig triumphal auf diesen Planeten reingebrochen, wie die Physik. Und das Verfahren, das dazugehört. Was dazugehört sind die Dinge, und es wird gesucht nach berechenbaren Naturgesetzen. Z.B. Differenzialgleichung, Symmetrien. Entscheidend ist: die Naturwissenschaft sucht quantitativ, reproduzierbare Ergebnisse, die überall auf der Welt, an jedem Punkt dieser Welt zu reproduzieren sind. Deswegen haben wir keine Debattenkultur in der Naturwissenschaft. Wir diskutieren nicht, sondern wenn einer etwas behauptet, dann wird ein Experiment gemacht. Wenn das Experiment sagt, tut mir leid, die Behauptungen deiner Hypothesen haben sich nicht eingestellt, dann ist es gestorben. Es gibt dort keine Fraktionen, die dann sagen: ja aber wir haben schon 1953 in unserem Papier deutlich drauf hingewiesen usw. Können sie vergessen. Sie können sich auf den Kopf stellen, Sie können sonst was fordern, wie groß die Lichtgeschwindigkeit sein soll. Es ist egal. Es funktioniert alles von ganz alleine.

Und das ist das große Problem. Die Physik und namentlich eben die Astrophysik ganz besonders, ist auf Geschichtslosigkeit aus, obwohl Geschichte ein großes Merkmal unseres Daseins ist. Wir kommen auf diese Welt und die Welt ist schon da. Das ist unser großes Problem. Man kann aus der Physik sonst was machen. Ein Sprachproblem, eine Sprachanalyse – wie das ja geschehen ist. Aber das Problem des Kosmos ändert sich dadurch überhaupt nicht. Auch wenn Sie drüber schweigen ändert sich nichts.

Was hat das Universum mit mir zu tun?

Sie können Wittgenstein lesen solange sie wollen. Bis der Arzt kommt. Es ändert sich nichts daran – gar nichts. Die Philosophie hat sich dem Problem des Kosmos völlig verschlossen, völlig. Da wird lieber sprachanalysiert, aber der Kosmos ist da. Er spricht – tatsächlich, wenn man ihn befragt. Interessanterweise kann man ihn befragen, nämlich in mathematischer Form. Das bedeutet mit anderen Worten: Wenn wir den Kosmos mathematisch befragen und wir bekommen mathematische Antworten, dass offenbar zumindest eine Art von mathematischer Sprachstruktur im Kosmos vorhanden sein muss.

Also wir sind handelnde, verhaltende Sozialstrukturen entwickelnde, kulturelle Lebewesen, die – mit Phantasie – begabt sind. Die unter anderem eben viele, viele kulturelle Leistungen hervorbringen können.

Wenn ich einen Außerirdischen träfe – ich weiß man muss vorsichtig sein mit den Leuten – aber ich würde ihn als Physiker nicht fragen: Welche Naturgesetze habt ihr? Denn es sind die gleichen wie bei uns. Aber ich würde ihn fragen: Welche Musik spielt ihr? Welche Bilder malt ihr? Welche Geschichten erzählt ihr euren Kindern? An welche Götter glaubt ihr?

Denn das ist das, was die Außerirdischen wirklich zu etwas Besonderem macht. Die Konstituenten, also die Bauteile aus denen sie bestehen, sind die gleichen wie bei uns. Nicht dieselben, nur die gleichen. Die Kräfte, warum sie entstehen konnten sind die gleichen wie bei uns. Denn, die Behauptung der Welt, nämlich die Beschreibung der Welt durch die Physik ist eine objektive. Wir möchten die Welt so weit objektivieren wie es nur geht. Und dann ist auch der Außerirdische nur einer unter vielen. Dann ist auch der Außerirdische quasi auch nur ein Mensch. Deswegen werden die auch nicht viel anders sein als wir. Was soll z.B. ein Methanatmer auf einem Planeten wie der Erde? Der würde nicht hierher kommen.

Nur um sie mal in die Gedankenwelt miteinzuführen: Wenn es tatsächlich so sein sollte, dass die Naturgesetze, die wir von der Erde kennen, überall im Universum gültig sind, dann können wir uns ja schon mal einen Planeten vorstellen, der komplett von einem Meer bedeckt ist – reine Wasserlebewesen. Entwickeln Wasserlebewesen Raumfahrt? Naja, kann ja sein. Aber! Vorsicht: für die Entwicklung von Raumfahrttechnologie ist die Durchführung von Hochspan-

Harald Lesch

nungsexperimenten unerlässlich. Das macht man unter Wasser aber nur einmal – und dann nie wieder. Merken sie, was das für Konsequenzen hat, wenn man sich einmal auf diese Hypothese einlässt?



Das ist die Welt in der wir leben. Das ist ein Bild, mit dem können sie etwas anfangen. Da wächst was. Aber das ist übrigens unberechenbar, was sie hier sehen. Das ist nicht mehr berechenbar. Ein solcher Naturzusammenhang, wie der den sie hier sehen, das ist nicht mehr physikalisch berechenbar. Man kann etwas sagen über die Verdunstung des Wassers und vielleicht über die Verdunstung der Kohlenstoffeinheiten, die hier so herumstehen. Aber im Großen und Ganzen ist das ein nicht mehr berechenbarer Zusammenhang.



Ich habe dieses Bild mit den Autos extra genommen. Weil das sind noch Wagen, die man gut verstehen kann. Da macht man die Motorhaube auf und man sieht die ganzen mechanischen Teile und

Was hat das Universum mit mir zu tun?

dann heißt es, lass mal an, dann kann man sehen, wie sich alles bewegt. Wenn sie heutzutage eine dieser digitalen Kisten aufmachen, dann sehen sie nur noch so einen grauen Monolithen und überall ist irgendwas aufgezeichnet – auf Englisch natürlich – „don't touch“. Auf keinen Fall berühren, weil wenn du was berührst, ist da eine 17 Jahresgarantie, oder was für eine Garantie auch immer – wenn die auch nur einen Fingerabdruck erwischen – dann ist die Sache gelaufen. Dann wirst du für jede Reparatur, die gemacht werden muss, richtig bezahlen. Und dann gibt es links und rechts serielle oder parallele Schnittstellen. Da kommt der Mechatroniker und sagt einem dann: „Das kann man nicht mehr reparieren, kann ich ihnen aber gerne bestellen.“

Aber unter diese Autos konnte man sich noch drunter legen. So mit einem Hämmerchen, wenn der Anlasser nicht mehr funktionierte. Man sah, wenn der Keilriemen kaputtging.

Also das ist alles ordentliche saubere Physik.

Die große Frage ist natürlich: Was hat denn das alles mit dieser Frage nach dem Universum zu tun? Unser Zuhause ist ja eine drehende, leicht feuchte Gesteinskugel, die umgeben ist von einem Luftmeer. Und wir leben auf dem Boden des Luftmeers. Das ist zunächst mal nichts Besonderes.



Das hier ist schon ein Bild, das nicht mehr stimmt. Das ist natürlich schon ein Trick. Nämlich die Sonne. Die können Sie so nicht sehen da draußen. Da oben das orange farbene Teil. Dahinten den Mond, den können sie tatsächlich so sehen, wenn sie draußen sind. Aber vor allen Dingen sehen sie hier dieses unglaublich dünne Luft-

meer, was in den letzten fünfzehn Jahren immer mehr und mehr zur Sorge Anlass gibt. Weil offenbar der Planet sich global erwärmt. Möglicherweise nicht ohne unser Zutun sich so stark verändert, wie wir das hier am Boden eines Luftmeeres erleben. Das ist auch dafür verantwortlich, dass wir Ohren haben.



Das ist jetzt das erste ordentliche physikalische Bild des Tages: Der tatsächliche Zusammenhang ist viel komplizierter. Sie, ich, alles auf diesem Planeten was irgendwie lebt, gibt es überhaupt nur, weil die Sonne, die in einem Abstand von 150 Mio. Kilometer Energie freisetzt und an ihrer Oberfläche eine Temperatur von 5700-5800 Grad hat, eine unglaubliche Menge an Energie abgibt. In sechs Stunden bekommt die Sahara so viel Energie wie die gesamte Welt pro Jahr ausgibt bzw. verbraucht.

Uns gibt es nicht nur deshalb, weil die Sonne so heiß ist, sondern vor allen Dingen, weil das Universum so kalt ist. Des Nächens nämlich, gibt die Erde einen großen Teil von dem, was sie tagsüber bekommen hat, wieder ans Universum zurück. Wir stehen wie Forellen in einem Bach. Leben wir in einem Energiefluss? Lebewesen sind kosmische Durchlauferhitzer. Solange wir genügend Energie bekommen, können wir unsere Form aufrechterhalten. Wenn wir im Gleichgewicht mit der Umgebung sind, sind wir tot. Also, dass wir so weit vom Gleichgewicht entfernt sein können, das hat damit zu tun, dass wir in einem gewaltigen Energiefluss leben. Der stellt eine so große Menge an freier Energie zur Verfügung, dass Moleküle

Was hat das Universum mit mir zu tun?

anfangen können sich miteinander zu verbinden, große Moleküle zu bilden, chemische Reaktionen aufzubauen usw.

Jeder Gedanke auf diesem Planeten ist ein Resultat der Produktion von Kernenergie innerhalb der Sonne. Auf diesem Planeten würde nichts passieren ohne die Sonne. Kein guter Gedanke, kein böser Gedanke – überhaupt nichts. Alles hängt nur von dem Kernreaktor ab dort oben und von der Tatsache, dass unsere Atmosphäre inzwischen durchlässig geworden ist für die Wärmestrahlung der Erde. Sie werden einen anderen Planeten vielleicht kennen, die Venus, da ist die Oberflächentemperatur 450 °C, 90 der Atmosphärendruck. Warum? Dessen Atmosphäre besteht praktisch nur aus Kohlendioxid, galoppierender Treibhauseffekt usw.

Das ist eine physikalische Aussage und die stammt aus dem Gebiet der Nichtgleichgewichtsthermodynamik. Wo übrigens auch die Chaostheorie hingehört. Zu den Nichtgleichgewichten. Dann, wenn was passieren kann. Und zwar wenn möglichst viel gleichzeitig passieren kann, dann kann man im Chaos landen.

Die Bereitstellung von neuen Möglichkeiten – das ist das, was das Universum immer und immer weiter antreibt. Allerdings in immer kleineren und kleineren Volumina. Die komplexeste Struktur, von der wir heute überhaupt wissen, ist unser Gehirn.

Im Gehirn gibt es mehr Schaltmöglichkeiten, als es Elementarteilchen im Universum gibt. Wir könnten mehr daraus machen – stimmt. Aber vielleicht ist ja genau das das Potential. Der Mensch ist das Tier, das Potential hat – nach oben, er kann besser werden.

Diese Struktur da oben, die Entwicklung bis hin zu dieser Struktur, ist eine der wesentlichsten Fragen der modernen Naturgeschichte an dessen Anfang tatsächlich das Universum steht.



Harald Lesch

Der Mensch traut sich sogar in dieses völlig abartige Universum hinaus und hinein. Wir haben inzwischen angefangen, uns tatsächlich in das Weltall hinaus zu begeben, um herauszufinden, was da los ist. Und man stellt fest, das was die Astronomen erzählen, scheint nicht völlig unsinnig gewesen zu sein.

Wir sind sogar schon auf dem Mond gewesen. Eine grandiose Sache, aber ich weiß von den amerikanischen Astronauten, dass sie am liebsten dieses Bild kommentieren:



Menschen waren
auf dem Mond

Nämlich wieder nach Hause zu fliegen.

„So schön es auf dem Mond auch immer gewesen ist“, sagte mir Charles Duke von Apollo 16, man war heilfroh als die Mondfähre wieder startete und man wusste, so – jetzt noch zwei Stunden, dann ist man wieder beim Mutterschiff und dann kann man wieder nach Hause fliegen. So interessant es auf dem Mond gewesen ist, man war heilfroh wieder auf der Erde anzukommen.

Das besondere an dieser Geschichte ist, hier ist natürlich nicht der Mond im Vordergrund und auch nicht das Raumschiff. Sondern hinten der blaue Planet. Möglicherweise ist das wichtigste Foto, das jemals im 20. Jahrhundert gemacht worden ist, das Bild gewesen, das Apollo 8 am 21. Dezember 1968 aufgenommen hat. Als zum ersten Mal drei Männer den gesamten Planeten Erde gesehen haben. Also seitdem ist klar, die Erde ist keine Scheibe – ganz sicher nicht. Und wir kommen alle von diesem Planeten.

James Label, einer der Astronauten von Apollo 8, die ja dann zum Mond geflogen sind, sagte, das wirklich irrsinnige ist, du bist auf dem Mond und die Erde verschwindet hinter deinem Daumen. Alle deine Freunde, alles was dich jemals in deinem Leben beschäftigt hat, ver-

Was hat das Universum mit mir zu tun?

schwindet hinter deinem Daumen. Das ist eine winzig kleine Kugel und du bist trotzdem heilfroh, wenn du wieder heim fliegen kannst.

Stellen Sie sich mal vor, sie kommen zurück von einer langen Reise am Rande des Universums. Und Sie sehen nichts, bis sie am Mond vorbeifliegen und dann sehen sie diese blaue Kugel. Ganz alleine, weit und breit. Sie dreht sich sein 4,56 Mrd. Jahren um einen Stern herum, den wir Sonne nennen.

Also wenn uns das Universum überhaupt etwas angeht, dann vor allen Dingen auf der Suche nach den anderen. Gibt es die anderen noch? Gibt es also die Naturgesetze, die wir von der unbelebten Natur kennen? Gibt es die auch für die belebte Natur?

Kann man vielleicht sogar sagen, dass, wenn auf einem Planeten alle Bedingungen da sind, dass sich automatisch Leben entwickelt? Und entwickelt sich Leben immer zu intelligenten Lebewesen?

Und gibt es noch andere intelligente Lebewesen im Universum? Das ist eine der wesentlichen Fragen, die dazugehört. Und, was man nicht vergessen darf, es ist die Frage nach dem Anfang.

Da gibt es eine schöne Geschichte: Es gab bei der Europäischen Union eine größere Anhörung über die Energieverluste bei europäischen Stromnetzen. Es trug jemand vor und stellte unter anderem das Phänomen der Kirchhoffsche Gesetze vor. Das sind Gesetze, die mitteilen, welche Verluste sie bei Hochspannungsnetzen bzw. überhaupt bei Stromkreisen haben. Dann kam aus der hintersten Reihe der Zwischenruf: „Was heißt denn hier Gesetze, Gesetze, Gesetze. Die kann man doch ändern!“ Und es wurde protokolliert.

Das zeigt uns, dass verschiedene Leute vielleicht diesen Vortrag noch einmal hören sollten. Es gibt Gesetze, über die kann man nicht diskutieren. Naturgesetze sind solche. Und die sind in Mathematik gegossen.

Was die Physik unternimmt, ist eine Analyse der Welt. Also wenn sie die Welt als einen Text begreifen, dann ist die Physik zuständig für die Grammatik. Und welche Wissenschaft den Text deutet, das ist eine ganz andere Geschichte. Wir Physiker sicherlich nicht. Wenn wir es tun, dann sollten wir das ausdrücklich sagen. Hier hab ich als Physiker gemessen, gerechnet usw. Jetzt unternehme ich eine Deutung, der von mir gemessenen Dinge. Aber man sollte das eine nicht mit dem anderen vermischen. Das ist das, was man in der Physik einen Kategorienfehler nennt. Also wenn Sie irgendwo lesen,

irgendjemand wäre auf der Suche nach Gott, wenn er die Kostenlinderungsstrahlung misst, das können sie komplett löschen.

Das eine hat überhaupt nichts mit dem anderen zu tun. Da muss man sehr positiv sein, dass man das eine mit dem anderen nicht verwechselt. Beim Spagat kann man nicht so lange durchhalten.

Das was wir tun, ist also immer nur eine Analyseform. Und diese Analyseform ist außerordentlich erfolgreich. Aber häufig ist es so, dass die Deutung der Welt, wenn man zu genau hinschaut, außerordentlich problematisiert wird. Wie z.B. das Phänomen des Wassers. Das können Sie nicht daran erkennen, wenn sie nur das Molekül untersuchen. Ein Molekül macht noch kein Wasser. Erst fünf oder sechs machen Wasser.

Die Physik ist eine sinnfreie Angelegenheit. Nicht sinnlos. Die kennen nämlich keinen Sinn. Die moderne Physik ist geprägt vom Verzicht auf metaphysische Fragestellungen und darauf beruht auch unser Erfolg. Physik ist also bescheiden geworden. Und sie wissen ja, Bescheidenheit ist die schlimmste Form der Eitelkeit. Hat Oskar Wilde gesagt, der muss es ja wissen.

Unsere Wissenschaft ist geprägt durch eine sehr starke Spezialisierung und durch Verzicht. Wenn man etwas nämlich sehr genau wissen will, kann man nicht gleichzeitig alles andere auch sehr genau wissen. Auch unser Tag hat nur 24 Stunden, unsere Woche hat nur 7 Tage. Das heißt, wir sind gezwungen zur Spezialisierung. Je tiefer man in die Materie eintaucht, umso wichtiger und wichtiger wird tatsächlich die Spezialisierung. Und wichtig ist aber auch, dass eine Bildungseinrichtung, wie z.B. eine Universität, trotzdem in großen Vorlesungen das ganz große Bild angeboten wird.

Was haben diese einzelnen Dinge miteinander zu tun? Die Suche nach Naturgesetzen um das Leben zu identifizieren. Das heißt z.B. die Drehung der Erde, die Drehung des Mondes um die Erde, das Auf- und Abgehen der Sonne, die Bewegung der Planeten auf dem Himmel, die Bewegung der Sterne und so weiter und so weiter.

Das was wir wollen, was wir versuchen herauszufinden, ist quantitativ. Das ist ein ganz, ganz altes Verfahren, das schon über 4000 Jahre alt ist. Das heißt im mathematischen Naturgesetz, wie Karl Friedrich von Weizsäcker mal geschrieben hat, verstehen wir genau das, was wir überhaupt an der Natur verstehen können. Mehr ist nicht drin. Mehr geht gar nicht. Möglicherweise das tiefste, was wir

Was hat das Universum mit mir zu tun?

über die Natur überhaupt wissen können, ist das mathematische Naturgesetz. Was beim Durchgang und Rückgang durch die Natur und ihrer Geschichte das Letzte bleibt. Damit ist nicht gemeint, im Sinne von: das ist ja wohl das Letzte, sondern, das ist das letzte des mathematischen Naturgesetzes.

Ich weiß, das ist jetzt in etwa so als wenn ein Ägyptologe in Hieroglyphen zeigt. Ich will ihnen eigentlich nur damit sagen: Es gibt verschiedene Verfahren und z.B. da oben die Maxwell-Gleichungen. Das sind Gleichungen, die beschreiben das, was mit ihnen passiert wenn sie einen Schraubenzieher in eine Steckdose stecken. Das kann man genau ausrechnen, was mit ihnen dann passiert. Oder, die so genannten Einsteinschen Feldgleichungen. Das sind also Sensorgleichungen, die beschreiben tatsächlich die Entwicklung des gesamten Kosmos. Das sind die Gleichungen, die Einstein aufgeschrieben hat aus der allgemeinen Relativitätstheorie.

Das ist das mathematische Rüstzeug, mit dem wir uns in der Astrophysik auseinandersetzen. Wenn wir uns also die Frage stellen: Was hat das Universum mit uns zu tun?, dann ist ihnen jetzt hoffentlich klar geworden, wir leben in diesem Universum – haben sie ja vorher schon gewusst. Sie haben auch schon gewusst, dass wir auf einem grünen Planeten leben – aber sie haben vielleicht den einen oder anderen Gedanken, den sie jetzt gehört haben, zu dem ganzen Komplex der Astrophysik bzw. der Weltauseinandersetzung noch nicht gehört.

Die Physik ist ein Paradebeispiel für den methodischen Naturalismus. Das heißt, es ist eine naturphilosophische, anthropologische Position, die ganz klare Anweisungen gibt, wie man sich als Naturwissenschaftler zu verhalten hat. Nach welchen Regeln können wir Naturwissenschaften betreiben? Und es ist eine Hintergrundannahme, die hinter dem ganzen steckt. Ein Weltbild, auch ein Forschungsleiden des Paradigma und eine metaphysische Grundentscheidung. Diese metaphysische Grundentscheidung ist für die Metaphysik eine ziemliche Katastrophe, die dabei stattfindet Denn es bedeutet, der methodische Naturalismus möchte nur so viel Metaphysik wie unbedingt nötig, so viel Realismus wie möglich: mit möglichst sparsamen Mitteln die Welt zu ergründen.

Und wie uns das beim Universum gelungen ist, oder, dass es uns noch nicht ganz gelungen ist, und was das alles mit Ihnen zu tun hat, kommt im zweiten Teil.

Vorlesung zweiter Tag

Zunächst möchte ich ein paar Worte darüber verlieren, über die Methode, wie wir Naturwissenschaften machen und warum wir es wie tun.

Die Physik ist das Paradebeispiel für das, was man Naturalismus nennt. Methodischer Naturalismus ist eine knallharte Angelegenheit. Als Methode ist sie sehr schwierig anzugreifen, weil sie natürlich einen universellen Anspruch hat, aber den kann man bestreiten. Sie hat eine Beschränkung der zur Beschreibung der Klärung zugelassenen Mittel.

Der Naturalismus ist eine Hintergrundannahme, eigentlich eine metaphysische Grundannahme. Der Naturalismus ist ein Programm. Ist etwas ganz besonderes – ist also programmatisch in dem Sinne, dass es nicht zu Ende sein wird. Wie heute ein Fernsehprogramm, das ist ja auch nicht mehr zu Ende. Früher hatte man wenigstens noch so Pausenzeichen am Ende des Tages. Heutzutage läuft das Programm komplett durch. Der Naturalismus ist daher eine sehr moderne Erscheinung – geht also auch ohne Sendepause immer weiter und entwirft ein kosmisches Gesamtbild, also ein sogenanntes Weltbild. Er ist noch keine Weltanschauung.

Damit wird auch dem Menschen ein gewisser Platz zugeschrieben und alles was wir über die Welt wissen, müsste dann tatsächlich naturalistisch zu erklären sein. Es gibt einen naturalistischen Fehlschluss: Wenn man tatsächlich alles versuchen würde, naturalistisch zu erklären.

Die entscheidenden Thesen sind:

1. Es geht in der Welt mit rechten Dingen zu.

Jede Hypothese muss an der Erfahrung scheitern können. Ich kann natürlich behaupten, das Universum sei eine Schildkröte. Kann ich machen. Und eine Schildkröte, die wiederum auf einer Schildkröte steht, die ihrerseits wieder auf einer Schildkröte steht, die natürlich ihrerseits wieder auf einer anderen Schildkröte steht. Das kann man alles machen, kann man aber nicht überprüfen.

Erich von Däniken hat z.B. solche Ideen hervorgebracht, die man nicht überprüfen kann. Theorien müssen im Prinzip an der Erfahrung scheitern können. Selbst rekonstruierende Theorien müssen an der Erfahrung scheitern können. Wenn es also irgendwelche neuen

Was hat das Universum mit mir zu tun?

Daten darüber gibt, dann muss es auch verschwinden können, wenn es mit der alten Theorie nicht überein zu bringen ist.

Jedes Mal dann wenn eine Theorie eine Vorhersage macht, muss es ein Experiment geben können, das im Prinzip diese Vorhersage untersuchen kann. Wenigstens im Prinzip. Wenn allerdings jemand durch den Urknall durchintegriert und von einer Zeit vor der Zeit spricht, dann wird es problematisch. Der Naturalismus ist eine sparsame, einfache Angelegenheit, die so elementar wie nur irgendwie möglich ist und auf diese Art und Weise an Problemen versucht, die ziemlich kritisch sind.

Die erste „Take-away-message“ des Tages: Die Naturgesetze von denen wir wissen, gelten überall im Universum.

Das ist maximaler Chauvinismus. Chauvinismus ist der Glaube an die Überlegenheit der eigenen Gruppe – und da sind die Physiker nicht ganz unbetroffen davon. Stellen sie sich mal vor, ein Lebewesen auf einem Planeten im Universum behauptet, dass was er hier so vorfindet, das gilt überall im Universum.

Wir können bei der Suche nach Außerirdischen davon ausgehen, dass die genauso sein werden wie wir. Wir kennen alle chemischen Elemente. Es gibt keine weiteren als die, die wir haben.

Es gab den Tag ohne gestern und aus diesem Tag ohne gestern gibt es das größte logische Problem, das wir überhaupt kennen. Nämlich ein Anfang, der selber gar keinen Anfang hatte. Aus diesem Anfang ist alles geworden, was geworden ist.

Wenn das Universum expandiert, dann wird es morgen größer sein, aber gestern war es kleiner. Das heißt sie können systematisch gedanklich an den Anfang des Universums gehen. Z.B. in eine Welt, wo das Universum so groß ist wie ein Saal, wie ein Atom, wie ein Atomkern und noch kleiner. Was ist die kleinste kausale Struktur, die man im Universum überhaupt haben kann. Und davon wird die Rede sein: Das Geheimnis des Anfangs. Alles andere, was danach geworden ist, ist gewissermaßen schnell erzählt: Das Universum breitet sich aus, die ersten chemischen Elemente entstehen, nach ungefähr 20 Mio. Jahren sind die ersten Gaswolken da, die ersten Sterne entstehen und diese Sterne produzieren alle chemischen Elemente, die schwerer sind als Helium. Alles was hier so sitzt, alle Kohlenstoff- und Stickstoffeinheiten, alles was hier so sitzt, besteht zu 92 % aus Sternenstaub. Und dieser große Materienkreislauf hat relativ schnell

im Universum angefangen. Vor 4,56 Mrd. Jahren ist ein Stern explodiert, und dieser Stern hat seine schweren Elemente in eine Gaswolke hineingetrieben, aus der das Sonnensystem entstanden ist. 85 % aller Elemente im Sonnensystem stammen von einem Stern. Also unsere Atome haben sich schon irgendwo einmal gesehen.

Vor 4 Mrd. Jahren hat es eine merkwürdige Transformation von Materie gegeben. Nämlich hin von toter Materie zu lebendiger Materie. Wie z.B. Einzeller ohne Sauerstoff und Einzeller mit Sauerstoff. Und dann ewig nichts. Wenn sie die Erdgeschichte in einem Jahr zusammenpressen, hat es zum ersten Mal Leben, das keucht und fleucht, am 16. November gegen 17:30 Uhr gegeben.



Dieses Bild erzählt ihnen die komplette Naturgeschichte einmal durch. Es gibt ein paar Lücken, aber im Wesentlichen wissen wir, wie es gelaufen ist. Das wesentliche Potential, das hinter diesem Modell steckt ist:

1. Es gibt drei große Vorhersagen, die gemacht worden sind von der Kosmologie, die sind alle gefunden worden.
2. Es kann in der Rekonstruktion praktisch alle wesentlichen Abläufe der letzten 13,7 Mrd. Jahre erklären.

Was hat das Universum mit mir zu tun?

Kosmologie, als die Wissenschaft vom gesamten Universum, ist nun eine der größten Herausforderungen an den menschlichen Intellekt überhaupt. Willi Vossenkuhl, ein Philosoph, hat einmal gesagt: „Ihr Astronomen, ihr seid die letzten richtigen Philosophen. Weil ihr die Einzigen seid, die sich um das Ganze kümmern. Wir sind doch schon längst spezialisiert. Der eine mit diesem, der andere mit jenem. Aber ihr Astronomen, die ihr Kosmologie betreibt.... Dann beschäftigt ihr euch mit allem was da ist. Mit allem.“ Nur musste ich ihm dann auch sagen: „Mein lieber Willi, wir beschäftigen uns auch nur mit dem, was innen drin ist. Also wir machen nur Innenarchitektur. Wir können tatsächlich immer nur innere Eigenschaften des Kosmos entdecken.“

Wenn ich ihnen sage, das Universum hatte einen Anfang, dann denken sie sofort, was war davor. Das ist so sicher wie das Amen in der Kirche. Wenn ich ihnen sage, das Universum expandiere, dann stellen sie sofort die Frage, wo hinein. Muss ja Platz sein, damit das Ding sich ausbreiten kann. Und darüber kann ich ihnen nichts sagen. Aber entwerfen wir mal das komplette Weltbild.

Zuerst kommt der Urknall und dann kommt die Moral. Der berühmte Tag von dem Urknall, der Tag ohne gestern, der Anfang von allem. Daraus ist alles geworden, was geworden ist. Mit Hilfe von Elementarteilchen, Prozessen, deren Details ich ihnen ersparen werde, ist etwas passiert, was wir heute ziemlich genau beobachten können: Nämlich der allerletzte Rest vom Anfang.

Es gibt die sogenannte kosmische Hintergrundstrahlung, das ist der Überrest der Prozesse im Universum, danach sind auch die Sterne geworden. Dann sind die Planetensysteme entstanden. Mindestens eines, nämlich das was wir kennen. In diesem Planetensystem ist ein Planet aufgetreten, der Leben besitzt und zwar auf eine merkwürdige Weise strukturiertes Leben. Möglicherweise ist das das Molekül, das im gesamten Universum definiert, was Leben ist und was nicht. Das wissen wir nicht so genau. Das Leben hat sich entwickelt.

Und dann kann man systematisch weitergehen. Nämlich: es gibt ein Bewusstsein und diese Struktur, die ein Bewusstsein hat, hat mit Hilfe sozialer Eigenschaften und vor allem wegen der Eigenschaftssprache eine Gesellschaft gegründet. Und aus diesen Gesellschaften sind Kulturen geworden. Und dann kamen Religionen und dann kommt erst die Moral.

Das ist das komplette naturalistische Programm. So könnte man tatsächlich eine naturalistische Vorlesung halten. Man kann jeden dieser Einzelheiten mit Hilfe von Wissenschaften behandeln.

1929 blickte Edwin Hubble in den Himmel und stellte fest, je weiter Galaxien von uns entfernt sind, umso schneller entfernen sie sich von uns. Das war für ihn die entscheidende Entdeckung, nämlich: dass das Universum expandiert.

Man kann sich das gut vorstellen: man hat einen Luftballon, verteilt die Punkte darauf und wenn man da reinbläst, dann stellt man fest, dass die Punkte, die sich am schnellsten von einander entfernen, die am weitesten voneinander entfernt sind. Und damit war völlig klar, wenn wir diesen Weg gehen, dann muss am Anfang alles ganz ganz anders gewesen sein. Völlig anders.

Astronomen sind ja Lichtdeuter, das was wir anschauen, ist immer die Zeitung von gestern, teilweise von vorgestern. Je tiefer wir ins Universum schauen, umso älter werden die Nachrichten. Und wir sind nur an ganz alten Nachrichten interessiert in der Kosmologie. Am besten die Nachrichten von der allerersten Schlagzeile im Universum. Es gab nur noch keine Leser zu dem Zeitpunkt. Es gab auch niemanden, der hätte drucken können, denn es gab noch keine Teilchen. Das, was wir im Universum sehen, ist eine komplette Selbstentfaltung. Im naturalistischen Programm würde es heißen: Das Universum hat irgendwie angefangen und danach ist alles geworden, was geworden ist. Und zwar vom Urknall bis zum Gehirn.

Das ist natürlich eine ziemlich starke Aussage. Das heißt, wenn wir mit dem Anfang beginnen, dann bekommen wir ein Problem. Also machen wir das so wie Hubble das auch gemacht hat: wir gehen gedanklich an den Anfang des Universums.

13,7 Mrd. Jahre, ist ein langer Weg, das zieht sich. Das Universum wird immer kleiner und kleiner. Wie klein kann es denn jetzt eigentlich werden, das Allerkleinste?

Wenn wir Wissenschaften betreiben, dann tun wir das mit Hilfe von Brillen. Wir haben alle irgendwelche Arten von Sichtweisen. Die wichtigste Sichtweise der Naturwissenschaften ist die der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge. Wenn wir eine Wirkung sehen, möchten wir wissen, was ist die Ursache davon. Und wenn wir diese Ursache wiederum als Wirkung identifizieren, müsste diese ehemalige Ursache jetzige Wirkung also wiederum eine Ursache haben,

Was hat das Universum mit mir zu tun?

die natürlich ihrerseits wieder eine Ursache haben müsste und so weiter.

Diese Kausalitätssucht ist das, was man Naturwissenschaft nennt. Schauen wir also an den Anfang, dann kommen wir bei dem Punkt an: können wir ein Gebiet identifizieren, das gerade noch den Unterschied ausmacht zwischen Ursache und Wirkung? Das ist ein ganz altes Problem. Aristoteles hatte folgendes Weltbild: der natürliche Zustand der Welt ist die Ruhe. Wenn ich einen Ball rolle, dann bleibt er liegen, irgendwann. Der Ball will sich also gar nicht bewegen. Der will liegen. Wenn sich was bewegt, muss es bewegt werden. Wenn ich Planeten am Himmel sehe, die sich bewegen, muss es Bewegter geben, die die Planeten bewegen. Es muss da möglicherweise Beweger geben, die den Beweger bewegen. Und es muss Beweger geben, die den Beweger des Bewegers bewegen. Unendlich viele Bewegter. Es muss einen unbewegten Erstbeweger geben. Oder mit anderen Worten: es gibt einen infiniten Regress, man muss irgendwo einen Abschluss setzen.

Wir Physiker tun das, indem wir zwei große Theorien zusammensetzen:

1. die Theorie der Quantenmechanik. Das war die Theorie, die dazu führt, dass man Digitalelektronik machen kann. 40 % des Weltbruttosozialprodukts – vor der Finanzkrise – wurden mit Quantenmechanik erwirtschaftet. Die Quantenmechanik gibt nämlich über die sogenannte Heisenbergsche Unbestimmtheitsrelation eine kleinste räumliche Länge an, die ich nicht unterschreiten kann. Bin ich kleiner, erfahre ich nichts mehr.
2. Die andere Theorie ist die allgemeine Relativitätstheorie. Die allgemeine Relativitätstheorie verwendet die Vorstellung, dass Gravitation etwas mit Massen zu tun hat. Also schwere Massen im Raum derartig verändern, dass in der Nähe von solchen Objekten der Raum tatsächlich gekrümmt ist. Das kann man messen. Man kann die allgemeine Relativitätstheorie in der Nähe der Sonne mit einer Präzision von tausendstel Promille genau messen.

Das sind beides Theorien, die Grenzen vorgeben. Die allgemeine Relativitätstheorie, das ist die Theorie von den schwarzen Löchern. Wenn Massen in sehr kleinen Volumina zusammengepresst werden, dann wird ein schwarzes Loch daraus. Die Sonne zum Beispiel

müsste auf 3 Kilometer zusammenschrumpfen. 300.000 Erdmassen hat die Sonne. Wenn sie auf 3 Kilometer zusammenschrumpfte, dann würde sie zum schwarzen Loch werden. Aus ihr käme nichts mehr heraus. Die Erde müsste auf 9 Millimeter zusammenschrumpfen, das heißt: Entscheidend ist, wir haben 2 Theorien, mit zwei klaren Begrenzungen.

Die heißen dann Unbestimmtheitsrelation aus der Quantenmechanik, und Schwarzschildradius aus der allgemeinen Relativitätstheorie. Mischen wir die beiden, erhalten wir die kleinste kausal sinnvolle Länge heraus, die die Physik gerade noch definieren kann: $10 \text{ hoch } 35$ Meter.

Teilen wir $10 \text{ hoch } 35$ Meter durch die Lichtgeschwindigkeit: ergibt 5 mal $10 \text{ hoch } 44$ Sekunden. Das ist der Anfang des Universums. Die entsprechende Dichte sind $10 \text{ hoch } 96$ Kilogramm pro Kubikmeter. Die Temperatur sind $10 \text{ hoch } 32$ Grad. So ist der Anfang des Universums. Das ist die kleinste kausal sinnvolle Länge. 5 mal $10 \text{ hoch } 44$ Sekunden ist die kleinste sinnvolle Zeiteinheit. Unser Universum war immer schon da, wenn es angefangen hat. Also wir haben kein Universum zur Verfügung, das man in irgendeiner Art und Weise bei Null anfangen lassen kann.

Wir wissen: $10 \text{ hoch } 35$ Meter ist die Anfangstemperatur und $10 \text{ hoch } 96$ Kilogramm pro Kubikmeter ist die Anfangsdichte. Wobei es überhaupt keine Teilchen gab. Es gab nur Energie.

So beginnt unser Universum. Wenn Sie einmal eine Ahnung haben wollen, wie $10 \text{ hoch } 35$ Meter sind, das kann ich ihnen sagen: Das sind einfach 20 Größenordnungen kleiner als ein Proton.

Ich weiß nicht, ob Sie das kennen, Zustände in denen man besser nicht sein sollte – es gibt solche Zustände – Schwamm drüber.

Es gibt aber auch physikalische Zustände, die nicht sein sollen. Das sind z.B. so Zustände wie Wasser bei 0 Grad. Normalerweise bei 0 Grad Celsius fängt Wasser an zu gefrieren, von oben nach unten. Wenn man aber Wasser ganz langsam abkühlt, also den Wassermolekülen nicht mitteilt, dass es kälter wird, dann friert das Wasser nicht. Wenn sie Wasser ganz langsam abkühlen, dann bleibt es auch unter 0 Grad total flüssig. Der Weltrekord steht bei -17 Grad Celsius. Und ist immer noch flüssig. Wenn dann allerdings jemand ins Labor kommt und sagt: „Hör mal, ich geh jetzt zu...“ – das reicht, und dann macht es ratsch und das Wasser friert durch.

Was hat das Universum mit mir zu tun?

Das ist ein Phasenübergang, der dann passiert. Das heißt, das Wasser war in einem falschen Zustand, in dem es nicht hätte sein sollen, sogenanntes unterkühltes Wasser. Da gibt es eine winzig kleine Störung, dann springt es förmlich in den richtigen Zustand: Nämlich in den Zustand des gefroren Seins. Unserem Universum ist so etwas auch passiert. Es war am Anfang in dem Zustand wie dieses unterkühlte Wasser, und irgendjemand ist in das Labor gekommen und hat gesagt: „du hör mal, ich geh zu...“ und das war's.

Ich kann Ihnen auch die Gleichungen zeigen – dann werden Sie sagen: „Okay, die Geschichte mit dem unterkühlten Wasser ist mir lieber.“

Das ist das, was am Anfang passiert ist, und wir sind uns ziemlich sicher, dass das Universum tatsächlich eine unglaubliche Expansionsphase hinter sich hat. Und sie werden sehen, das sind die Überreste dieser Quantenmechanischen Fluktuation, aber das allertollste für den Rest des Vortrages ist die Entstehung der ersten Strukturen im Universum.

Jetzt kommt die ganz kurze Geschichte der Kosmologie: mehr brauchen sie gar nicht zu wissen. Ganz einfach. Am Anfang gab es Fluktuation aus dem instabilen Quantenvakuum, weiß der Teufel wo es hergekommen ist. Irgendetwas fluktuiert am Anfang. Aber das entscheidende ist jetzt, es gibt eine Kraft im Universum. Das ist die Gravitation.

Die Gravitation ist die schwächste aller Kräfte, aber sie ist die Königin. Alles kommt zu dem, der warten kann – eine chinesische Weisheit. Es gibt auch eine andere: der weise Mann setzt sich an den Fluss und wartet, bis die Leiche seines Feindes vorbei schwimmt. Das brauchen wir hier nicht. Die Gravitation ist viel weiser. Die Gravitation gewinnt immer. Wenn es also in irgendeiner Phase im Universum an irgendeiner Stelle eine winzig kleine Schwankung von Dichte gegeben haben sollte, irgendwo ist es einfach nur ein bisschen dichter als wo anders, dann wird die Gravitation dieses Fleckes systematisch den Außenraum entleeren, denn dort wo es dichter war am Anfang, war die Gravitationskraft stärker und da wird alles hinfließen.

Dass sie heutzutage mit ihrem Auge Sterne sehen können, dass wir mit unseren Mikroskopen Galaxien sehen können, die Milliarden Lichtjahre von uns entfernt sind, das geht nur, weil das Univer-

sum total leer ist. Und warum ist es total leer? Weil von Anfang an diese winzig kleinen Dichteschwankungen im Universum angelegt waren und das gesamte, sehr homogen verteilte Material systematisch in diese Töpfe hineingezogen hat. Die Gravitation ist extrem schwach. Das merken Sie, wenn sie aus einem Hochhaus herunterfallen. Also sagen wir mal, Sie haben so 60 bis 70 Stockwerke vor sich, dann fallen Sie am Anfang völlig frei. Aber wenn Sie dann unten am Boden ankommen, anstatt weiter in Richtung Erdmittelpunkt zu fallen, geht's nicht weiter. Irgendeine Kraft, obwohl Sie doch denken würden, die Gravitation, die hängt doch mit der Masse der Erde zusammen, das ist doch die Ultrakraft – nichts. Wenn Sie unten ankommen – Sie kriegen das dann nicht mehr mit – aber wenn Sie unten ankommen, gibt es eine Kraft die ist $10^{\text{hoch } 36}$ mal stärker als die Gravitation. Das ist die Kraft, die Sie durchschüttelt, wenn Sie einen Schraubenzieher in die Steckdose stecken. Die elektromagnetische Kraft.

Stellen sie sich mal vor, Sie leben in einem Universum mit einer solchen Krafthierarchie. Die Gravitation gewinnt immer, weil sie nicht abschirmbar ist. Es gibt keine Ladung. Aber die Elektromagnetische Kraft, die uns auch zusammen hält unter anderem, ist $10^{\text{hoch } 36}$ mal stärker als die Gravitation. Aber das ist der entscheidende Punkt, diese Fluktuation, diese Schwankung des Anfangs, die generiert worden sind – also erzeugt worden sind – die werden im Laufe des Universum einfach nur noch verstärkt. Das ist alles.

Also die Geschichte des Universums lässt sich in sechs Worten erzählen: am Anfang war es heiß, dicht und homogen, später war es kalt, dünn und geklumpt. So ist das Universum – so ist das gelaufen.

Das was Sie hier sehen, ist Strukturbildung auf allen Skalen. Überall. Lassen wir es expandieren, das Universum. Stellen Sie sich vor, das Universum fliegt auseinander. Hier oben vergeht die Zeit, und wieder sehen Sie, überall da, wo die Gravitation dominiert, da entstehen die ganz großen, neuen Strukturen. Und zwar aus kleinen Bausteinen. Das Universum baut sich auf, aus aller kleinsten Bausteinen. Aus kleinen Galaxien, die zu immer größeren Galaxien werden. Das kann man beobachten.

Heutzutage können wir in die Vergangenheit des Universums so weit hineinschauen, dass wir sehen können, an welcher Stelle sind die allerersten Galaxien entstanden. Das sind 200 Mrd. Jahre nach

Was hat das Universum mit mir zu tun?



dem Urknall. So weit sind wir noch nicht ganz, aber wir kommen immerhin auf 600-700 Mio. Jahre nach dem Urknall. Was sich also hier abzeichnet, ist also ein ganz merkwürdiger Balanceakt.

Wenn das Universum zu schnell expandierte, hätte die Gravitation keine Chance gehabt, irgendeine Struktur zu bilden. Wäre es natürlich umgekehrt gewesen, wäre das Universum zu langsam in seiner Expansion gewesen, wäre die gesamte Materie in ein einziges Objekt zusammengegangen. Es gibt also genau eine Lösung zwischen der ultraschnellen Expansion und der zu langsamen Expansion. Es gibt genau eine Lösung, die es möglich macht, dass ein Universum 14 Mrd. Jahre alt wird. Und das hat ein bisschen was von einer Rasierklinge, die auf einer Rasierklinge steht. Also man kann es ziemlich genau ausrechnen, wenn man das macht. Stephen Hawking hat das gemacht. 1974 hat er festgestellt: das Universum ist auf 59 Stellen nach dem Komma genau abgestimmt. Nicht schlecht. Wir wissen nicht warum, wir wissen nur: wenn es anders wäre, wären wir nicht da.

Jetzt kann man sich natürlich auf den Standpunkt stellen, warum soll ich mich darüber wundern, dass es so ist.

Denken sie mal an den fliegenden Elefanten von gestern. Die können das, aber die werden nicht lange erfolgreich gewesen sein. Und auch hier geht es tatsächlich um den Erfolg eines Universums. Ein erfolgreiches Universum, wenn wir uns mal als Erfolg für einen winzigen Moment definieren wollen, braucht gewisse Bedingungen, damit es überhaupt funktioniert.



Und hier zum Beispiel, was Sie hier sehen, das sind Bilder von Galaxien, die sehr, sehr alt sind. Das Universum wird ja immer größer, aber das heißt, früher war es ja kleiner. Aber an diesem Bild können Sie sehr schön sehen: die Galaxien standen früher sehr viel enger beieinander. Und dann spüren die die gleiche Kraft wie wir, also die Erde vom Mond, nämlich die Gezeitenkraft. Das heißt, die Galaxien spüren einander sehr stark. So wie der Mond die Erde anzieht, zieht die Erde den Mond an. Deswegen: wenn man zur Nordsee kommt, dann ist immer das Wasser weg und sechs Stunden später ist es wieder da. Und hier kann man dann sehen, wie intensiv dieses Gezeitenwirken zwischen den Galaxien stattfindet und dabei enorme Mengen an Gas direkt in Sterne umsetzt. Was hier so sitzt und denkt und schaut, das stammt ursprünglich aus einer Kette von Materienkreisläufen, die angefangen hat mit dieser Bildung von Galaxien. Da sind die allerersten großen Sterne entstanden. Richtig viel. Ungefähr 1 Mrd. Jahre nachdem der Urknall passiert war, da ging die richtige Party erst los. Das was wir heute sehen, ist alles nur noch der letzte Rest vom Schützenfest. Damals ging der Punk ab. Damals waren aber keine schweren Elemente das, um Planeten zu machen. Deshalb gab es auch keine Lebewesen, es gab keine Astronomen. Niemand konnte den Himmel anschauen und sagen, das ist stark hier. Aber es muss unglaublich gewesen sein.

Wenn man sich das anschaut, die langsame Verstärkung – darauf will ich eigentlich hinaus, – dann können wir tatsächlich ein bisschen was verstehen. Von diesen anfänglichen Verdichtungen

Was hat das Universum mit mir zu tun?

der Hintergrundstrahlung ist alles geworden, was geworden ist. Das heißt, aus dem expandierenden Universum konnten mit Hilfe einer unglaublich schwachen Kraft Sterne verschmelzen. Was mit den Sternen passiert ist, die Verschmelzung von Atomkernen. Atomkerne sind positiv geladene Teilchen. Jetzt versuchen Sie doch mal, zwei positiv geladene Teilchen zusammenzupressen, zu fusionieren, zu verschmelzen – zu einem neuen Atomkern zu verschmelzen.

Die Kernkraft ist 100 Mal stärker als elektromagnetische Kraft. Deswegen wird auch so viel Energie dabei frei, wenn wir z.B. große Atomkerne spalten. Dabei wird Kernenergie frei. Das heißt, das, was wir hier sehen, ist der Vorgang, der langsam aber sicher zu der Anzahl von schweren Elementen führt, der es überhaupt möglich gemacht hat, dass ein Planet wenigstens zu leben entwickelt hat. Das ist der Anfang von allem. So sieht das aus. Und wenn wir empfindlich wären für Infrarotstrahlung bzw. Mikrowellenstrahlung, dann würde unser Himmel völlig anders aussehen. Dann würde unser Himmel nämlich so aussehen.



Das ist das, was wir am Himmel sehen würden. Keine Sterne. So gut wie gar keine, sondern einfach nur diese Hintergrundstrahlung. Und nur damit sie eine Ahnung haben, wovon jetzt die Rede sein wird: was wir heutzutage tun können in der Kosmologie, das ist nicht mehr nur das Bild entwickeln, das Universum expandiert und expandiert, wir können sogar sagen was passiert sein muss. Und zwar mit einer Präzision von 1:100.000.

Kosmologie ist lange keine Sache mehr für irgendwelche Spekulanten, die irgendetwas erzählen können: das Universum sei eine Schildkröte auf einer Schildkröte auf einer Schildkröte. Das kann man vergessen. Bei allen logischen Problemen, die wir am Anfang haben, wenn das Universum 80 Jahre heute wäre, dann hätte es seit 5 Stunden Homo sapiens.

Sie kennen ja meinen Lieblingsswitz: treffen sich zwei Planeten. Sagt der eine: „Siehst aber gar nicht gut aus. Was hast du denn?“ Sagt der andere: „Ach, ich hab Homo sapiens“. Da meint der andere: „Ach, mach dir nichts draus, das geht vorbei“.

Wir reisen jetzt gedanklich einfach mal in der Zeit zurück. Von der Erde, durch die Milchstraße immer weiter und weiter zurück. Dann sehen wir also die galaktische Scheibe und das Zentrum unserer galaktischen Scheibe. Wir laufen jetzt auf 100 Mio. Lichtjahre zurück. Wir sind also in der Vergangenheit von einigen jetzt Mrd. Jahre zurück. Hier ist die Erde ungefähr entstanden und dann kommen die allerersten großen blauen Sterne. Und dann ist Feierabend. Hier ist es nämlich dunkel. Hier gibt es die Gaswolken, die gerade entstehen sind und davor ist nichts außer Licht. Gar nichts, überhaupt nichts.

So sieht die Welt aus, als sie 400.000 Jahre alt ist. Nichts als Licht. Ist total langweilig. Das war's.

Machen wir es umgekehrt: Gehen wir wieder nach Hause. Also wir schießen durch diese Wand durch und gehen in unsere Gegenwart zurück. Wir gehen durch diese Lichtwand durch, und sehen die Entstehung der allerersten Strukturen. Das allmähliche Sich-Verdichten des Materials hin zu großen Sternen. Die Fiat-Lux. 200 Mrd. Jahre ungefähr nach dem Anfang, gab es das erste Mal wirklich Licht im Universum. Dann bildeten sich die Galaxien aus und aus den Galaxien bildeten sich in einem gewaltigen Materienkreislauf eben genau das aus, was wir heute darstellen.

Das heißt, wir haben tatsächlich einen ziemlich guten Überblick darüber, wie 13,7 Mrd. Jahre Naturgeschichte aussehen. Wir schauen im Universum zurück auf diese Lichtwand. Was davor gewesen ist, vor dieser Lichtwand, können wir nur theoretisch crackern. Und beackern und herausfinden. Also wir bekommen keine Experimente mehr dafür. Wir können da nur noch über die Vorhersagen gehen, und können sagen: wir müssen uns was anderes einfallen lassen, um

Was hat das Universum mit mir zu tun?

in diese ersten 380.000 Jahre einzudringen. Diese Strukturentstehung hat nicht aufgehört bei den Galaxien.



Das was sie hier sehen können ist eine Wolke, die sie nicht tatsächlich sehen. Das ist der Orion. Sehen sie die drei Gürtelsterne. Und diese Wolke sehen sie eigentlich nie. Aber in dieser Wolke passiert etwas, nämlich der weitere Verlauf der Strukturentstehung.: nämlich die Entstehung von Sternen. Das ist der nächste Schritt. In Gaswolken entstehen Sterne. Sterne sind also Kernfusionsreaktoren, die unter ihrem eigenen Gewicht zusammengefallen sind. Gaswolken, die unter ihrem eigenen Gewicht zusammenfallen und dabei etwas tun, das vielleicht ganz wichtig ist.

Eine Geschichte noch zur Explosion eines Sternes. Nachdem sie also entstanden sind. So ein Stern ist quasi auch nur Mensch, stirbt auch wieder. Und viele von den großen Sternen sterben in einer solchen gewaltigen Explosion, und dabei wird genau das erzeugt, was hier sitzt.

Alle Elemente – schwerer als Eisen – entstehen bei einer Explosion. Wo haben sie etwas, das schwerer ist als Eisen? Gold, haben Sie Gold bei sich, an sich, um sich? Aber es werden alle Elemente von solchen großen Sternen erzeugt. Das was Sie hier sehen, sind die Überreste eines solch gestorbenen Sterns. Der ist so 60-70 Mio.

Grad heiß. Die fliegen mit 20.000 Kilometer pro Sekunde auseinander. Und was man dann aus dem Licht eines solchen Sterns sehen kann, ist das hier.

Also z.B. Magnesium, gegen die Krämpfe in den Waden, Silizium für die Computer, Eisen fürs Blut und Schwefel für die Streichhölzer. Das alles kann man im Licht dieser Überreste an Sternen sehen. Wenn wir also Licht deuten, dann nehmen wir das Licht auseinander, machen eine Spektralanalyse und stellen fest, da draußen gibt es eine Elementespedition, das ist die Supernova. Und das allertollste aus alledem ist: wir haben damit bewiesen, dass es keine Lücken mehr im Periodensystem der Elemente gibt. Wir kennen alle, komplett alle chemischen Elemente, die es im Universum gibt.

Im Periodensystem der Elemente ist es wie mit einer Briefmarkensammlung der Deutschen Demokratischen Republik: da kommt nichts mehr dazu. Das Thema ist erledigt. Das ist die größte intellektuelle Leistung des 20. Jahrhunderts. Dass wir tatsächlich etwas haben, das – falls es uns noch gibt, in 500 Mrd. Jahren – wir unseren Kindern und Kindeskindern erzählen.

Wir kennen alle atomaren Konstituenten des Universums. Alle. Wenn es Außerirdische geben sollte, dann werden die aus irgendeinem Zeug bestehen, wie wir auch. Aus was bestehen wir? Aus CNO und H. Also Wasserstoff und Helium. Das ist das, was in den ersten drei Minuten entstanden ist. Noch ein bisschen Lithium gegen die Depressionen und dann noch Beryllium und Bor. Aber dann der Rest wurde komplett in Sternen erarbeitet. Und tatsächlich geht die ganze Fusion in den Sternen nur bis zum Eisen. Danach muss man Energie zuführen, damit man andere Elemente erzeugen kann. Blei und dergleichen. Und diese Energiezuführung passiert bei der Explosion von Sternen. Das heißt, das was hier so sitzt, ist im Wesentlichen ein Produkt der Sternentwicklung. Und dazu gehört dann ein großer kosmischer Kreislauf.

Die moderne Kosmologie – oder überhaupt die moderne Astrophysik – ist geprägt von Kreisläufen. Das ist ganz eigenartig, das war früher eigentlich überhaupt nie der Fall. Kreisläufe haben uns nicht besonders interessiert. Wir wollten immer wissen, wie geht's weiter. Es muss immer weitergehen. Nein, heutzutage schaut man sich an, wie es wieder zurückläuft. Wir haben Gaswolken aus denen Sterne entstehen. Etliche dieser Sterne sind – das ist wie im normalen Le-

Was hat das Universum mit mir zu tun?

ben – also 90 % der Sterne behalten alles bei sich. Die geben nichts ab. 5-6 % der Sterne sind großzügig genug, ihre schweren Elemente ans Universum zurückzugeben. Und daraus entstehen neue Gaswolken, die ihrerseits wiederum z.B. neue Sterne machen. Und genauso ist unser Sonnensystem entstanden.

Weil ein großer Stern explodiert ist, konnte unser Sonnensystem letztlich nur entstehen. Das ist vor 4,56 Mrd. Jahren passiert und daraus hat sich auf unserem Planeten etwas entwickelt, das einigermaßen bemerkenswert ist. Nämlich eine Lebensform, wie wir sie bis jetzt im Universum noch nicht kennen gelernt haben. Es haben sich Planeten gebildet.

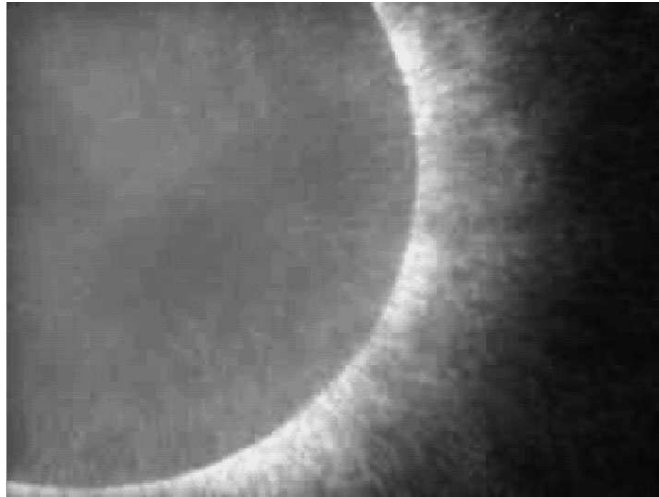
Hier sehen sie wieder die Wirkung der Gravitation in solchen sich drehenden Scheiben. Sie sehen hier die allerersten Klumpen, und danach ist alles passiert. Sobald irgendwo ein Klumpen auftaucht, ist die Sache gelaufen. So entstehen Planeten in drehenden Scheiben. Deswegen drehen sich Planeten um Sterne herum. Weil die in solchen Scheiben passieren, und immer wieder können also auch Planeten miteinander verschmelzen. Und Sie sehen, nach einer Weile sehen sie überall die gleichen Sachen.



Aus einer Scheibe werden Gasklumpen, in dem Fall eben Gasriesen. Wir haben die Sonne, dann haben wir den Jupiter, den größten. Der ist doppelt so schwer wie alle anderen Planeten zusammen. Dann der Saturn, der Uranus, Neptun. Und dann haben wir noch die vier Kleinen. Und früher hatte man noch den Pluto. Der ist jetzt zu ei-

Harald Lesch

nem Zwergplaneten degradiert worden. Hätte ich nicht gemacht. Man hat ihn nach knapp 80 Jahren zum Zwergplaneten gemacht.

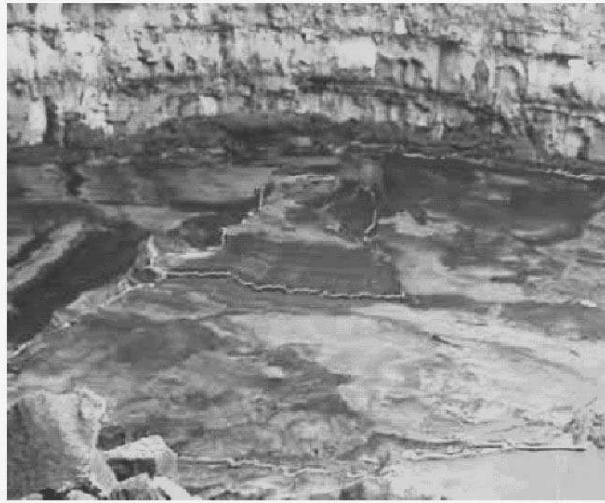


Noch ein Wort dazu, in welcher unmittelbaren Umgebung wir uns alle bewegen. Das ist die Maschine, von der wir alle abhängig sind. Dieser Blick von diesem Stern, den wir Sonne nennen. Und das, was hier besonders hell ist, ist normalerweise das, was im sichtbaren Bereich besonders dunkel ist. Diese Maschine macht seit 4,56 Mrd. Jahren das, was sie soll. Und sie treibt vor allen Dingen enorme Entwicklungen auf unserem Planeten an. Und diese Entwicklungen gehen dahin, dass es das gibt, dass es uns Europäer überhaupt gibt. Dass wir in Europa überhaupt haben eine Kultur entwickeln können, hängt mit einem furchterlichen Einschlag zusammen, der am Anfang der Erde den Mond gemacht hat.

Und das was Sie hier sehen können, auf einem Lavasee in Äthiopien, ist das, was die Erde heute noch antreibt, nämlich die Plattentektonik. Die Platten bewegen sich auseinander, bilden Hotspots. Es gibt Subduktionszonen, wo das eine Material unter dem anderen ist. Genau das gleiche passiert auf dem gesamten Globus.

Unser Planet verfügt über eine Wärmequelle, die ihm dienstgradmäßig gar nicht zusteht. Die hat er nur deshalb, weil vor 4,54 Mrd. Jahren ein Brocken auf die Urerde eingeschlagen ist, der doppelt so schwer war wie der Mars, 20 % Erdmasse hatte. Und dabei ist der Mond entstanden. Der Eisenkern des Einschlägers ist im Inneren der Erde versackt und hat damit eine zusätzliche Wärmequelle produziert.

Plattentektonik, auf einem Lavasee in Äthiopien



Wenn Sie sich jetzt anschauen, was es bedeutet, dass es diese Plattentektonik gibt – die wird nämlich heute nur noch angetrieben durch diese zusätzliche Wärmequelle – es gäbe uns überhaupt nicht ohne den Mond. Also wenn wir keinen Mond hätten, dann würden wir uns 9-10 Stunden um die eigene Achse drehen, wir hätten hier Windgeschwindigkeiten zwischen 300 und 400 Stundenkilometer. Wenn es Lebewesen gäbe, wären die in jeder Hinsicht sehr flach.

Die Rotationsachse der Erde wird stabilisiert durch den Mond und die Bewegung auf der Erde selber. Nämlich das, was man hier sehen kann, wenn man die letzten 500 Mio. Jahre so durchgeht, dann sieht man vor allen Dingen Indien. Achten Sie bitte auf Indien.

Also vor 255 Mio. Jahren, da war es ja hier auf der Erde fürchterlich heiß und fürchterlich kalt und das nacheinander. Aber Indien macht etwas in absehbarer Zeit. Oben ist schon viel. Dann wird Tibet schon angedockt. Dann hat sich Indien auf den Weg gemacht. Und nur weil Indien sich auf den Weg gemacht hat, gibt es uns. Was sonst auf der Welt passiert, ist ziemlich egal. Also der Himalaja spürt schon, dass es ihn geben muss. Die indische Platte knallt gegen die eurasische Platte. Vor 14,5 Mrd. ist alles gut. Achten Sie bitte darauf, dass Südamerika noch eine kleine Öffnung offen lässt. Das heißt, auch in Europa war es schweinekalt, weil das schöne warme Wasser hier einfach weiterfloss. Das tibetanische Hochland ist gerade am Werden. Und dadurch, dass das tibetanische Hochland sich gerade formt, verändert sich die Monsunströmung. In den nächs-

ten Mio. Jahren wird es in Ostafrika trockener werden. Das hat für einige dort anwesende Affen, Primaten erhebliche Konsequenzen. Die Wälder werden dünner. Die Bäume stehen weiter von einander weg. Will man also von einem Baum runter und auf den anderen wieder hoch, hat man dazwischen eine gewisse Strecke irgendwie zu überwinden. Dann war es passiert. In der modernen Welt, also vor 7 Mio. Jahren ist etwas passiert, nämlich die Entstehung einer Gattung der Hominoiden, später der Hominiden und später der Gattung Homo. Letztlich angetrieben durch tektonische Bewegungen, die nur dadurch entstanden sind, dass es ursprünglich ja Einschläge vor 4,54 Mrd. Jahren gegeben hat, der zum Mond geführt hat.

Wenn wir unsere politische Landkarte heute so ansehen: raten Sie mal, was in 15 Mio. Jahren los sein wird. Fahren Sie jetzt mal nach Italien, Sie sehen ja, was passieren wird. Kaufen Sie kein Haus auf Mallorca, langfristig ist das eine ganz schlechte Investition. Kaufen sie jetzt Grundstücke in Polen. In 50 Mio. Jahren wird Warschau das München von heute sein. Das Alpenvorland wird dann in Polen liegen. Durch Europa wird sich ein 6000 Meter hohes Gebirge ziehen. Südamerika kommt den Nordamerikanern immer näher. Fidel Castro wird zwar immer noch auf Kuba sein, aber Kuba gehört dann schon zu Florida.

Es wird alles ganz anders werden.

Man sieht allerdings auch, Europa wird sich von Amerika entfernen. Dafür wird Amerika sich offenbar den Asiaten nähern. Und auch hier unten gibt es einige bemerkenswerte Entwicklungen, Australien wird sich mit den Chinesen zusammentun.

Aber das wirklich tolle ist, man kann all diese Geschichten vom Anfang des Universums über die Entstehung von Teilchen, über die Entstehung von Galaxien, die allerersten Sterne, chemischen Elementen, Planeten, Lebewesen bis hin in die Zukunft hineindenken. Was eines Tages auf dem Planeten einmal zumindest plattentektonisch passieren wird.

Und das alles mit der Maßgabe, dass eine solche Theorie ein großes Erklärungspotential besitzen muss und ordentlich erklären können, nicht nur vorhersagen, sondern erklären können muss.

Ich weiß gar nicht wie ich aus einem solchen Vortrag wieder herauskommen kann, ich weiß gar nicht, was für ein Fazit ich hier ziehen kann. Ich würde mal sagen, ich habe Ihnen ein bisschen was

Was hat das Universum mit mir zu tun?



erzählt darüber, was für eine Naturgeschichte wir erzählen können in der Astronomie, Physik und in den Geowissenschaften. Und wir sind nicht sicher, ob das alles stimmt, aber es könnte was dran sein.