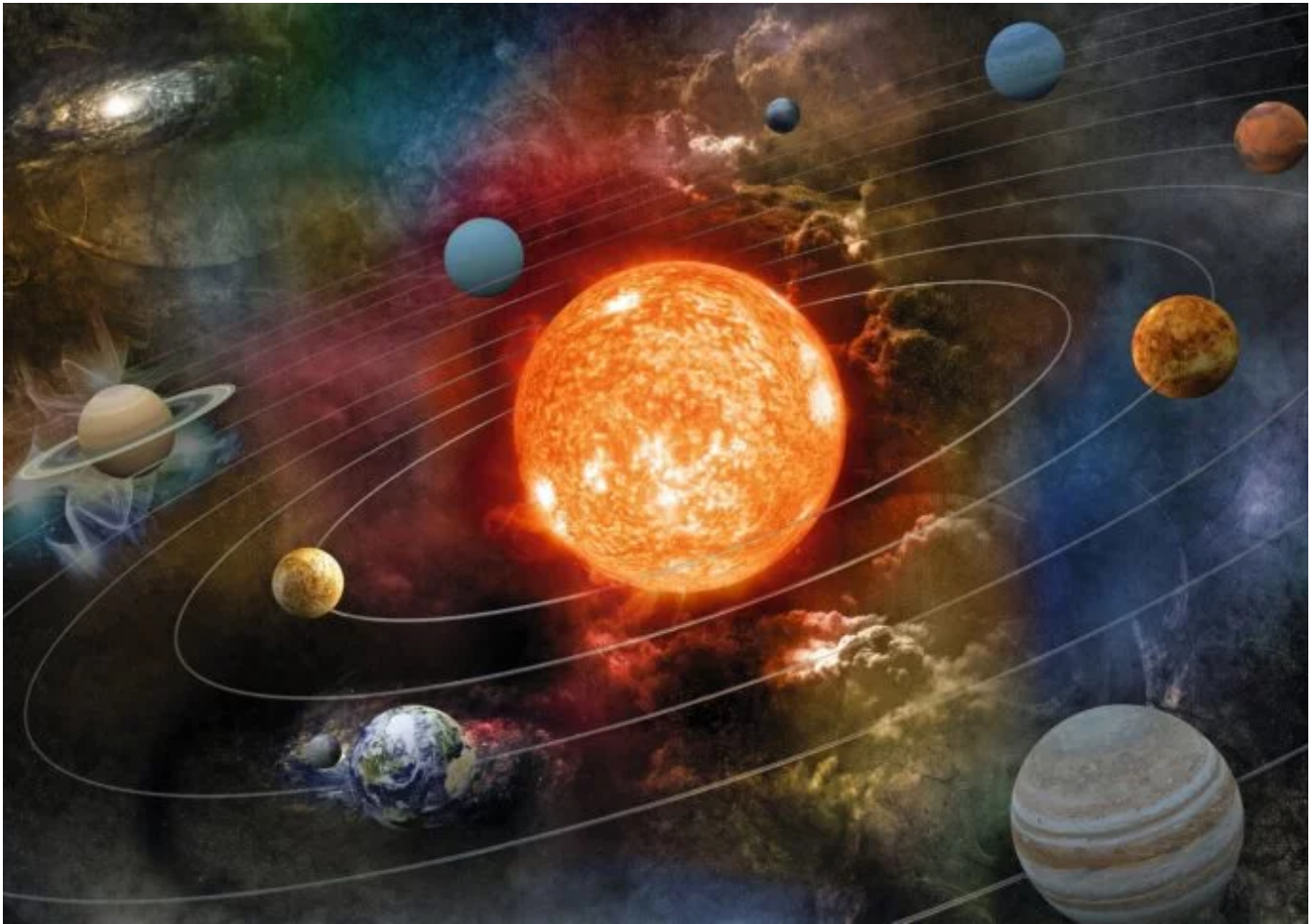


DIE WELTWOCHEN



adventtr / Getty Images

Der Brennstoff aus dem Urknall: Am Anfang führte Energie zur Entstehung von Materie, Raum, Zeit – und Wasserstoff. Dieses Element markiert zugleich den Anfang wie auch das Ende des Universums



Kathrin Altwegg

Am Anfang war Energie, und daraus entstand Wasserstoff. Dies ist ein Kurzbeschrieb des Urknalls entsprechend der gängigen Vorstellung. Etwas ausführlicher müsste man wohl sagen: Aus Energie entstanden zuerst exotisch tönende Elementarteilchen wie Quarks und Gluonen, dann aber sehr schnell stabile Teilchen wie Protonen, Neutronen und Elektronen. Damit wurde nicht nur Materie geschaffen, sondern auch Raum und Zeit. Raum und Zeit sind an Materie gebunden; ohne Materie also keine Zeit und damit kein Vorher, ohne Materie keinen Raum, also kein Aussen.

Das Universum war extrem heiss beim Urknall: Die Temperatur betrug zirka zehn Billionen Grad Celsius. Durch die schnelle Ausdehnung kühlte es dann ab, bis nach 300.000 Jahren bei 2700 Grad Celsius aus Protonen und Elektronen die ersten Wasserstoffatome entstanden. Aller Wasserstoff, den wir heute im Universum haben, stammt direkt aus dieser Phase. Es gibt keine zweite Quelle. Nebst Wasserstoff entstand auch ein Teil des schweren Wasserstoffs (Deuterium), bestehend aus einem Proton, einem Neutron und einem Elektron. Und Helium, bestehend aus zwei Protonen, ein bis zwei Neutronen und zwei Elektronen. Noch heute machen Wasserstoff (ca. 90 Prozent) und Helium (ca. 9,9 Prozent) zusammen 99,9 Prozent der Anzahl Atome im Universum aus.

Das Universum sichtbar gemacht

Astronomisch gesehen, bald, das heisst nach zirka 200 Millionen Jahren, entstanden die ersten Sterne. In diesen riesigen Gaskugeln

nähern sich Atome durch Gravitation einander an, bis sie durch Kernverschmelzung (Nukleosynthese, Kernfusion) zu immer schwereren Atomen mutieren. Bei Wasserstoffatomen spricht man landläufig von Wasserstoffbrennen, auch wenn das nichts mit Verbrennen zu tun hat – es braucht dazu keinen Sauerstoff. Das Wasserstoffbrennen bringt die Sterne zum Leuchten und macht das Universum sichtbar. Den wunderschönen Nachthimmel, mindestens bei klarem Wetter und weg von der Lichtverschmutzung unserer Zivilisation, und die Sicht auf Millionen Sterne und unsere Milchstrasse verdanken wir also dem Wasserstoff. Dieses Wasserstoffbrennen bringt auch unseren Stern, die Sonne, zum Leuchten, liefert die nötige Energie, um die Erdoberfläche und die Atmosphäre warmzuhalten, sowie die Energie, dass Pflanzen wachsen und wir Menschen existieren können.

Nicht nur die Sonne besteht vorwiegend aus Wasserstoff, sondern auch unsere Riesengasplaneten Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun. Allerdings ist selbst Jupiter nicht gross genug, dass die Gravitationskraft die Wasserstoffatome genügend verdichten kann, damit es zu Wasserstoffbrennen kommt. Und so leuchten eben unsere Planeten nicht. Wenn wir Planeten beobachten, sehen wir nur das Sonnenlicht, das reflektiert wird. Die kleineren Planeten Merkur, Venus, Erde und Mars sind nicht gross genug, um Wasserstoff als Wasserstoffgas (H_2) in der Atmosphäre zu halten.

Könnten wir den Wasserstoff im Erdinneren direkt nutzen, wäre unser Energieproblem gelöst.

Alle chemischen Elemente, die schwerer sind als Lithium, stammen nicht aus dem Urknall, sondern aus Sternen. Durch das Wasserstoffbrennen und dann das Heliumbrennen entstehen Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff et cetera bis hin zu Eisen. Eisen ist das stabilste Element, wenn wir den Atomkern betrachten. Es ist somit nicht erstaunlich, dass die Erde relativ viel Eisen enthält. Schwerere Elemente entstehen in Sternexplosionen (Supernovae) oder bei Neutronensternkollisionen, wo die verfügbaren Energien deutlich höher sind als in einem normalen Stern.

Auch unsere Erde enthält Wasserstoff, wenn auch nicht als Wasserstoffgas in der Atmosphäre. Dieser ist bei uns – im Gegensatz zum Universum – bei weitem nicht das häufigste Element; die Rangliste nach Gewichtsprozent wird durch Sauerstoff angeführt, gefolgt von Eisen, Silizium und Magnesium. Die Erde hat viel von den sehr flüchtigen Elementen wie Wasserstoff, Helium und Stickstoff verloren, da ihre Gravitationskraft zu klein ist. Der irdische Wasserstoff ist hauptsächlich im Wasser (H_2O), zum Teil auch in Methan (CH_4) gebunden. Ein kürzlich in der Zeitschrift *Science* erschienener Artikel suggeriert allerdings, dass im Erdinnern relativ viel Wasserstoffgas (H_2) in reiner Form existiert. Dabei handelt es sich um das Produkt von chemischen Reaktionen zwischen Wasser und Mineralien. Könnten wir diesen Wasserstoff direkt nutzen, wäre möglicherweise unser Energieproblem gelöst.

Die Sonne hat Halbzeit

Auch wir Menschen bestehen teilweise aus Wasserstoff, da wir zu 65 Prozent aus Wasser bestehen. Gewichtsmässig macht der Wasserstoff etwa 10 Prozent eines Menschen aus. Auch in uns ist Sauerstoff, der vorwiegend aus Supernovae stammt, das häufigste Element (ca. 62 Prozent nach Gewicht), gefolgt von Kohlenstoff aus den Überresten

kleiner Sterne (ca. 22 Prozent). Wir bestehen also aus Sternenstaub, aus Überresten von Sternen, die längst nicht mehr existieren, aber auch aus Material, das direkt aus dem Urknall stammt.

Die Erde und unsere Sonne werden nicht ewig existieren. Die Sonne verbraucht rund 600 Millionen Tonnen Wasserstoff pro Sekunde, und das seit 4,6 Milliarden Jahren. Daraus entstehen 596 Millionen Tonnen Helium pro Sekunde. Die restlichen vier Millionen Tonnen pro Sekunde werden in Energie verwandelt. Im Moment hat die Sonne etwa Halbzeit. Das Wasserstoffbrennen wird noch ungefähr weitere vier Milliarden Jahre weitergehen und dann hauptsächlich von Heliumbrennen abgelöst werden. Dann allerdings ist der «Brennstoff» der Sonne am Ende, die Kernverschmelzung wird aufhören. Bis dahin wird die Sonne jedoch immer grösser und immer heller. Am Ende wird sie sich als Roter Riese Merkur, Venus und möglicherweise auch die Erde einverleiben. Dann wird sie sich zusammenziehen zu einem Weissen Zwerg, wo keine Kernfusion mehr stattfindet. Dieser Zwerg wird eine Weile schwach weiterleuchten, weil er noch sehr heiss ist. Das meiste Material wird die Sonne aber dann an ihre Umgebung abgeben.

In sehr ferner Zukunft wird dem Universum sein Brennstoff, der Wasserstoff, ausgehen.

Was in der Sonne passiert, passiert in den meisten Sternen. Nur sehr grosse Sterne werden nach relativ kurzer Zeit als Supernova explodieren. Alle anderen leuchten dank Kernfusion einige Milliarden Jahre und enden dann als Weisser Zwerg, bis sie gar nicht mehr zu sehen sind. Und das bringt uns zum Ende.

Das Problem liegt beim Universum. Ein System ist nicht nachhaltig, wenn es mehr Ressourcen verbraucht, als es schafft. Und genau das tut das Universum. Die Verschmelzung von Atomkernen zu immer schwereren Elementen ist eine Einbahnstrasse. Dieser Prozess kann nicht rückgängig gemacht werden. Wie anfangs gesagt, ist Wasserstoff ausschliesslich im Urknall entstanden. Damit ist klar, dass irgendeinmal, wenn auch in sehr ferner Zukunft, dem Universum sein Brennstoff, der Wasserstoff, ausgehen wird. Dann wird es im Universum immer dunkler. Das ist keine Hypothese, sondern kann bereits heute beobachtet werden. Schauen wir weit von uns entfernte Galaxien an, beobachten wir ihren Zustand in der Vergangenheit, da das Licht, das heute die Erde erreicht, vor langer Zeit ausgesendet wurde.

Dabei fällt auf, dass Galaxien vor zwei Milliarden Jahren doppelt so hell waren wie heute, und zwar in allen beobachtbaren Wellenlängen. Das heisst, dass das Universum in zwei Milliarden Jahren die Hälfte seiner Leuchtkraft verloren hat. Das wird so weitergehen, bis das Licht endgültig ausgeht. Das Material der erloschenen Sterne wird noch da sein, aber nichts wird mehr leuchten, und es wird extrem kalt.

Der Wasserstoff ist das A und O des Universums, der Ursprung aller übrigen Elemente, die Quelle von Energie, Licht, Wärme und Leben. Das Schicksal des Universums ist an den Wasserstoff gebunden, der den Anfang und das Ende des Universums markiert.



Kathrin Altwegg

ist Professorin em. für Astrophysik an der Universität Bern. Altwegg betreute unter anderem das Weltraumprojekt Rosina, das mit der Sonde Rosetta der ESA verbunden war.

Die 3 Top-Kommentare zu "Der Brennstoff aus dem Urknall: Am Anfang führte Energie zur Entstehung von Materie, Raum, Zeit – und Wasserstoff. Dieses Element markiert zugleich den Anfang wie auch das Ende des Universums"

traugi69

3. August 2023 um 07:19 Uhr

 26  2

Danke WW für diesen Beitrag, mal ausserhalb der politisch-polarisierenden Themen. Es relativiert etwas unsere irdischen Probleme. Wie sind diese Erkenntnisse mit den religiösen Ansichten, v. A. den abrahamitischen Religionen vereinbar?

Christian W.

3. August 2023 um 08:43 Uhr

 25  1

Und erst am Ende des Sonnenlebens wird auch die Erde untergehen. Nicht vorher. Nicht nachher... liebe techn. fortschrittsverhindernde Dauerpanikverbreiter und verbötlifanatischen Untergangspropheten.

reinhardbaden

3. August 2023 um 08:55 Uhr

 15  2

Vielen Dank ,Frau Professor! Selten eine derartig gute Zusammenfassung des astrophysikalischen u. kosmologischen Erkenntnisstandes ! Leider , in der Nüchternheit der referierten „Tat-Sachen“ für den seiner Transzendenz beraubten Homo sapiens sapiens - äußerst trostlos . Er , ein „Stern“ , inmitten der sterbenden Sterne, den Hegel den Aussatz des Himmels“ nannte!
Danke!!R. Baden

Mehr von dem täglich in Ihrer Mail-Box:

Newsletter abonnieren


32 Kommentare zu “Der Brennstoff aus dem Urknall: Am Anfang führte Energie zur Entstehung von Materie, Raum, Zeit – und Wasserstoff. Dieses Element markiert zugleich den Anfang wie auch das Ende des Universums”

Janosh H.

4. August 2023 um 22:47 Uhr

Zum Glück waren beim Urknall nicht unsere hochdekorierten Wetterpropheten am Werk.

the amazing Elder-Man

 0  0

3. August 2023 um 23:11 Uhr

„Am Anfang war die Energie.“

Was soll denn das heissen?

Um die Schöpfung ausklammern zu können, galt früher die Theorie, das Universum existiere ewig. Das ist eine jeglichem Verstand zuwiderlaufende Ansicht, die dann mit der Urknall-Theorie revidiert wurde.

Soll diese jetzt mit der ebenso unsinnigen Theorie einer ewig existierenden Energie ersetzt werden?

Auch hier müssen wir die Frage nach dem Ursprung dieser Energie stellen. Wenn wir die Antwort nicht kennen, sollten wir das einfach zugeben.

Rudi Mentär

 1  0

3. August 2023 um 21:30 Uhr

"Am Anfang war Energie..." - Vielleicht. So ganz schlüssig ist die Sache mit dem Urknall mir nicht. Vielleicht sind die Zeitabstände anders oder es ist ein pulsierender Vorgang



Kulti S

 0  0

3. August 2023 um 19:12 Uhr

Wow eine unterhaltsame Geschichte, nur etwas zu technisch. Jetzt sollte dies nur noch der Wahrheit entsprechen, tut es leider hält nicht! Mit anderen Worten eher unter Märchenerzählung einzustufen. Aber man muss schon sehr viel Phantasie haben, dies alles so darzustellen zu können oder wenn ich das jetzt auch so erzählen wollte, was muss ich mir vorher reinschmeissen, denn ich bin nicht so phantasievoll?

traugi69



 2  3

3. August 2023 um 21:49 Uhr

Das sind keine Märchenerzählungen. Die Astronomie und vorallem die Physik sind "exakte" Naturwissenschaften die nicht einfach mit Statistiken arbeiten, welche manipuliert werden können.

Entweder ein physikalisches Gesetz stimmt, und dann funktioniert auch Ihr Handy und Auto, oder es ist falsch, dann gibts das Handy nicht. Zur Physik habe ich Vertrauen WEIL die Technik funktioniert. Zur Medizin habe ich teilweise leider seit Corona eine sehr kritische Haltung.



lachmöve

 1  1

3. August 2023 um 17:21 Uhr

@ traugi69: Als rein materialistische und dem zwingenden Diktat des methodischen Atheismus unterworfenen Fiktionen in keiner Weise. Bitte lesen Sie meinen Kommentar dazu.



osvin.gaupp

 0  1

3. August 2023 um 17:01 Uhr

Mit der Physik wurde die Welt immer besser erklärt, jetzt aber haben wir die Stufe mit den unlösbaren Fragen erreicht. Deutscher Physiker Werner Heisenberg hat dazu Folgendes gesagt: Der erste Schluck aus dem Becher der Naturwissenschaften macht uns zu Atheisten, aber am Boden des Bechers erwartet uns Gott.

Catilina



 1  0

3. August 2023 um 16:10 Uhr

Juhui!

Dann werden auch die SRG- Gebühren hinfällig!

burko

 3  0

3. August 2023 um 11:17 Uhr

Es lebt das Sein, durch seinen Verbrauch. Ohne Verbrauch, kein Sein, kein Nichts. Das Schicksal allen Seins, ist der suizidale Verbrauch durch sein Sein.

lachmöve



 4  2

3. August 2023 um 13:36 Uhr

Aha, so ist das also: Das Sein ist seiner innersten Natur nach selbstmörderisch zerstörerisch.

Da wundere ich mich aber, dass es das so lange überstanden hat und Sie und ich hier Kommentare verfassen.



buelope

 3  0

3. August 2023 um 10:36 Uhr

Und was nützt dieses Wissen der Menschheit? Weshalb diese Gase und Elemente entstanden sind ist damit nicht erklärt!!

burko

 8  1

3. August 2023 um 12:16 Uhr



Es sagt, dass auch die linksgrüne Technologie, sprich Windrädli, Panels, E-Autos, Wärmepumpen usw. trotz allen Unkenrufen mehr Energie verbrauchen als sie jemals hergeben. Heisst, wenn wir auf Strom setzen, Atomstrom am Effizientesten ist.

lachmöve

 7  0

3. August 2023 um 16:16 Uhr

Aus der Sicht der klassischen Physik kann Energie weder verbraucht noch erneuert werden. Sie kann nur von einer Erscheinungsform in eine andere überführt werden. Nichts geht dabei verloren, nichts kommt dabei hinzu.


 2  0

traugi69

3. August 2023 um 22:08 Uhr

Sehr vieles in den Naturwissenschaften ist einfach der menschlichen Neugier geschuldet. Als "Abfall" aus der Anwendung dieser Neugierkenntnis ist die moderne Technik entstanden. U. A. Ihr Handy.

Man kann diese Technik aber zum Nutzen oder zum Schaden =(Ukrainekrieg, mRNA Spritze) der Menschen anwenden.

 1  0

Sulzbach

3. August 2023 um 10:36 Uhr

Dieses Artikel ist voll aus den Daumen gezogen! Wie weiss diese Dame das ? War sie dabei wenn das Universum geschaffen wurde ? Weil diese Dame deutlich Gottlos ist werde ich ihr und alle sagen was wirklich passierte und auch viel logischer ist : „ Am Anfang war das Wort „ (Gott) . Das heisst am Anfang war Information! Ohne Information passiert nichts wo auch immer. Wasserstoff, Hitze 😂😂😂

 6  9

lachimöve

3. August 2023 um 11:19 Uhr

"Information" ist möglicherweise auch nur ein materialistisch verflachter Name für "Gott". Bitte lesen Sie auch meinen Kommentar mit Empfehlungen zur Vertiefung dieser Frage.

 3  1

traugi69

3. August 2023 um 22:24 Uhr

Dieser Artikel ist alles andere als aus dem Daumen gezogen.

Man kann den "Urknall" zwar nicht simulieren, aber mit den grossen Teilchenbeschleunigern (CERN) die Materie in die "Nähe" des Urknalls katapultieren um erfahren wie es millionstel Sekunden nach dem Anfang "ausgesehen" hat. Ich finde das äusserst spannend. Man ist sich sicher, dass das Universum homogen und isotrop ist, somit gelten da draussen die gleichen Gesetze wie bei uns - es gibt keine andere Möglichkeit.

 0  1

Sulzbach

4. August 2023 um 8:39 Uhr

Wie können sie sagen das es keine andere Möglichkeit gibt ? Sie stellen sich mit dieser Aussprache (weit) über Gott . Genau das ist das Problem. Der Mensch denkt Er sei Gott und dabei weisst der Mensch eigentlich nichts und ist sehr beschränkt.

traugi69

 0  0

4. August 2023 um 18:22 Uhr

Es gibt viele gläubige Physiker, aber auch diese halten sich an die Naturgesetze. Diese Naturgesetze sind universell gültig und können nicht einfach mal ausser Kraft gesetzt werden. In diesem Sinn gibt es auch keine Wunder. Natürlich gibt es "unerklärliche" Spontanheilungen die dann als Wunder gedeutet werden - dies geschieht über immer innerhalbder Naturgesetze.


lisa8050

 1  0

3. August 2023 um 10:16 Uhr

Der Artikel mag gut oder sogar mega gut sein, aber für mich ist der Allmächtige Gott immer noch Schöpfer der Himmel und Erde.

collie4711

 10  4

3. August 2023 um 9:31 Uhr



Kein Mensch weiß was mit dem Universum geschehen wird.

Hier eine interessante Diskussion

Stringtheorien und kompaktifizierte Zusatzdimensionen | Harald Lesch & Josef M. Gaßner

<https://www.youtube.com/watch?v=cbjqjFoao1Q>

lachmöve



 3  0

3. August 2023 um 16:23 Uhr

Tja, was soll ich nun mit einer Diskussion von Menschen anfangen, die auch nichts wissen?

Ich glaube, ich erspare sie mir - damit ich außer Gefahr bin, mir hinterher einzubilden, ich wüsste nun etwas. Wie halten Sie es denn damit?

lachmöve



 1  1

3. August 2023 um 9:07 Uhr

ES GIBT AUCH HÖCHST KOMPETENTE PHYSIKER, DIE KEINEN URKNALL HABEN. Etwa Alexander Unzicker mit seinen Büchern "Vom Urknall zum Durchknall" und "Auf dem Holzweg durchs Universum". Besonders empfehle

ich den genialen Naturwissenschaftler, Wissenschaftskritiker, Naturphilosophen und Kosmologen unserer Zeit JOCHEN KIRCHHOFF, der viele Jahre an der Humboldt-Universität Berlin gelehrt hat. Kostprobe: "Schöpfungsmythos Urknall." Zeit 00:52 . <https://www.youtube.com/watch?v=bVTFIag7uUA&t=2s> LOHNT SICH!

reinhardbaden

 6  0

3. August 2023 um 8:55 Uhr

Vielen Dank ,Frau Professor! Selten eine derartig gute Zusammenfassung des astrophysikalischen u. kosmologischen Erkenntnisstandes ! Leider , in der Nüchternheit der referierten „Tat-Sachen“ für den seiner Transzendenz beraubten Homo sapiens sapiens - äußerst trostlos . Er , ein „Stern“ , inmitten der sterbenden Sterne, den Hegel den Aussatz des Himmels“ nannte!
Danke!!R. Baden



lachimöve

 15  2

3. August 2023 um 11:13 Uhr

Der Logik Ihres Kommentars folgend ist dann natürlich auch der Erkenntnisstand dieser Professorin der Transzendenz beraubt. Bitte lesen Sie auch meinen Kommentar ...

hunne

 3  2

3. August 2023 um 8:48 Uhr

sehr erleuchtend

Christian W.

 6  0

3. August 2023 um 8:43 Uhr

Und erst am Ende des Sonnenlebens wird auch die Erde untergehen. Nicht vorher. Nicht nachher... liebe techn. fortschrittsverhindernde Dauerpanikverbreiter und verbötlifanatischen Untergangspropheten.

traugi69

 25  1

3. August 2023 um 7:19 Uhr

Danke WW für diesen Beitrag, mal ausserhalb der politisch-polarisierenden Themen.

Es relativiert etwas unsere irdischen Probleme.

Wie sind diese Erkenntnisse mit den religiösen Ansichten, v. A. den abrahamitischen Religionen vereinbar?

Käsesemmel

👍 26 🗨️ 2

3. August 2023 um 10:28 Uhr

Na, das ist doch "sonnenklar", während der Genesis sprach der Herr "es werde Licht und es ward Licht!" Das ist die Beschreibung des Urknalls, als entstehen göttlicher Ordnung aus dem vorher höchstmöglich komprimierten Chaos. Nicht physikalisch betrachtet, aber ein wie ich finde, sehr treffendes Bild. Jordan Peterson hat das in einem seiner Podcasts sehr schön beschrieben:

<https://www.jordanbpeterson.com/podcast/s3-e2-biblical-series-genesis-1-chaos-order/>

lachmöve

👍 6 🗨️ 1

3. August 2023 um 16:04 Uhr

Da der Urknall ja als der Allererste Beginn von Allem gilt, kann es ja "v o r h e r" nichts, rein garnichts gegeben haben. Ein "höchstmöglich komprimiertes Chaos" also auch nicht. Und wenn der Urknall der Beginn einer "g ö t t l i c h e n Ordnung" war, war Gott dann in diesem "Vorher" ein "höchstmöglich komprimierter" Chaot? Ich frage ja nur ... nur weil in der Philosophie, der Wissenschaft, der Erkenntnistheorie und in der rationalen Logik in sich widersprüchliche Aussagen als Unsinn gelten.

traugi69

👍 1 🗨️ 2

3. August 2023 um 22:43 Uhr

Ich bin Agnostiker und kein Atheist. Ich bestreite nicht, dass eine "höher Macht" da gewirkt hat.

Allein schon die unglaubliche Feinabstimmung der 4 Grundkräfte (Elektromagnetische-starke und schwache Kernkraft sowie die Gravitationskraft) kann man als Anthropisches Prinzip deuten, oder eben so: Da hat jemand gewollt, dass es uns gibt.

Ohne diese Feinabstimmung der Konstanten gäbe es uns nicht und das Universum sähe völlig anders aus.

lachmöve

👍 1 🗨️ 0

4. August 2023 um 10:38 Uhr

Das anthropische Prinzip besagt, dass es uns nicht gäbe, wenn das Universum nicht wäre, wie es ist. Ich halte das für eine tautologische Aussage, eine inhaltsleere Worthülse ohne Erkenntniswert. Sonst müsste ich mich auch darüber wundern, dass in jedem Haus die Fenster feinst auf mich abgestimmt exakt da sind, wo ich hinaussehe. War nett, hier ein wenig mit Ihnen zu philosophieren.

Bitte beachten Sie die [Netiquette-Regeln](#) beim Schreiben von Kommentaren.



Die **Weltwoche** - das ist die andere Sicht!