

Ich aber wußte, dass es nur eine Wissenschaft von den Dingen gibt, die sich wiederholen.

Antoine de Saint-Exupéry

Liebe Leserin, lieber Leser,

Maßstäbe, Urmeter und Uhren, sind alltagstauglich, letztlich anthropomorph, woran noch Einheiten wie Elle und Fuß erinnern – nicht natürlich. Für jemanden, der Mikroben oder Milchstraßensysteme im Blick hat, entlegene Dinge, sind Meter oder Stunde schlicht unpassend. Um „astronomische Zahlen“ zu vermeiden benutzt der Astronom beispielsweise das Parsec bzw. Lichtjahr oder, geht es um XXL-Astronomie, das Megaparsec (Mpc). Der Mensch ist habituell angesiedelt zwischen Mikro- und Makrokosmos, ziemlich genau übrigens beim geometrischen Mittel aus dem Allerkleinsten und dem Allergrößten. Die Mesowelt ist unser Ding. In ihr finden wir uns zurecht. Es grenzt an ein Wunder, dass mit mesoweltlich-geprägter Sprache eine Verständigung über „Dinge“ der Mikro- und Makrowelt möglich ist.

Wer versucht, Naturkonstanten zu natürlichen Längen-, Zeit- und Energieeinheiten zu verknüpfen, gelangt zwangsläufig zu den Planck-Einheiten. Max Planck (1858–1947) war wider Willen auf eine neue Naturkonstante gestoßen, das Wirkungsquantum. Zusammen mit Lichtgeschwindigkeit und Newtonscher Gravitationskonstante, war es ihm möglich, die Formeln der Physik von allem Menschlichen, wie Meter, Sekunde und Joule, zu „reinjagen“, indem Längen, Zeiten, Energien usw. als Vielfaches der Planck-Länge, $l_P \approx 1,6 \cdot 10^{-35}$ m, Planck-Zeit, $t_P \approx 5,4 \cdot 10^{-44}$ s, und Planck-Energie, $E_P \approx 2,0 \cdot 10^9$ J, aufgeschrieben werden. Wegen $E = m \cdot c^2$ lässt sich der Planck-Energie, E_P , eine Planck-Masse an die Seite stellen: $m_P \approx 2,2 \cdot 10^{-8}$ kg. Selbst eine Planck-Temperatur gibt es: $T_P \approx 1,4 \cdot 10^{32}$ K. Man kann nicht behaupten, diese Einheiten seien praktikabel, aber eventuell sind sie ja von Bedeutung. Wendet man sich der „kosmischen Inflation“ zu, kommt man nicht um sie herum.

Zuvor aber ist eines für die deutsche Astronomie bedeutsamen Ereignisses zu gedenken: Vor 25 Jahren, am 1. Juni 1990, wurde der Röntgensatellit ROSAT

gestartet. Deutschland war federführend. Acht Jahre lang observierte ROSAT den Röntgenhimmel. Im Oktober 2011 sorgte der 2 1/2-Tonner nochmals für Schlagzeilen als er in der Lufthülle verglühte.

Zeit zum Lesen und einen guten Start in den Sommer wünscht den Lesern des Kosmos-Boten

Hans-Erich Fröhlich

Der Himmel im Juni

Am 6. Juni geht die Venus auf größtmögliche Distanz zur Sonne. Ihre östliche Elongation erreicht $45,4^\circ$. Im Fernrohr posiert sie als Halbvenus. Da sie sich uns nähert, wird sie größer und sichelförmig. Am Monatsende nähert sie sich am Himmel dem Jupiter, an dem sie in $0,4^\circ$ Abstand am 1. Juli vorbeizieht. Bereits am Abend des 20. Juni gesellt sich der junge Mond zu den beiden.

Jupiter geht Anfang des Monats gegen Mitternacht unter. Seine Sichtbarkeit vermindert sich zusehends. Dafür entschädigt Saturn, der die Nachtstunden beherrscht. Er verschwindet am Monatsende vor Einbruch der Morgendämmerung.

Der astronomische Nord-Sommer beginnt am 21. Juni 18 Uhr 38 MESZ. Die Nordhalbkugel der Erde ist der Sonne zu diesem Zeitpunkt besonders zugeneigt, der mittägliche Schatten besonders kurz.

Der letzte Junitag wird um eine Sekunde verlängert. Da MEZler der Weltzeit um eine Stunde voraus sind, findet für sie diese Verlängerung am 1. Juli statt. Es gilt dann für die Dauer einer Sekunde die Zeitangabe 01:59:60 MESZ.

Mr. Newcomb und die Halbzeit

Ist von Kosmologie die Rede, denkt man unwillkürlich an Gigaparsek und Gigajahre. Dabei hat das All klein angefangen. Was heutzutage 1 Mpc misst, maß einst nur km, mm, nm ... Für die Zeit gilt entsprechendes. Ist die erste Sekunde so spannend und aufregend wie die erste Minute oder die erste Jahrmilliarde, stellt sich die Frage nach des Alls „Halbzeit“. Das arithmetische Mittel kann die Antwort nicht sein.

Bankern (und Kriminalbeamten!), die es sowohl mit kleinen Geldbeträgen als auch mit großen zu tun haben, ist geläufig, dass die erste von Null verschiedene Ziffer einer Überweisung mit 30-prozentiger Wahrscheinlichkeit eine „1“

ist. Die „9“ ist 6,5-mal weniger häufig. Das muss so sein. Die Wahrscheinlichkeitsverteilung für die führende Ziffer muss unabhängig von der jeweiligen Währungseinheit gelten und selbst einer Inflation trotzen.

Bereits 1881 ist diese Ungleichbehandlung von Ziffern im wirklichen Leben dem Himmelsmechaniker Simon Newcomb (1835–1909) beim Betrachten einer abgegriffenen Logarithmentafel aufgefallen. Offenbar werden die vorderen Seiten des Tafelwerks häufiger aufgeschlagen als die hinteren. Er schrieb sogar darüber. Publik wurde Newcombs kleine Kuriosität erst nach ihrer Wiederentdeckung durch den Elektrotechniker und Physiker Frank Benford (1883–1948) im Jahre 1938.

Ist keinerlei Größen- oder Zeitskala ausgezeichnet – bei *Skalenfreiheit* – sind Zahlenwerte von Längen, Zeiten, Frequenzen, Temperaturen etc. logarithmisch gleichverteilt. Tonkünstler wissen ein Lied davon zu singen. Die Tonleiter ist logarithmisch¹ aufgebaut. Mit jedem Halbtonschritt ändert sich die Frequenz um 6%. Der Tonumfang meines Klaviers überspannt $7\frac{1}{4}$ Oktaven oder gut zwei Zehnerpotenzen. Keine Tonhöhe² ist ausgezeichnet. (Wären Klavierbauer völlig unvoreingenommen, würden sie auch *gespiegelte* Instrumente anfertigen, wo links der Diskant.)

Die „Klaviatur“ des Universums überspannt räumlich wie zeitlich etwa 200 Oktaven. Der Mittelpunkt meines Klaviers, überm Schlüsselloch, liegt zwischen e^1 und f^1 , der zeitliche Mittelpunkt des Universums auf der logarithmischen Zeitachse bei der $1,5 \cdot 10^{-13}$ -ten Sekunde! Bedenkt man, dass die physikalischen Vorgänge ab, sagen wir, der 10^{-10} -ten Sekunde verstanden³ sind, lehrt die Verwendung des *geometrischen* Mittels aus Planck-Zeit und Weltalter, dass der *größere* Teil der Weltgeschichte *terra incognita* ist – jedenfalls für einen Klavierspieler. In dieses „unbekannte Land“ vorzustößen erfordert Mut. Wir verlassen die Gefilde, wo die Pfade der Physik durch Seile der Erfahrung gesichert sind.

Für den Physiker ist die Geschichte des Universums die einer Abkühlung durch Expansion. Angefangen hat es in der 10^{-44} -ten Sekunde mit absur-

¹Die temperierte Stimmung erlaubt, spielerisch von einer Tonart in eine andere zu wechseln. Bachs „wohltemperiertes Klavier“, der ganze musikalische Kosmos, der darauf aufbaut, er wäre ohne tonale Skalenfreiheit nicht möglich.

²Die Festlegung eines Kammertons ist willkürlich und tut nichts zur Sache.

³Der Grund für diesen Optimismus: Teilchenbeschleuniger wie der LHC beim CERN erzeugen Temperaturen, wie sie damals gang und gäbe waren. Die Geschwindigkeiten, mit denen Teilchen im LHC kollidieren, entsprechen Temperaturen von Billionen von Grad!

den 10^{32} Grad. Die heutige Temperatur beträgt 3 K. Diesen Temperatursturz abzubilden schreit nach doppelt-logarithmischer Darstellung. Die Temperatur fällt umgekehrt proportional zur Größe des Universums. Doppelt-logarithmisch wird aus dem Temperaturverlauf eine Gerade mit dem Anstieg -1 .

Diese Art der Präsentation ist nicht nur praktisch, sie enthebt auch der Entscheidung, welcher Größe man den Vorzug geben soll, der Zeit t oder dem Kehrwert der Zeit $1/t$, der Temperatur T oder deren Kehrwert $1/T$? Um Unvoreingenommenheit zu praktizieren entscheide man sich salomonisch immer für den Logarithmus! Trägt man bei doppelt-logarithmischer Darstellung über dem Logarithmus der Zeit den Logarithmus der Temperatur auf, ergibt sich exakt das gleiche Bild wie beim Auftragen des Logarithmus des Kehrwertes der Temperatur über dem Logarithmus des Kehrwertes der Zeit, bloß dass nun (anstatt von Bass und Diskant) Vergangenheit und Gegenwart die Seite getauscht haben: $\log(1/t) = -\log(t)$ bzw. $\log(1/T) = -\log(T)$.

Die Bevorzugung von T anstatt von $1/T$ ist historisch bedingt. In der Planckschen Strahlungsformel wie bei anderen Verteilungsfunktionen taucht die Temperatur T unterm Bruchstrich auf, so dass man sich fragt, ob man nicht besser den Kehrwert der Temperatur hätte verwenden sollen. Aber da das Thermometer bereits erfunden war, hat man es bei der Kelvinskala belassen. (Was wirklich schade ist. Die Unerreichbarkeit des absoluten Nullpunkts wäre mit $1/T$ kein Thema mehr: Das Unendliche kann man nicht erreichen!)

Einen Bayesianer erfüllt übrigens eine Fehlerangabe wie bei $t_0 = 13,798 \pm 0,037$ Milliarden Jahre für das Weltalter mit Unbehagen. Sie mag zutreffend sein, ist aber irreführend. Es wird suggeriert, es handele sich um einen gaussverteilten Fehler. Angemessener wäre es, von einem relativen Fehler⁴ von 0,27% zu sprechen. Letzteres würde dann auch auf $1/t_0$ zutreffen. Und das wäre ganz im Sinne Newcombs und Benfords.

Zurück zum frühen Kosmos.

Was die Planck-Ära auszeichnet: Die Gewissheit des Physikversagens. Spätestens jetzt ist nicht mehr zu leugnen, dass es mehrere „Physiken“ gibt. Die klassische Gravitationstheorie Albert Einsteins, seine Allgemeine Relativitätstheorie, ist unvereinbar mit der Quantentheorie. Quantenobjekte zittern. Sie können nicht anders. Der Ort lässt sich nicht fixieren. Diese Ortsunschärfe überträte bei einem schwarzen Miniloch unterhalb der Planck-

⁴Was eine Gaussverteilung für $\log(t_0)$ nahelegt!

Masse die Größe des Schwarzschildradius. Von einem schwarzen Loch zu sprechen macht aber nur Sinn, ist garantiert, dass die vom Ereignishorizont gnädig verhüllte Singularität auch verhüllt bleibt.

Die Grauzone zwischen Planck-Zeit und der 10^{-10} -ten Sekunde ist eine Spielwiese qualifizierten Spekulierens.

Inflation

Was wäre natürlicher, als das Universum im zarten Alter von 10^{-44} Sekunden (Planck-Zeit!) mit „natürlichen“ Größen starten zu lassen: einem Kügelchen von Planck-Größe – 10^{20} -mal kleiner als das Proton! –, enthaltend eine Planck-Masse, bei Planck-Temperatur. Nachdem dieses Kügelchen um das 10^{32} -fache gewachsen ist, hat es sich expansionsbedingt auf 3 K abgekühlt. Die Temperatur fällt, wie Leser des Mai-Newsletter wissen, umgekehrt proportional mit dem Radius. Nun hat sich zwar das Baby-Universum von einst enorm gemausert, ist aber dennoch nur Millimeter groß. Das wirkliche Universum ist 10^{30} -mal größer! Wie fast immer in so einem Fall, gibt man deshalb nicht klein bei. Und die Chancen, die Idee von einem natürlichen Beginn zu retten, stehen nicht schlecht. Bei einem Zehn- oder Hunderttausendstel der Planck-Temperatur könnte es im Zusammenhang mit GUT, der Großen Vereinigung der Naturkräfte, durchaus zu einem jähen Wandel des Ausdehnungsregimes gekommen sein, einem Einschnitt, der die Skalenfreiheit bricht. Womit wir (endlich) bei der Guthschen Inflationsidee wären. Im Kern besagt diese, dass es irgendwann nach der Planck-Zeit, aber lange vor der 10^{-10} -ten Sekunde, ausgelöst durch einen Phasenübergang, zu einer Episode *e x p o n e n t i e l l e r* Expansion kam, wodurch alle Abstände um vielleicht das 10^{50} -fache ihres Ausgangswertes gestreckt wurden. Dann erst begann die Ära *m o d e r a t e r p o t e n t i e l l e r* Expansion, die durch ein Weltmodell à la Friedmann beschrieben wird. Vor Alan Guth (geb. 1947) meinte man, Schwerkraft bremse stets die kosmologische Expansion. Inzwischen hat sich herumgesprochen, dass nicht nur Massedichte Schwerkraft erzeugt, sondern auch physikalischer Druck, eine Energiedichte, die dank $E = m \cdot c^2$ in eine Massedichte umgerechnet werden muss. Anders als bei der Massedichte ist eine *n e g a t i v e* Energiedichte durchaus möglich. Man spricht dann von Zugspannung. Überwiegt letztere, wirkt Gravitation abstoßend!

Etwas Mathematik gefällig? Raumexpansion folgt stets⁵ einem Hubblegesetz: $v = H_0 \cdot r$. Die Fluchtgeschwindigkeit⁶ v nimmt mit dem Abstand r zu. Der Proportionalitätsfaktor H_0 heißt Hubblekonstante, was Unsinn ist. Sie ändert sich nur für kurzlebige Astronomen nicht. In Wirklichkeit ist sie bis auf einen Faktor n von ungefähr Eins der Kehrwert des Weltalters t . (Da sich das Weltalter in einer Astronomen-generation nur unmerklich vergrößert, bemerken wir die Abnahme der Hubblekonstanten nicht.) Wir schreiben also $v = dr/dt = (n/t) \cdot r$, d. h. die Geschwindigkeit, mit der sich zwei Raumpunkte voneinander entfernen, ist proportional der mittleren Geschwindigkeit r/t , mit der sie dies in der Vergangenheit getan haben. Der Mathematiker weiß sofort, es handelt sich um ein Potenzgesetz: $r \propto t^n$. Im Fall ungebremster Expansion gilt $n = 1$, bei gebremster ist $n < 1$. (Durch die „dunkle Energie“ ist die Welt komplizierter geworden und n seit einigen Milliarden Jahren selbst eine Funktion der Zeit.)

Der „inflationistische“ Kosmologe nun nimmt den Astronomenjargon wörtlich. Für ihn war die Hubblekonstante einst tatsächlich eine Konstante, nennen wir sie h_0 . Aus $dr/dt = h_0 \cdot r$ folgt $r \propto e^{h_0 \cdot t}$ – ein Exponentialgesetz! Und der Antrieb? Stellen Sie sich eine Kugel aus Nichts vor! Die „Leere“ ist reine Zugspannung, was sogar messbar ist (und ein Hindernis für die Nanotechnik). Bei Vergrößerung der Leere steigt sowohl die innere Spannung als auch – wegen der zugspannungsbedingten negativen Dichte – die gravitative Abstoßung. Je stärker die Zugspannung, desto gewaltiger die gravitative Sprengkraft! Quantenvakuum ist wirklich ein seltsamer Stoff. Seine Menge nimmt, um auf unsere Magdeburger Kugel zurückzukommen, mit der dritten Potenz des Kugelradius zu, die Gravitationskraft an der Oberfläche aber nur mit der zweiten Potenz ab. So will es Newtons Gravitationsgesetz. Insgesamt wächst also die Abstoßung proportional zur Ausdehnung der Kugel. So etwas kennt man – vom Vorzeichen abgesehen – von einer Spiralfeder oder einem Pendel bei geringer Auslenkung. Dort ist die (rücktreibende) Kraft proportional der Dehnung (Hookesches Gesetz). Im Falle der Spiralfeder ist die Lösung eine harmonische Schwingung, im Falle des Vakuums, wegen des geänderten Vorzeichens, etwas exponentiell Anwachsendes – Inflation⁷. Ir-

⁵Das Hubblesche Expansionsgesetz zeichnet keinen Ort als Ursprung der Expansion aus. Es ergibt sich aber auch aus der Inflationshypothese.

⁶Da der Raum sich aufbläht und den Stoff, die Galaxien beispielsweise, bloß mitnimmt, kann von „Flucht“ die Rede nicht sein. Deshalb ist Überlichtgeschwindigkeit auch kein Problem. Der Stoff bewegt sich ja nicht gegenüber dem Raum.

⁷Die Anwachszeit $1/h_0$, mit der sich die Vakuumkugel ausdehnt, berechnet sich fast so

gendwann entlädt sich die aufgestaute Spannung als latente Wärme – das sog. „falsche“ Vakuum zerfällt – und gebiert einen Lichtkosmos, aus dem beim Unterschreiten gewisser Temperaturen jede Menge an Teilchen „ausfrieren“, womit wir beim „free lunch“ wären, der Erzeugung von Etwas aus Nichts, einer Spezialität⁸ der Gravitation!

Die „Dunkle Energie“, die in aller Munde ist, ist auch eine solche selbstexplodierende Feder. Das „Federmaterial“ hat einen Namen: Quintessenz⁹. Am Anfang der Zeit war die Schwerkraft abstoßend, und am Ende der Zeit wird sie's auch wieder sein, so wie die Dinge liegen.

Die Inflationshypothese löst mit einem Schlag Schlüsselprobleme des Standardmodells der Kosmologie:

Glaukt man nicht an einen Zufall, kann der Umstand, dass der Himmel hinter dem „Großen Wagen“ bis auf statistische Schwankungen die gleiche Temperatur hat wie hinter dem „Kleinen“, nur eines bedeuten: Beide Himmelspartien müssen einst in thermischem Kontakt gewesen sein. Tatsächlich war vor der Inflation Zeit genug für einen Temperatureausgleich, jedenfalls soweit die Quantenwelt so etwas zulässt. (Fluktuationen sind in der Quantenära unumgänglich.) Erst durch die Inflation wurden ursprünglich kausal miteinander verbundene Teile des Universums auf immer auseinandergerissen.

Das zweite Problem hat mit der zweiten kosmischen Geschwindigkeit, der Entweichgeschwindigkeit, zu tun. Man kennt den Terminus aus der Raumfahrt. Um das Problem zu verstehen, das darin besteht, dass das *Alles in allem* mit Entweichgeschwindigkeit expandiert, sei das Hochspringen genauer unter die Lupe genommen: Eine Kanonenkugel, abgeschossen mit exakt 11,2 km/s, käme erst nach einer halben Ewigkeit in unermesslicher Entfernung zum Stillstand. Sie verließ die Erde ohne Wiederkehr. Ganz anders

wie die Zeitspanne, in der eine druckfreie Kugel, also eine aus Staub, gravitativ zu einem schwarzen Loch zusammenfällt. In einem gewissen Sinn spiegelt Inflation zeitlich die Bildung eines Black Hole.

⁸Beim kritischen Grenzfall, wo das Universum mit Entweichgeschwindigkeit auseinanderstiebt, ist die Gesamtenergie in Newtonscher Betrachtungsweise Null. Das ist möglich, weil die potentielle Energie des Schwerefelds kleiner als Null ist.

⁹Bei Aristoteles war die Quintessenz der Himmelsäther, das fünfte Element (*quinta essentia*) neben Feuer, Erde, Wasser und Luft. Albert Einstein hatte zwar 1905 den Äther abgeschafft, aber 1915 mit der Einführung einer kosmologischen Konstante in seine Gravitationsgleichung ein Hintertürchen für die Anti-Gravitation geöffnet. Er selbst hielt dies später, als sich herausstellte, dass der Kosmos nicht statisch ist, für die „größte Eselei“ seines Lebens. Heute gibt Einsteins Konstante, zur Quintessenz erhöht, Forschern Arbeit und Brot.

eine Kanonenkugel, die die geforderte Geschwindigkeit um 1% verfehlte. Sie schlieÙe bereits nach einer guten Woche wieder auf der Erde auf, nachdem sie sich maximal um 50 Erdradien von der Erde entfernt hätte. Bei einer Verfehlung von 0,1% dauerte der Flug gut 7 1/2 Monate und würden 500 Erdradien erreicht, bei 0,01% gar 20 Jahre und 5000 Erdradien.

Anstatt Kanonenkugeln abzufeuern, lassen wir nun den Planeten selbst mit nahezu Entweichgeschwindigkeit auseinanderstieben. (Stellen Sie sich die Erde dazu bitte nicht als etwas Festes vor, eher als eine lockere Staubansammlung!) Beim halben Erdradius wäre die Geschwindigkeit natürlich nur halb so groß wie an der Oberfläche. So will es das Hubblegesetz der Expansion¹⁰! Vorausgesetzt, die expandierende Staubkugel rotiert nicht und die nunmehr zeitabhängige Dichte im Innern ist überall die gleiche, unterscheidet sich das Ergebnis in nichts von dem, was wir von dem Kanonenkuglexperiment bereits wissen. Die Gleichung, die das Aufblähen der Staubkugel unter der bremsenden Wirkung des Eigengewichts beschreibt, ist exakt die gleiche, die auch die Ausdehnung des Universums beschreibt. Sie wurde erstmals 1922/24 von dem russischen Mathematiker Alexander Friedmann (1888–1925) angegeben. Nun kommt's: Expandierte die Erdkugel an den Polen ein klein wenig langsamer als am Äquator, fielen die Polgebiete bereits zurück, während sich der Äquatorgürtel noch ausdehnte!

Winzige (negative) Abweichungen von der Entweichgeschwindigkeit führen also zum baldigen Rücksturz. Dass das Universum in allen drei Richtungen stets richtig expandierte, ist so gesehen ein Wunder! Es ist heutzutage immerhin 10⁶⁰-mal größer als zu der Zeit, als es „abgefeuert“ wurde, und zeigt dennoch keinerlei Rückfallsabsicht! Und bei positiver Abweichung, Überentweichgeschwindigkeit? Nun, wäre das All ein klein wenig zu schnell expandiert, wäre es sang- und klanglos auseinandergestoben, ohne dass es in Teilbereichen überdurchschnittlich hoher Dichte zur Abkopplung von der allgemeinen Expansion und damit zur Bildung von gravitativ gebundenen Galaxienhaufen und Galaxien hätte kommen können. Alles deutet darauf hin, dass der kritische Grenzfall vorliegt, exakt. Ob das Universum endlich oder unendlich ist, ist unentscheidbar.

Inflation erklärt auch dies. Nur bei *a n z i e h e n d e r* Gravitation hängt der Expansionsverlauf empfindlich von den Startbedingungen ab, nicht bei

¹⁰In dem Beispiel der expandierenden Erde gibt es einen Mittelpunkt, weil die Erde begrenzt ist. Im grenzenlosen All sorgt das Hubblegesetz dafür, dass es keinen ausgezeichneten Mittelpunkt gibt. Jeder Beobachter empfindet sich als im Mittelpunkt stehend.

a b s t o ß e n d e r ! Dauert die Inflation lange genug, stellt sich der kritische Fall von allein ein! Ein Nebeneffekt: Durch das rasante Aufblähen werden Unregelmäßigkeiten, wie etwaige „Beulen“ in der Raum-Zeit, quasi weggebügelt. Die Tatsache, dass die Winkelsumme in einem „kosmologischen“ Dreieck 180° beträgt, sie ist inflationsbedingt!

Perfekt war die „Bügelei“ Gott-sei-dank nicht. Die Inflationstheorie erklärt auch die gemessenen Temperaturfluktuationen von $\pm 0,00001$ K. Doch dies ist eine andere Erfolgsgeschichte, die ein andermal erzählt werden soll.

Inflation rettet das Urknall-Modell – aber um welchen Preis?

Ging das überschaubare All aus einem winzigen Gebiet in einer Domäne hervor, die ihrerseits Bestandteil von etwas Größerem („Omniversum“) ist, so ist mit Myriaden an Nachbaruniversen zu rechnen, die „jwd“ ihren Ausgangspunkt genommen haben, Universen, die sich vom unsrigen in allem unterscheiden. Da dies hoffentlich außerhalb des Horizonts geschieht, ist die Zumutung bislang eine rein philosophische. (Unser Horizont weitet sich allerdings mit der Zeit!)

Das ist noch nicht alles. Wie Alexander Vilenkin (geb. 1949) und Andrei Linde (geb. 1948) herausfanden, neigen inflationär explodierende Gebilde dazu, inflationär explodierende Gebilde hervorzubringen, die inflationär explodieren... (Diese sog. **M u l t i v e r s e n** dürfen nicht verwechselt werden mit der Viele-Welten-Interpretation der Quantenmechanik!) Der Popularität der Inflationshypothese tut dies keinen Abbruch. (Was für den einen eine intellektuelle Zumutung ist, wird von einem anderen als Befreiung empfunden.)

Kritiker, wie der thermodynamisch argumentierende Roger Penrose (geb. 1931), geben zu Bedenken, dass das Universum keinen Deut „plausibler“ geworden sei. Unser Universum bleibt total unwahrscheinlich, ob mit oder ohne Inflation. Wo ist das Problem? Ein etwas anders gestricktes Universum hätte halt keine Kosmologen hervorgebracht!

Bislang ist die erste kosmologische Inflation noch ein Hirngespinnst. Doch durchforsten Forscher ernsthaft die Hintergrundstrahlung, die ja keine lupenreine Plancksche Strahlung ist, nach Relikten aus der Quantenära: kleine korrelierte Abweichungen vom reinen Zufall.