

Bis nichts mehr bleibt

Irgendwann ist alles vorbei, so viel ist sicher.

Erstaunlich ist: Je weiter Kosmologen in die Zukunft schauen, desto klarer sehen sie, was uns erwartet.

Von *Christian Weber* www.sueddeutsche.de

23. Juni 2023 - 9 Min. Lesezeit

Am Ende wird das Wort sein. Womöglich. Schließlich ist es noch eine Weile hin bis zum Ende, also wirklich: DEM ENDE. Dem endgültigen Ende aller irdischen Dinge, wenn die Ozeane verdunstet und die Sterne verrückt sind, wenn die letzten Einzeller aufgegeben haben, und die Erde in die Sonne fällt.

Wie gut, dass es Ingenieure gibt. Denn Vertreter dieser Zunft wollen sicherstellen, dass ein Zeugnis unserer heutigen Zivilisation bleibt, wenn alles andere verschwindet. Dafür haben Forscher der University of Southampton in England schon 2016 vorgesorgt mit einem extrem langlebigen Datenspeicher. Ein Bild zeigt ein kleines, transparentes Scheibchen, es passt zwischen Daumen und Zeigefinger, Aufschrift „Holy Bible“.

„Diese Technologie kann die letzten Zeugnisse unserer Zivilisation sichern; alles, was wir gelernt haben, wird nicht vergessen werden“, sagte damals Peter Kazansky, Professor am Forschungszentrum für Optoelektronik in Southampton. Die Chips werden immer weiterentwickelt.

Auf das Speichermedium aus Quarzglas passt viel mehr als die Bibel. 360 Terabyte Information kann ein Femtosekundenlaser darin eingravieren. Auf nur zehn dieser Scheiben ließen sich alle 170 Millionen Medien der British Library in London speichern, der größten Bibliothek der Welt. Vom Evangelium nach Johannes 1.1 („Am Anfang war das Wort“) bis zum 18. Shakespeare-Sonett („Solange Menschen atmen, Augen sehn / Lebt mein Gesang und schützt dich vor Vergehn“).

Noch wichtiger ist aber, wie lang diese Informationen bestehen blieben. Mindestens 30 Trillionen Jahre, versichern ihre Erschaffer, eine Zahl mit 19 Nullen: 30 000 000 000 000 000 000. Vielleicht erreiche das Scheibchen aber auch eine Lebensdauer von sechs Sextillionen Jahre, das ist eine Zahl mit 36 Nullen: 6 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 Jahre.

Die Frage ist nur: Wird dann noch jemand sein, der sich mit dieser technischen Hilfe erinnern könnte? Menschen werden es wahrscheinlich nicht sein. Widmen wir uns dem Unausweichlichen: Das Ende ist nicht nah, aber sicher. Selbst wenn die Menschheit sich in den nächsten Jahrzehnten oder Jahrtausenden nicht mit einem selbstgemachten GAU in die Luft sprengt, selbst wenn sie die künstliche Intelligenz und den Klimawandel zähmt, allen neuen Viren widersteht, einen Atomkrieg vermeidet und ihre Körper biotechnisch optimiert. Irgendwann ist es mit Sicherheit aus.

Bis nichts mehr bleibt

Das ist die große Unverschämtheit des Universums. Wenn man nur wüsste, wo man sich beschweren kann.



Die realistischsten Untergangsszenarien fangen an bei planetaren Größenordnungen und steigern sich über das Sonnensystem und unsere Galaxie zum ganzen Universum.

Vielleicht geht die Welt, so wie wir sie kennen, bereits unter, wenn mal wieder ein Supervulkan ausbricht, etwa der brodelnde Yellowstone-Vulkan im gleichnamigen US-Nationalpark. Erst 2015 wurde dort eine weitere Kammer mit einem Volumen von 45 000 Kubikkilometern Magma nachgewiesen, darüber schlummert eine weitere, schon lange bekannte Kammer mit 10 000 Kubikkilometer. Ein Ausbruch könnte die Stärke des Toba-Ausbruches vor rund 74 000 Jahren in Sumatra erreichen, den einer umstrittenen Theorie zufolge weltweit nur wenige Tausend Menschen in Afrika überlebten.

Ausbrüche in dieser Größenordnung gab es in der Vergangenheit etwa alle 5200 bis 48 000 Jahre, zuletzt der des neuseeländischen Taupo vor 26 500 Jahren.

Bis nichts mehr bleibt



Vielleicht wird aber auch ein großer Asteroid, eine gewaltige Sonneneruption oder ein kosmischer Gammablitz das nächste Massenaussterben verursachen. Auch wenn nach solchen Ereignissen vermutlich immer einige Menschen übrig bleiben werden – Zivilisationen könnten bereits dann untergehen.

Den exakten Fahrplan kennen die Wissenschaftler noch nicht, aber dass das ENDE kommen wird, ist sicher. Und die Stationen auf dem Weg zur kosmischen Apokalypse sind weitgehend absehbar.

Auf jeden Fall wird es über die nächsten Jahrzehntausende und Jahrhunderttausende auf der Erdoberfläche bröckeln, Flüsse werden versiegen, tektonische Platten sich verschieben. Der Mond entfernt sich von der Erde, was dazu führt, dass der Sonnentag sich schon in tausend Jahren um eine Dreißigstelsekunde verlängert, da kann die Physikalisch-Technische Bundesanstalt in Braunschweig noch so präzise Atomuhren betreiben. Alle Uhren werden deshalb irgendwann falsch gehen.

Bis nichts mehr bleibt



Bis nichts mehr bleibt



Die Erde wird anders aussehen: Die Sahara könnte wieder ergrünen.

Die Niagarafälle könnten zum zahmen Gewässer werden.

Die Sterne der Milchstraße werden sich verschieben.

Die heute in den Wäldern entsorgten Flaschen werden in einer Million Jahre zerbröselt sein und die Cheops-Pyramide mit ihnen, selbst bei sorgfältiger Pflege.

Schon in 20 000 Jahren werden die meisten heute benutzten Wörter vergessen sein, vermuten Linguisten.

Bis nichts mehr bleibt



In zwei Millionen Jahren werden die Menschen auch anders aussehen, vor allem, wenn sie sich auf unterschiedlichen Planeten ansiedeln.
In den nächsten zehn bis 300 Millionen Jahren werden gewaltige Kräfte die tektonischen Platten der Erde neu organisieren, zusammenprallen lassen und neue Berge auffallen.

Bis nichts mehr bleibt

Vermutlich wird bei der Kollision der afrikanischen mit der eurasischen Platte ein Gebirge entstehen, das dem heutigen Himalaja ähnelt. Europa könnte 8000er haben. Bitte nicht auf die Jahrtausende festlegen.

Paradoxe Weise sind Prognosen zum endgültigen Untergang der Menschheit in der wirklich fernen Zukunft sehr viel zuverlässiger als Aussagen über die nächsten Jahrhunderte oder Jahrtausende. Denn dann wirken vor allem die Naturgesetze. Sie lassen sich, ausreichend Daten vorausgesetzt, in Wahrscheinlichkeiten formulieren und nach mathematischen Formeln berechnen. Der schwedische Philosoph Nick Bostrom vom Oxford Future of Humanity Institute spricht von „kosmischer Eschatologie“, dem streng rationalen Äquivalent zur theologischen Endzeit. Es ist ein Ende nach Zahlen. Computer erstellen die Prognosen.

Denn niemand kann in die Zukunft sehen, auch nicht mit den gigantischen Teleskopen, die in dünner Luft auf Berggipfeln in Chile und Hawaii stehen oder wie das James-Webb-Teleskop durchs Weltall fliegen. Wie es weitergehen könnte mit unserem Sonnensystem, lässt sich nur berechnen. Und das können die sogenannten numerischen Astronomen sehr gut, seitdem sie ihre Zahlen durch immer gewaltigere Supercomputer jagen. Eigentlich, so die naive Annahme, muss man nur die aktuellen Positionen der Planeten, Sterne und Asteroiden kennen, um ihre Bahnen nach den seit Johannes Kepler (1571 – 1630) bekannten Bewegungsgesetzen zu extrapolieren.

Doch ganz so einfach ist es nicht, schließlich sind die Umlaufbahnen der Himmelskörper nicht fix, weil sie sich gegenseitig über die Gravitationskraft beeinflussen. Außerdem sind Planeten keine Billardkugeln, sondern haben Unwuchten, die sich ebenfalls auf die Gravitation auswirken. So entstehen unendliche Rückkopplungseffekte, die irgendwann mathematisch nicht mehr hundertprozentig exakt darstellbar sind. Zumal mindestens 100 Milliarden Sterne allein in der Milchstraße die Sache nicht leichter machen.

Aufwendig wird die Weltuntergangsprognostik, wenn man in die richtig langen Zeiträume geht, in die Jahrhundertmillionen, in die Milliarden Jahre. Dann muss man berücksichtigen, dass das Universum sich beständig ausdehnt, und vor allem, dass sogar Sterne nur eine begrenzte Lebensdauer haben. Sie werden geboren und sie sterben irgendwann. Denn während sie leuchten, verbrennen sie Wasserstoff zu Helium und zu schweren Elementen. Und irgendwann ist der Wasserstoff aus.

Ingenieure tun sich bereits schwer, auch nur die Strömungen an den Turbinen eines Wasserkraftwerkes zu berechnen, doch die Astronomen schlagen sich ganz gut.

Bis nichts mehr bleibt

So simulierte etwa ein internationales Forscherteam um Volker Springel, Direktor des Max-Planck-Instituts für Astrophysik in Garching, bereits vor gut zehn Jahren in dem sogenannten Illustris-Projekt die Geschichte des gesamten Kosmos.

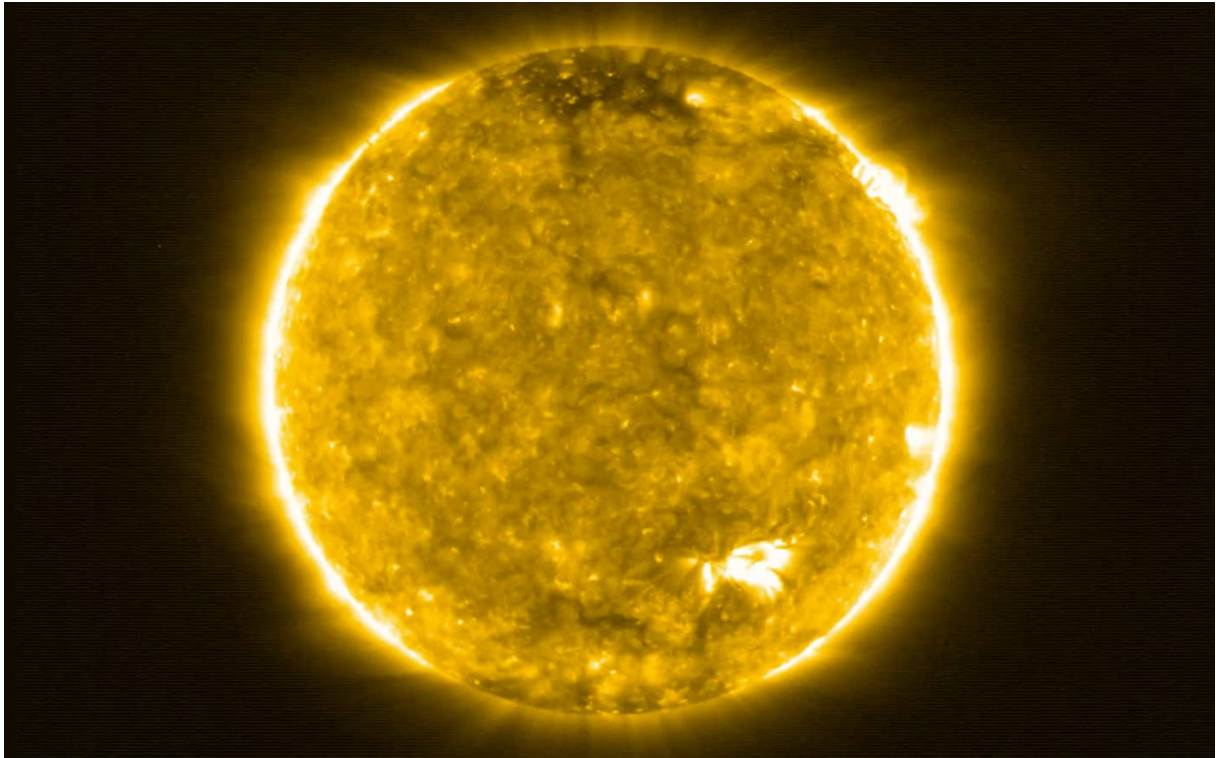
Die Forscherinnen und Forscher starteten mit Beobachtungsdaten aus der noch sternlosen Zeit des Universums, 38 000 Jahre nach dem Urknall, Babyalter. Dann ließen sie zwei Superrechner in Deutschland und Frankreich berechnen, was in den darauffolgenden 13,7 Milliarden Jahren bis zur Gegenwart passiert ist. Nach zusammengezählt 19 Millionen Stunden Rechenzeit zeigten die Computer ein Bild des Weltraums, das der heute von den Teleskopen beobachteten Realität verblüffend ähnlichsah.

Das ist eine unglaubliche Leistung der Astronomen und Astrophysikerinnen. Darauf beruht die Vermutung, dass auch die Zukunft des Universums und damit auch das Ende unseres Sonnensystems berechenbar ist.

Aber gemach, selbst kosmologische Pessimisten schätzen, dass noch eine ganze Weile Formen von Leben auf der Erde existieren können. Vielleicht sogar Menschen, wenn sie gute Technologien der Anpassung entwickeln. Irgendwann allerdings wird es unweigerlich ernst. Schließlich hat auch unsere Sonne nur ein endliches Leben, und die Hälfte davon ist fast vorbei. Rund 4,6 Milliarden Jahre ist sie mittlerweile alt, als sogenannter Gelber Zwerg steht sie in der Blüte ihres Lebens, beziehungsweise: Sie hat die Midlife-Crisis erreicht.

Schon bald, also in ein paar Milliarden Jahren, wird die Sonne im Kern langsam schrumpfen und immer heißer werden, zugleich wird sich ihre äußere Hülle über die Jahrmilliarden immens ausdehnen.

Bis nichts mehr bleibt



Die Leuchtkraft unseres Zentralgestirns wird sich verdreifachen, sein Radius wächst kontinuierlich. Dadurch wird es immer wärmer werden.

Schätzungen [einiger Wissenschaftler zufolge wird die Erde noch 100 bis 900 Millionen Jahre Leben beherbergen, so wie wir es kennen](#). Irgendwann vorher wird der letzte Mensch das letzte Wort sprechen. Wie das wohl lauten wird?

Der Treibhauseffekt wird durch Wasserdampf in der Atmosphäre stärker. Heftiger warmer Regen wird die Erosion verstärken, wodurch der anorganische Kohlenstoffzyklus beschleunigt und der CO₂-Gehalt in der Atmosphäre sinken wird. In etwa 900 Millionen Jahren wird er nurmehr 10 Teilchen pro Millionen Luftmoleküle betragen, verglichen mit 280 in vorindustrieller Zeit.

Unter diesen Bedingungen werden auch die letzten höheren Pflanzen eingehen und dadurch die meisten Tiere verhungern und ersticken, als Letztes die Wirbellosen.

Zudem wird zu diesem Zeitpunkt die mittlere Temperatur auf der Erdoberfläche 30 Grad Celsius überschreiten, laut einigen Forschern der kritische Wert für die Existenz höheren Lebens.

Insofern kann uns Menschen der weitere Fortgang der Geschichte eigentlich egal sein. Für Interessierte die weitere Zukunft im Schnelldurchlauf: Nach einer weiteren Milliarde Jahre wird die Durchschnittstemperatur auf der Erde 100 Grad Celsius erreicht haben, das gesamte Oberflächenwasser der Erde verdunsten. In 3,4 Milliarden Jahren wird die Sonne ihre Maximaltemperatur erreichen und die Erdkruste zu einem Lavaozean einschmelzen.

Bis nichts mehr bleibt

Die Sonne wird sich weiter aufblähen und in 6,4 Milliarden Jahren ihren Radius um den Faktor 166 vervielfacht haben. Sie wird rund 2000 Mal heller leuchten als heute, dabei ihr Strahlungsspektrum in den roten Bereich verschieben. Sie wird zum Roten Riesen, der erst Venus und Mars und dann auch die Erde verschlingt.

Ganz eindrucksvoll dürften zuvor noch einige sogenannte Heliumblitze sein, bei denen die Sonne für einige Sekunden bis zu zehn Milliarden Mal heller leuchtet als heute. Das entspricht etwa zehn Prozent der Leuchtkraft der gesamten Milchstraße. Die Blitze strahlen aber nicht gleißend hell durchs Weltall, sondern werden von der Sonnenhülle abgeschirmt. Es ist ein letztes Aufbäumen, bevor auch die Sonne erst als Weißer, dann Schwarzer Zwerg in der Bedeutungslosigkeit verschwinden wird.

Erst vor wenigen Wochen haben Astronominnen und Astrophysiker um Kishalay De vom MIT in Boston mithilfe des Gemini South Telescope in den chilenischen Anden [zum ersten Mal ein kosmisches Verschlingen in situ beobachtet](#): rund 12 000 Lichtjahre entfernt, nahe dem Sternbild Adler. Dort war ihnen ein Stern aufgefallen, der über einen Zeitraum von nur zehn Tagen plötzlich 100 Mal heller strahlte. Die Wissenschaftler vermuten, dass dort ein Gasriese von der Größe Jupiters in seinen Stern gestürzt ist. „Wir haben die Zukunft der Erde gesehen“, kommentiert Kishalay De in einer Mitteilung zu der Studie.

Es gibt nur wenige Möglichkeiten, wie der Planet diesem Schicksal enttrinnen könnte. Mit etwas Glück, genauer gesagt 0,001 Prozent Wahrscheinlichkeit, wird irgendwann in den nächsten fünf Milliarden Jahren ein Stern vorbeikommen, der mit seiner Gravitation die Erde aus ihrem angestammten Sonnensystem schleudert. Dann dürfte es allerdings ziemlich kalt werden, ein Überleben auch primitiver Lebensformen schwierig. Noch günstiger wäre nach Ansicht der Astronomen, wenn ein Doppelsternsystem die Erde in eine vorteilhafte Umlaufbahn zieht. Dann könnte sogar die Biosphäre überleben, soweit noch vorhanden. Die Wahrscheinlichkeit dafür liegt leider nur bei eins zu drei Millionen.

Noch eher wäre denkbar, dass die Menschen in der nächsten Million Jahre mit Raumschiffen ihre blaue Kugel verlassen und anderswo in der Milchstraße eine Heimat suchen. Science Fiction? Die Technologiesprünge in den 300 000 Jahren, seit der Homo sapiens existiert, waren ja auch ganz ordentlich. Zumindest könnten die Menschen aber noch ein paar Raumsonden losschicken, denen sie Super-Speicherscheiben von den Ingenieuren der University of Southampton in den Kofferraum packen.

Bis nichts mehr bleibt

Vielleicht wird eine entfernte Intelligenz sie mal lesen, oder auch nicht.

Jedenfalls werden die Hightech-Schreibtafeln davon künden, dass es in einem **unbedeutenden Durchgangsstadium einer peripheren Galaxis dieses Universums Sternenstaub gab, der auf einem blauen Planeten in der Form von Menschen ein Bewusstsein seiner selbst entwickelte.**

Sie erfanden Faustkeile und Laserstrahlen, lernten zu lieben und zu hassen, und sie schrieben ein paar Gedichte, die man nicht vergessen sollte, immerhin.

Text: Christian Weber,

Digitales Storytelling: Theresa Palm,

Design: Felix Hunger

© SZ