

Steuert die Expansion des Universums die Entwicklung des Lebens? [13. März]

Nach der Meinung spanischer Wissenschaftler [2] stellen **Gammastrahlenausbrüche** (*gamma-ray bursts*, GRB) [1] (Abb. 1) durch die Abstrahlung enormer Mengen von *Gammastrahlen* [1] - und deren Wechselwirkung mit Atmosphären von Planeten - eine Bedrohung für dort beheimatetes komplexes Leben dar.

GRBs setzen innerhalb von rund 10 Sekunden mehr Energie frei als die Sonne in vielen Milliarden Jahren. Die **Ursache und Herkunft** von GRBs ist noch nicht vollständig geklärt. Der erste GRB wurde bereits im Jahr 1967 beobachtet, jedoch wurden GRBs erst Jahre später mit Ereignissen in den Tiefen des Universums in Verbindung gebracht.

Der **bisher hellste GRB** wurde am 19. März 2008 (*GRB 080319B*) [1] entdeckt und stammt von einem astronomischen Objekt in rund 7,5 Milliarden *Lichtjahren* (Lj) [1] Entfernung. Dieser GRB war rund 2,5 Millionen Mal heller als die bisher hellste *Supernova* [1] und konnte sogar mit dem blossen Auge beobachtet werden.



Abb. 1 Künstlerische Darstellung eines Gammastrahlenausbruchs.

Bei einem GRB wird die Energie in schmalen, einander entgegengesetzten Strahlungsjets abgestrahlt. Trifft die hochenergetische Strahlung auf einen potentiell bewohnbaren Planeten, kann dessen Ozonschicht zerstört und der Planet für die weitere Zukunft unbewohnbar gemacht werden.

© NASA/SWIFT/M. P. Hrybyk-Keith/J. Jones

Die Wissenschaftler [2] hatten in einer früheren Forschungsarbeit [3] gezeigt, dass GRBs dafür sorgen können, dass Planeten zukünftig für die Entwicklung von (komplexerem) Leben ungeeignet sind, wenn sie von der hochenerge-

tischen Strahlung eines GRBs getroffen werden, und dabei die *Ozonschicht* [1] eines potentiell bewohnbaren Planeten zerstört wird.

GRBs sind für biologische Organismen eine potentielle Katastrophe:

Ist die Ozonschicht eines bewohnbaren Planeten zerstört, sind dessen bereits existierende Organismen schädlicher *UV-Strahlung* [1] ausgesetzt (Abb. 2).



Abb. 2 Künstlerische Darstellung eines Gammastrahlensausbruchs am Ort der Erde. Wissenschaftler sind der Auffassung, dass ein GRB mit einer Dauer von 10 Sekunden innerhalb von 6.000 Lichtjahren um die Erde für das Massensterben vor rund 500 Millionen Jahren verantwortlich ist. Wenn die Gammastrahlung die Erde trifft, wird die Erdatmosphäre massiv verändert; die Ozonschicht verwandelt sich in braunen Smog aus *Stickstoffoxid* [1].

[Im Hintergrund findet der GRB statt. Die hochenergetischen Gammastrahlen breiten sich wolkenartig aus; mit dem blossen Auge sind sie jedoch in der Realität nicht zu beobachten. Die Atmosphäre der Erde wird dabei enorm beschädigt (rote Bereiche).]

© NASA

Bei GRBs wird die abgegebene Gammastrahlung in schmale Strahlungsbündel kanalisiert (Abb. 1), deren Wirkung so enorm ist, dass sogar Planeten einer anderen Galaxie "zerstört" werden können.

Dieses Ergebnis wollten die Forscher in ihrer aktuellen Arbeit auf eine wesentlich grössere Skala übertragen: das Universum.

Welches Universum ist am lebensfreundlichsten?

Kann man die Häufigkeit und Stärke von GRBs abschätzen, lässt dies Rückschlüsse auf die Wahrscheinlichkeit zu, ob eine bestimmte Art Universum fortgeschrittene Lebensformen beherbergen kann.

Dabei spielt die sog. **Kosmologische Konstante Λ** [1], die wahrscheinlich für die *beschleunigte Ausdehnung des Universums* [1] verantwortlich ist, eine wichtige Rolle. Viele Forscher vermuten, dass die Kosmologische Konstante in Verbindung mit der **Dunklen Energie** [1] steht (Abb. 3). Woraus die Dunkle Energie besteht, wissen wir bisher nicht. Wir kennen lediglich ihre vermeintliche Wirkung.



Abb. 3 Künstlerische Darstellung der Kosmologischen Konstanten.
Worum es sich bei der Kosmologischen Konstanten aus Einsteins Gleichungen handelt, wissen wir bisher nicht.
© backreaction

Das Überleben von höheren Lebensformen scheint Universen zu favorisieren, in denen die Kosmologische Konstante das Schicksal des Universums dominiert. Die Kosmologische Konstante scheint jedoch bei der Bereitstellung der "richtigen" Bedingungen für das Leben eine bisher unerforschte (wichtige) Rolle zu spielen.

Modelle mit einer Kosmologischen Konstanten und sog. *Kalter Dunkler Materie* (CDM) [1] zeigen, dass die Wahrscheinlichkeit des Überlebens höher entwickelter Lebensformen vor allem von dem **Wert der Kosmologischen Konstanten und dem Alter des Universums** abhängt.

Unser Universum scheint sich in dem favorisierten Parameterbereich zu befinden:

Ist das der Grund, weshalb es Leben auf der Erde gibt?

Die Erde ist nur selten kosmischen Explosionen wie GRBs ausgesetzt; sie befindet sich in einem Umfeld zahlreicher sog. *Hauptreihensterne* [1], die - wie die Sonne - in ihrem Innern *Wasserstoff* (H) zu *Helium* (He) [1] verbrennen. Hauptreihensterne sind über Milliarden Jahre stabil und lassen daher die Entwicklung fortgeschrittener Lebensformen - wie uns - zu.

Was ist besser? - Viele Sternnachbarn oder Einzelgänger?

Bilden sich auf einem Planeten Lebensformen, steht es für die zukünftige Entwicklung des Lebens "besser", wenn sich der Planet weit von seinen Sternnachbarn entfernt befindet. Dabei könnte die Kosmologische Konstante helfen, die Sternnachbarschaft sozusagen "auszudünnen" und damit ungefährlicher zu machen.

Dagegen ereignen sich in dichten Sternregionen zahlreiche Explosionen bzw. Ereignisse, bei denen Materie und hochenergetische Strahlung frei werden; wenn sich ein Planet in der Nähe einer derartigen Region befindet, bedeutet das für Planeten in seiner Umgebung wahrscheinlich das Ende der Entwicklung von Leben.

Daher sei es besser, sich in den Aussenbereichen einer Sternregion zu befinden oder in Bereichen, die nicht von zahlreichen kleinen *Galaxien* [1] umgeben sind, so die Forscher. Um einen solchen Fall handelt es sich bei unserer Milchstrasse.

Und in der Milchstrasse?

In der Milchstrasse treten GRBs verstärkt in den inneren Bereichen unserer *Galaxis* [1] auf und stellen für die Entwicklung von Leben ein grosses Problem dar.

Die Frequenz von GRBs innerhalb einer Galaxie hängt von der sog. **Metallhäufigkeit** ab, d.h. wie viele Elemente es neben Wasserstoff und Helium gibt, die *schweren Elemente* [1]. Die GRBs treten häufiger auf, wenn diese Häufigkeit geringer ist als in der Umgebung der Sonne und die Galaxie mindestens 50 Millionen Sterne enthält.

In der Milchstrasse findet man nur wenige derartige Bereiche. Dagegen besitzen beispielsweise die beiden *Magellhanschen Wolken* [1] eine geringe Masse und eine niedrige Metallhäufigkeit; daher treten potentiell schädliche GRBs dort viel häufiger auf als in der Milchstrasse.

Die Abschätzung für *Satellitengalaxien* [1] wie die Magellhanschen Wolken beträgt rund 400 GRBs pro einer Milliarde Jahre.

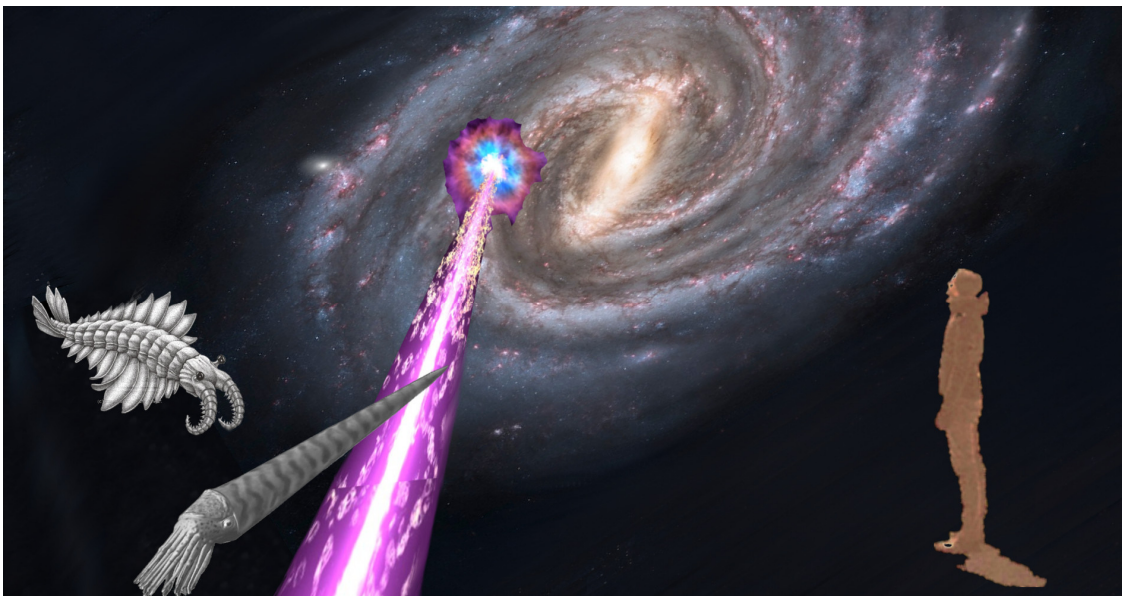


Abb. 4 Künstlerische Darstellung der Ursache des Massensterbens im Ordovizium.
Die Darstellung zeigt einen GRB, der in der Vergangenheit der Erdgeschichte direkt in Richtung der Erde gerichtet hätte sein können. Möglicherweise war dies die Ursache des Massensterbens im Ordovizium vor rund 490 Millionen Jahren.

© T. Reyes

Für den Fall der Erde und ihre Umgebung schätzen die Wissenschaftler einen GRB innerhalb der letzten Milliarden Jahre. Wahrscheinlich sorgte ein derartiges Ereignis für die massive Ausrottung im *Ordovizium* [1] vor rund 490 Millionen Jahren (Abb. 4). Dadurch wurden rund 85 Prozent sämtlicher Lebewesen auf der Erde vernichtet.

In einer früheren Forschungsarbeit [3] schätzten die Wissenschaftler, dass in der Nähe der Erde mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 Prozent innerhalb der letzten rund 500 Millionen Jahre ein lebensbedrohlicher GRB stattgefunden habe. Die Entfernung der Erde zum Zentrum beträgt rund 27.000 Lichtjahre. Die Forscher schätzen, dass sich die 50%-ige Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines GRB erst in einer Entfernung von rund 32.000 Lichtjahren vom Zentrum verringert.

Falls sich ein Sonnensystem innerhalb von 13.000 Lichtjahren um das Zentrum der Milchstrasse befinde, steige die Wahrscheinlichkeit sogar auf 95 Prozent, so die Wissenschaftler. Daraus schliessen die Forscher, dass in der Nähe des Galaktischen Zentrums [1] kein komplexes Leben existiert. Einfache Lebensformen dagegen könnten einen oder mehrere GRBs überleben [3].

Das Anthropische Prinzip

Bei dem Ergebnis der Forschungsarbeit handelt es sich um eine Erweiterung des sog. **Antrophischen Prinzips**, die Idee, dass unser Universum die Entwicklung intelligenten Lebens möglich macht (Abb. 5).



Abb. 5 Künstlerische Darstellung der Wahl des "richtigen" Universums.
Mit den richtigen Zutaten entsteht ein Universum, das genau richtig ist, damit sich komplexes Leben entwickeln kann.

© cosmologybus

Falls die vier existierenden physikalischen *Grundkräfte* [1] stärker oder schwächer wären, hätten sich wahrscheinlich die Bausteine des Lebens nicht bilden können. Dazu gehören *Elementarteilchen* [1], *Atome* [1], *langkettige Moleküle* [1], etc.

Andere Werte dieser Parameter hätten wahrscheinlich ein *steriles* oder *chaotisches Universum* [1] erzeugt, jedenfalls ein Universum ohne Leben. (Abb. 5)

Wieviel Spielraum dieser Parameter bleibt, um ein bewohnbares Universum zu ermöglichen?

Die spanischen Forscher untersuchten diese Frage mithilfe von Computersimulationen, die das Universum unterschiedlich schnell expandieren bzw. beschleunigen ließen [2]. Ebenso beschäftigten sie sich mit der Frage, wie sich die Änderung des Wertes der Kosmologischen Konstanten auf die (*mittlere*) *Dichte* [1] des Universums auswirkt, insbesondere im Hinblick auf GRBs und deren Wirkung auf Sterne und Planeten.

Die Antwort

Unser Universum scheint "genau richtig" zu sein. Der Wert der Kosmologischen Konstanten ist genau so, dass die Expansion des Universums gross genug ist und dadurch verhindert, dass Planeten - wie die Erde - den GRBs zu sehr ausgesetzt sind, und klein genug, damit sich ausreichend viele Hauptreihensterne - wie die Sonne - bilden, in deren Bereich Leben existieren kann (Abb. 5).

Eine schnellere Expansionsrate des Universums würde verhindern, dass sich Sterne (aus riesigen Gaswolken) bilden. Leben würde in diesem Fall nicht entstehen können.

Nach der Meinung der Forscher spielte das Universum bei der Entstehung bewohnbarer Planeten eine **grössere Rolle als erwartet**. Man sei verwundert, dass man die Kosmologische Konstante benötige, um Bereiche des Universums (von schädlichen Einflüssen) zu "reinigen" und ihnen eher einen "Vorstadtcharakter" zu verleihen, so einer der Wissenschaftler.

Weshalb ist die Kosmologische Konstante so klein?

Die Ergebnisse der Untersuchung sind auch im Hinblick auf eines der grössten Rätsel der *Kosmologie* [1] wichtig, beispielsweise für die Beantwortung der Frage, weshalb die Kosmologische Konstante so gross ist, was sie ist.

Theoretisch sollte der Wert der Kosmologischen Konstanten um viele Hundert Grössenordnungen grösser oder gleich Null sein; im letzteren Fall würde das Universum nicht beschleunigt expandieren.

Jedoch ist der Wert der Kosmologischen Konstanten sehr klein, aber nicht gleich Null. Das bleibt den Forschern ein Rätsel. Jedenfalls ermöglicht es der Wert der Kosmologischen Konstanten, dass intelligentes Leben entstehen kann, Leben, das genau diese Tatsache bzw. dieses Rätsel beobachtet.

Kritiker des Anthropischen Prinzips - wie *Lee Smolin* [1] - merken dazu an, dass man sich nicht nur auf eine Variable des Modelluniversums im Hinblick auf die Entwicklung von Leben konzentrieren dürfe. Das Zusammenspiel mehrerer Variablen könnte zu einer anderen Schlussfolgerung führen.

Die spanischen Wissenschaftler wollen nun untersuchen, ob GRBs tatsächlich eine derart zerstörende Wirkung auf das Leben haben.

Falls Sie Fragen und Anregungen zu diesem Thema haben, schreiben Sie uns unter **kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu**

Ihre
IG Hutzi Spechtler – Yasmin A. Walter

Quellenangaben:

[1] Mehr Information über Objekte des Sonnensystems und astronomische Begriffe
www.wikipedia.de

[2] Piran, T., et al., *Phys. Rev. Lett.* **116** (2016)

[3] Piran, T., et al., *Phys. Rev. Lett.* **113** (2014)