

# Vom Werden des anfänglichen Lichts

Text: **Daniela Leitner**

Aller Anfang ist abenteuerlich. Das gilt vor allem für die Geschichte des Universums. Dass dabei aus Licht allmählich Leben entstehen konnte, verdanken wir einer unglaublichen Menge glücklicher Umstände.

**Vor rund** 14 Milliarden Jahren geschah etwas äußerst Bedeutendes. Genauer gesagt geschah zum allerersten Mal überhaupt etwas: Licht entstand – und zwar eine ganze Menge. Schlagartig war es plötzlich da, zunächst noch auf einen äußerst engen Raum verteilt. Doch das sollte sich schon sehr schnell ändern: Dem Raum, den wir heute unser Zuhause nennen, war es nach einer aberwitzig kurzen Zeitspanne, die wesentlich schneller vorbei war als ein Wimpernschlag, zu viel des Guten: Das Licht, das in ihm umherstaute war ihm zu stürmisch und zu energiege-laden, also dehnte er sich kurzerhand aus – zu-nächst schlagartig und äußerst explosiv, danach etwas gemächlicher.

Dieser extreme Expansionsdrang führte dazu, dass sich das Licht allmählich beruhigte, seine Energie wurde schwächer. Doch es passierte währenddessen noch etwas anderes: Materie entstand. Nach und nach kristallisierte sie aus dem Licht heraus. Nach rund drei Minuten war bereits die gesamte Elementarteilchenwelt vertreten, aus der wir heute bestehen: Die Rede ist von den sogenannten Quarks und Leptonen. Quarks sind äußerst schwere Brocken. Sie bilden die wichtigen Protonen und Neutronen, aus de-

nen die Atomkerne zusammengesetzt sind. Zu den fliegengewichtigen Leptonen zählen wieder-um die winzigen, negativ geladenen Elektro-nen, die um die dicken Atomkerne herum-schwirren, da sie von deren positiver Ladung an-gezogen werden. Damit waren die Zutaten der Atome komplett.

## Licht liebt Materie

Doch bevor Leben entstehen konnte, musste noch eine ganze Menge passieren. Nach den ers-ten drei Minuten war zunächst nicht mehr viel Spannendes in unserem Universum geboten. Es dehnte sich lediglich immer weiter aus und kühlte ab. 380 000 Jahre lang wuselten Licht und Materie im Raum umher – und machten sich dabei gegenseitig das Leben schwer:

Die Materie ist grundsätzlich sehr bestrebt dar-in, sich zusammenzufinden und größere Struk-turen zu bilden. Das liegt an der Gravitation, je-ner Kraft, die dafür sorgt, dass Materie anzie-hend wirkt. Es gab damals allerdings ein kleines Problem: Das Licht hatte unglaublich große Freude daran, den Zusammenschluss der Mate-rie wieder zu entzweien. Hatten sich ein Proton

und Elektron zusammengefunden, um ein waschechtes Atom zu bilden, kam sogleich ein Lichtteilchen, das sogenannte Photon, herbei, um das Elektron in hohen Bogen aus dem Atom zu befördern. Das liegt daran, dass Licht unheimlich gern mit elektrisch geladenen Teilchen interagiert – denn Licht besitzt selbst nicht nur einen Teilchencharakter, sondern es ist gleichzeitig auch eine elektromagnetische Welle. Deshalb liebt es alles, was eine Ladung hat und damit auch Elektronen und Protonen. Besonders das Elektron hat es dem Licht angetan. Denn da es so schön leicht ist, lässt es sich besonders gut herumschubsen.

## Das Licht lernt laufen

Es herrschte also ein reges Ping-Pong-Spiel zwischen Licht und Materie. Bis schließlich die besagten 380 000 Jahre anbrachen. Dann war Schluss mit lustig. Dieser Zeitraum markiert einen wichtigen Wendepunkt in der Geschichte des Universums: Das Licht lernte laufen. Doch was hat das zu bedeuten?

Wie gesagt dehnte sich das Universum seit seiner Entstehung permanent aus und kühlte dabei immer weiter ab. Die Energie des Lichts wurde folglich immer schwächer. Während es in seiner Anfangszeit noch unglaublich energiegeladen in Form von Gammastrahlung daherkam, verwandelte es sich im Lauf der Zeit von einem heißen, lodernen Etwas Schritt für Schritt in das sichtbare Licht, das wir mit unseren Augen wahrnehmen können. Zunächst leuchtete unser Universum strahlend hellblau, dann nahm es allmählich den gelblichen Farbton an, den wir von unserer Sonne kennen, bis es schließlich, nach 380 000 Jahren, nur noch in einem schwachen Rotton glühte. Damit hatte das Universum die gesamte Palette des elektromagnetischen Spektrums bis zum energiearmen roten Licht einmal durchlaufen.

Und nun wendete sich das Blatt: Während das Licht zuvor dafür sorgte, dass ausschließlich geladene Teilchen, sprich negativ geladene Elektronen und positiv geladene Atomkerne, im All umhertrieben, fehlte ihm nun die nötige Energie,

um dieses Spielchen weiter zu treiben. Die Elektronen wurden nicht länger aus den Atomen herausgeschossen, sondern durften bei den Protonen bleiben. Die Atome blieben erstmals stabil. Doch auch für das Licht bedeutete das Ganze einen enormen Vorteil: Während es vorher von den geladenen Teilchen permanent hin und her gestreut wurde, konnte es von nun an ungehindert geradewegs das All durchschreiten – es lernte zu laufen.

Wenn wir mit Teleskopen in die Weiten des Alls blicken, können wir den Weg des Lichts nur bis zu dieser Schwelle von 380 000 Jahren zurückverfolgen. Danach sehen wir nur noch einen seltsamen Schleier, durch den wir nicht blicken können. Dieser Vorhang aus Licht ist der Moment, kurz bevor das Licht laufen lernte. Hier springt es noch wild im Zickzackkurs von Teilchen zu Teilchen. Alles, was vorher passierte, können wir mit Teleskopen deshalb nicht mehr zurückverfolgen. Der Weg des Lichts lässt sich ab hier einfach nicht mehr nachvollziehen.

## Dunkle Zeiten

Von nun an konnte das Licht also frei und ungehindert durch das All sausen. Allerdings wurde es ab jetzt allmählich unsichtbar. Denn das Universum dehnte sich nach wie vor immer weiter aus und kühlte dadurch immer mehr herunter. Aus dem anfangs so energiereichen Licht kurz nach dem Urknall wurde schließlich lau temperierte Infrarotstrahlung. Nach drei Millionen Jahren war es schließlich richtig finster im All.

Und wieder hielt ein Zeitalter der Langeweile Einzug in der Geschichte des Universums. Wieder passierte nichts Weltbewegendes. Es wurde nur immer kälter und der Raum wurde größer. Ganze 200 Millionen Jahre lang sollte sich daran nichts ändern. Dieser äußerst monotone Abschnitt in der Geschichte des Universums wird auch als das Dunkle Zeitalter bezeichnet.

Einer kleinen Unperfektheit ist es zu verdanken, dass sich langsam aber sicher dennoch etwas tat. Seit Anbeginn der Zeit ist unser Universum nämlich von minimalen Unregelmäßigkeiten

durchzogen. Licht und Materie waren nie völlig gleichmäßig verteilt, sondern es gab stets Flecken, an denen die Dichte mal ein bisschen höher, mal ein bisschen geringer war. Anfangs waren diese Abweichungen noch unglaublich minimal, doch mit der Zeit sollte sich das ändern: Dort, wo mehr Materie beisammensaß, gesellten sich immer mehr Materieteilchen durch die Wirkung der Gravitation zusammen. Dort, wo etwas weniger Teilchen als im Durchschnitt umherwuselten, wurde es hingegen immer leerer. Die Materie begann sich auf diese Weise langsam aber sicher zusammenzutrommeln – das Universum begann sich zu strukturieren. Über das gesamte Dunkle Zeitalter hinweg, tat es dies – zunächst noch heimlich und unbemerkt im Hintergrund –, doch eines Tages zeigte das emsige Materieansammeln schlagartig Wirkung: Nachdem unser All 200 Millionen Jahre auf dem Buckel hatte, ging zum ersten Mal seit dem Urknall wieder das Licht an: Der erste Stern war geboren.

## Das Licht geht an

Die ersten Sterne in unserem Universum waren etwas ganz Besonderes. Zum einen waren sie unglaublich groß und leuchteten unglaublich hell, zum anderen machten sie unser Universum zum ersten Mal richtig interessant. Bis dahin war das Aussehen des Alls nämlich äußerst unoriginell: Kurz nach dem Urknall war es überall einfach nur heiß und hell, während des Dunklen Zeitalters galt dann dasselbe für den Zustand kalt und dunkel. Nun aber gab es erstmals ein richtiges Kontrastprogramm im Universum zu bestaunen: Zum allerersten Mal herrschten Dunkelheit und Helligkeit gleichzeitig vor. Man konnte das Licht endlich auch als solches erkennen. Doch nicht nur aus optischen Gründen sorgten die ersten Sterne für frischen Wind im Universum. Wegen ihrer enormen Größe, lebten sie zwar nicht sehr lange – nach nur einigen hunderttausend Jahren waren ihre Tage gezählt – doch sie setzten etwas in Gang, das für die spätere Entwicklung von Leben von enormer Bedeu-

tung war: Der Kreislauf der Materie begann und mit ihm entwickelten sich alle chemischen Elemente, aus denen auch wir heute bestehen. Allen voran der enorm wichtige Kohlenstoff, das bindungsfreudigste Element schlechthin, ohne den Leben niemals möglich wäre.

## Die Sache mit dem Sternenstaub

Doch alles schön der Reihe nach: Kurz nach dem Urknall gab es in unserem Universum wie gesagt bereits alle Zutaten, die für die Bildung von Atomen nötig sind: Es gab Protonen, Neutronen und Elektronen. Mit den Protonen hätten wir auch schon das allererste und im Übrigen weitaus häufigste Element im Universum abgedeckt: den Wasserstoff. Doch noch ein weiteres Element kam bereits nach den ersten drei Minuten ins Spiel: Helium, das zweithäufigste Element im All. Es besteht aus zwei Protonen und zwei Neutronen im Kern. Alle anderen Elemente sind – mit einigen wenigen Ausnahmen – erst viele hundert Milliarden Jahre später entstanden. Und zwar in den Sternen. Die Elemente, aus denen wir bestehen, sind zum einen Großteil tatsächlich Sternenstaub!

Und dies passierte wie folgt: Nachdem sich die ersten Sterne in unserem Universum verabschiedet hatten, blähten sie sich zunächst auf das Vielfache ihrer Größe auf, explodierten schließlich in einer gewaltigen Supernova und katapultierten dabei einen Großteil ihrer Masse in die Weiten des Alls. Nebenbei produzierten sie durch die ungeheure Energie, die dabei frei wurde, ein Element nach dem anderen. Auf diese Weise kamen Schritt für Schritt alle 92 Elemente des Periodensystems zusammen, darunter auch der für uns so wichtige Sauerstoff und Kohlenstoff.

Nachdem die ersten Sterne verschwunden waren, begannen sich die nächsten Sterne zu bilden. Sie sammelten dabei das Material auf, das ihre Vorgänger zuvor weitläufig ins All geschleudert hatten. Als die zweite Sternengeneration schließlich ebenfalls verging, bildeten sich aus ihren Überresten wiederum weitere neue Sterne. Es ist also ein immer fortlaufender Kreislauf,

den die allerersten Sterne in Gang gesetzt haben – und er hält bis heute an. Jeder Stern, der entsteht, enthält frisch gebildete Elemente von Sternen, die vor ihm da waren. Auf diese Weise tragen jüngere Sterne viel mehr von den neuen Elementen in sich als ältere Sternenerationen.

## Jung, lauwarm und klein – unsere Sonne

Einer dieser jungen Sterne ist etwas ganz Besonderes: unsere Sonne. Sie entstand vor 4,6 Milliarden Jahren in einem recht abgelegenen Winkel einer spiralförmigen Galaxie namens Milchstraße. Aus der Materie, die bei der Sternbildung der Sonne nicht mehr ins Zentrum des Geschehens gezogen werden konnte, bildeten sich acht wohlgeformte Kugeln sowie drei Gruppen von kleineren Brocken aus Gestein und Eis: Die Planeten, Asteroiden und Kometen.

In einem Abstand von rund 150 Millionen Kilometern passierte dabei etwas Großartiges: Hier war die Sonne weit genug entfernt, sodass keine ungemütliche Hitze herrschte, allerdings war es noch wohligh warm genug, um auf dem dritten Planeten eine fantastische Substanz zum Bleiben zu bewegen: Wasser – und zwar nicht, wie es im All sonst üblicherweise anzutreffen ist, in Form von Eis oder Gas, sondern flüssig. Flüssiges Wasser ist ein Juwel, es ist die Grundlage schlechthin dafür, dass Leben entstehen kann. Die Erde ist damit ein absoluter Ausnahmeplanet. Sie befindet sich in der perfekten Entfernung zu einem kleinen, eher lauwarmen Stern. Das gelbliche Licht der Sonne ist dadurch genau richtig temperiert, um Wasser flüssig zu halten und es den Elementen zu erlauben, organische Moleküle zu bilden – die Grundvoraussetzungen für Leben. Gleichzeitig ist die Erde groß genug und besitzt eine schützende Atmosphäre, um das wertvolle Wasser auch zu halten. Sonst würde es einfach in die Weiten des Alls verdampfen und wäre für immer verloren. Der atmosphärische Schutzschirm aus Teilchen in der Luft, sorgt außerdem dafür, dass die Durchschnittstemperatur auf der Erde 17 Grad Celsius

beträgt. Ohne Atmosphäre wäre die Erde, trotz perfekter Nähe zur Sonne, minus 18 Grad Celsius kalt! Dank des Treibhauseffekts wird die Wärme der Sonne auf unserem Planeten gehalten. Und noch einen Vorteil hat das Ganze: Die Erdatmosphäre schützt uns vor gefährlicher Strahlung. Nur das sichtbare Sonnenlicht und die wärmende Infrarotstrahlung dürfen die Atmosphäre passieren. Für das ultraviolette Licht ist sie nur teilweise durchlässig: Während UV-A und UV-B noch hindurchkommen, wird das lebensfeindliche UV-C von ihr komplett blockiert – glücklicherweise!

## Ein Mix aus Licht und Sternenstaub

Und so begann sich auf dem Planeten Erde, abgeschottet von den Gefahren der Außenwelt, nach 14 Milliarden Jahren Entwicklungszeit im Universum – dank einer unglaublichen Menge an glücklichen Umständen – allmählich etwas unglaublich Wundervolles und zugleich Wundersames zu entwickeln: Leben.

Dass dabei am Ende ein Wesen hervorgehen sollte, das begreifen kann, wie unglaublich es eigentlich ist, dass es überhaupt existiert, ist mehr als fantastisch. Wäre nur eine winzige Kleinigkeit in der Geschichte des Universums anders verlaufen, dann gäbe es uns nicht! Wir können deshalb dankbar sein, dass alles genauso passierte, wie es passierte. Aus Licht und einer Menge Sternenstaub wurden – wir. Ein Blick in den sternenklaren Himmel bei Nacht hilft uns vielleicht dabei, dass wir uns diese Tatsache immer mal ein bisschen bewusst machen und darüber staunen, wie großartig das alles ist ... |

**Daniela Leitner** studierte Kommunikationsdesign an der Staatlichen Hochschule für Gestaltung Karlsruhe. In ihrer vielfach ausgezeichneten Diplomarbeit »Als das Licht laufen lernte« erklärt sie die Geschichte des Universums humorvoll und für Laien leicht verständlich. Dies hat ihre Leidenschaft für Wissenschaft geweckt: Und so hat sie sich seitdem komplett der visuellen Wissenschaftskommunikation verschrieben.

## Literatur

*Bennett, Jeffrey/Donahue, Megan/Schneider, Nicholas/Voit, Mark/Lesch, Harald (Hg.)*, *Astronomie. Die kosmische Perspektive*, München 2010 (eine sehr detaillierte und gut verständliche Einführung in die Astronomie).

*Brockhaus-Redaktion (Hg.)*, *Brockhaus. Mensch, Natur, Technik. Vom Urknall zum Menschen*, Leipzig/Mannheim 1999 (die gesamte Geschichte des Universums und der Entwicklung des Lebens auf der Erde, wird hier sehr detailliert und genau erklärt).

*Comins, Neil*, *What if the moon didn't exist? Voyages to earths that might have been*, New York 1993 (interessante Gedankenspiele, was wäre, wenn es den Mond nicht gäbe oder wenn er anders wäre).

*Greene, Brian*, *Der Stoff, aus dem der Kosmos ist. Raum, Zeit und die Beschaffenheit der Wirklichkeit*,

München 2008 (Einblick in die Rätselhaftigkeit von Raum und Zeit).

*Hawking, Stephen*, *Das Universum in der Nussschale*, München 2007 (Skurrilitäten in der Welt der Relativitätstheorie und Quantenmechanik).

*Lesch, Harald/Müller, Jörn*, *Weißt du, wie viel Sterne stehen? Wie das Licht in die Welt kommt*, München 2008 (genaue Einführung in die Physik der Sterne).

*Lesch, Harald/Zaun, Harald*, *Die kürzeste Geschichte allen Lebens. Eine Reportage über*

*13,7 Milliarden Jahre Werden und Vergehen*, München 2010 (ein leicht verständlicher, grober Rundumschlag vom Urknall bis zur Entwicklung des Lebens auf der Erde).

*Sentker, Andreas/Wigger, Frank (Hg.)*, *Zeit Wissen* Edition. *Faszination Kosmos. Planeten, Sterne, schwarze Löcher*, Heidelberg 2008 (die interessantesten Themen rund um die Astronomie).

## HINTERGRUND

### Als das Licht laufen lernte

Unter diesem Titel entwirft Daniela Leitner ihre „kleine Geschichte des Universums“ als faszinierende Geschichte der Lichtwerdung. Am Anfang lesen wir den Text auf blauen Seiten, die sich nach und nach zu roten Seiten verändern. Das veranschaulicht die „kosmische Rotverschiebung“; schließlich geht es ja ums Licht: Da sich das Universum ausdehnt, nimmt auch die Wellenlänge der Photonen zu, während diese im leeren Raum unterwegs sind. Je weiter sie von uns entfernt sind, um so größer ist ihre Wellenlänge (und somit „roter“).

Was eigentlich ist Licht? Das war die Ausgangsfrage der Kommunikationsdesignerin. In der Spur des Astrophysikers Harald Lesch findet sie außergewöhnliche Wege, mit Fotos, Grafiken und in locker-anschaulichem Ton, in sprachgewandten und geistreichen Worten diese Geschichte zu inszenieren. Der um-

gekehrte Tagesablauf in ihrer Wohnung vom Schlafengehen zum Aufstehen dient dabei als roter Faden des Wegs in die Vergangenheit zurück bis zum Urknall. Physikalische Fragen rund um das Licht, woher es kommt, wie schnell es ist, warum die Sonne scheint, wie Sterne entstehen und sterben, was beim Urknall geschah, werden verständlich. Und das Staunen wird mit jeder Erklärung größer: ein unvergleichliches, atemberaubendes und wunderbar gestaltetes Buch, das mehrere Designerpreise bekommen hat! Und auch ein Blick auf die Homepage [www.danielaleitner.de](http://www.danielaleitner.de) ist ein lehrreiches Vergnügen.

**Daniela Leiter, Als das Licht laufen lernte. Eine kleine Geschichte des Universums, mit einem Vorwort von Harald Lesch, München 2013**

Rainer Oberthür