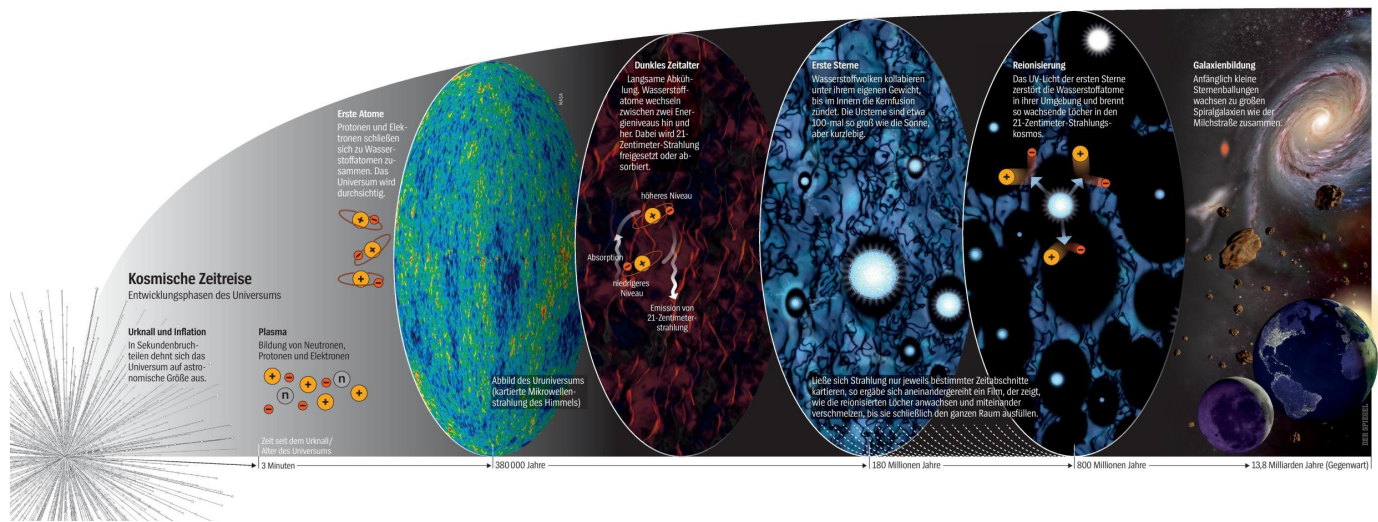




## Wissenschaft

# Die ersten Sonnen

**Kosmologie** Mit einem Radioteleskop ist Astrophysikern ein Blick in die Kinderstube des Universums gelungen: Ihre Messungen zeigen, wann sich einst Sterne und Galaxien bildeten – und welche Rolle dabei die mysteriöse dunkle Materie spielte.

**U**nd es ward Licht. Endlich, nach 180 Millionen Jahren Finsternis. Was muss das für ein Spektakel gewesen sein – auch wenn da natürlich niemand war, der es hätte bewundern können.

Erst jetzt, 13,6 Milliarden Jahre später, scheint es, als hätten sich Zuschauer gefunden. Einem kleinen Astronomenteam ist es offenbar gelungen, mit einer im australischen Outback aufgestellten Radioantenne ein Signal aufzufangen, das vom Zünden der ersten Sonnen nach dem Urknall kündigt.

Zwar sahen die Forscher nicht das Licht dieser Sterne selbst, doch immerhin deren Widerschein im allgegenwärtigen Wasserstoffgas. Das Instrument, mit dem diese bahnbrechende Messung gelang, ist verblüffend einfach. Es heißt »Edges«, hat gerade einmal zwei Millionen Dollar gekostet, ist ungefähr so groß wie eine Tischtennisplatte und sieht auch so aus. Es scheint also, als handelte es sich hier um einen der seltenen Fälle, in denen mit kleinem Aufwand eine große Entdeckung geglückt ist.

Noch aber gilt es, Zweifel auszuräumen. Die Aufregung unter den Astronomen ist ebenso groß wie die Skepsis. »Wenn es stimmt, dann ist das gleich zwei Nobelpreise wert«, sagt der theoretische

Physiker Avi Loeb von der Harvard-Universität. Der eine gebühre dem »Edges«-Team für die Messung selbst, der andere für das, was die Entdeckung bedeute.

Loebs Wort hat Gewicht in der Gemeinde. Er war es, der mit seinen Theorien einer neuen Art von Radioastronomie erst den Weg geebnet hat. Deshalb ist auch die Einschränkung, mit der er sein Lob versieht, von Bedeutung: »Das Signal ist sehr ungewöhnlich«, grübelt Loeb. Noch wisse er nicht recht, ob er daran glauben solle.

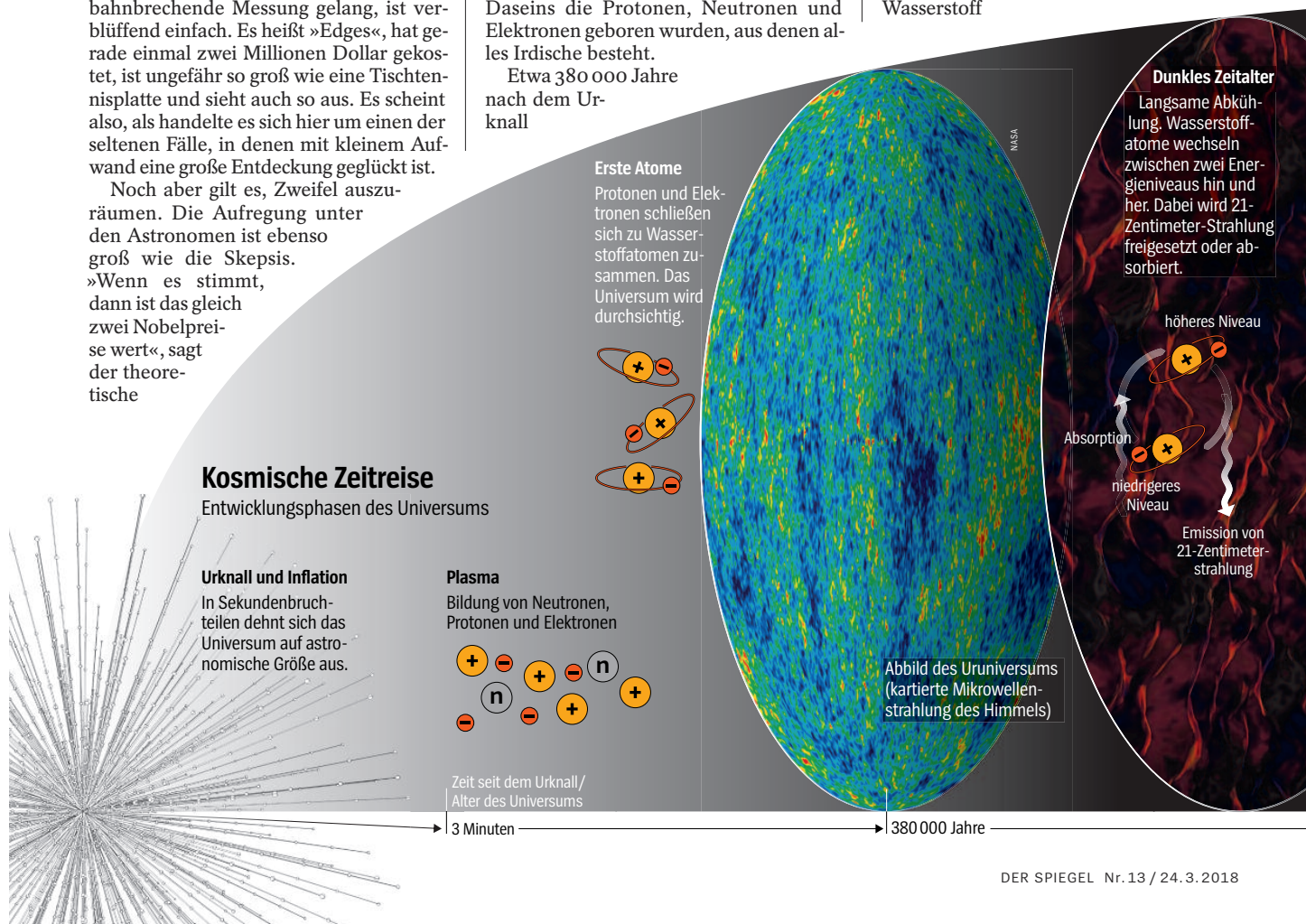
Willkommen im Reich der Kosmologen, die darüber streiten, wie die Welt, wie wir sie kennen, wohl entstanden ist. Den allerersten Anfang haben die Himmelsforscher schon erstaunlich gut verstanden. Sie wissen, wie im glutheißen Kreißaal allen Daseins die Protonen, Neutronen und Elektronen geboren wurden, aus denen alles Irdische besteht.

Etwa 380 000 Jahre nach dem Urknall

hatte sich das Universum so weit abgekühlt, dass Atome entstehen konnten. Elektronen wurden von den viel schwereren Protonen eingefangen und umkreisten sie fortan. Das Gebilde aus schwerem Kern und um diesen herumtaumelnden Elektron heißt Wasserstoffatom.

Den Moment der atomaren Massenhochzeit hat ein darauf spezialisierter Satellit schon vor geraumer Zeit in einem Schnappschuss festgehalten: Das Foto zeigt den kosmischen Mikrowellenhintergrund, der als Relikt am Himmel zurückgeblieben ist. So aufschlussreich und bedeutsam erscheint dieses Dokument, dass sich ein ganzer Zweig der Astronomie mit seiner Ausdeutung befasst.

Nachdem aber der atomare Wasserstoff



DER SPIEGEL Nr. 13 / 24.3.2018



entstanden war, folgte eine viele Jahrmlionen währende Dunkelzeit. Kein Stern existierte am Anfang, kein Licht drang durch die Finsternis; nur unsichtbares Wasserstoffgas, durchmischt mit etwas Helium, waberte umher. Kein Teleskop, kein noch so empfindliches Messinstrument vermochte bisher ein Signal aus diesem Abschnitt der Universumsgeschichte aufzufangen.

Dabei ist gerade jene Zeit besonders faszinierend. Denn irgendwann zündeten die ersten Sterne, die ersten Galaxien ballten sich aus kollabierendem Gas zusammen. Und auch die Elemente, aus denen die irdische Welt besteht, wurden damals ausgebrütet. Vorher ein dunkles kaltes Gas – hinterher eine Welt voller Sterne und Galaxien. Und dazwischen das große Unbekannte, mehrere Hundert Millionen Jahre Universumsgeschichte, in die bisher noch nie ein Mensch blicken durfte: Das ist ein Rätsel ganz nach dem Geschmack von Kosmologen. »Es ist, als hätten Sie von einem Menschen nur eine Ultraschallaufnahme und dann wieder allerlei Jugendfotos, aber nichts aus der Zeit dazwischen«, sagt Loeb. Er sieht seine Aufgabe

darin, die verborgene Kindheit des Universums zu rekonstruieren.

Manchmal formuliert es Loeb sogar noch pathetischer: Es gehe ihm um nichts Geringeres als darum, die Einzelheiten der Schöpfungsgeschichte zu verstehen. »Die Grundzüge haben die Autoren der Genesis ganz gut erfasst«, meint er. Doch wer sich für die Details interessiere, der müsse den Himmel, nicht die Bibel konsultieren.

Vor 25 Jahren beschloss der frisch berufene Harvard-Professor, das Thema zu seiner Lebensaufgabe zu machen. »Ein Forschungsfeld konnte man es damals noch gar nicht nennen«, sagt er. Nur eine Handvoll Wissenschaftler widmete sich den Mysterien des dunklen Zeitalters.

Gerade waren die Computer leistungstark genug geworden, um komplexe Simulationen durchführen zu können. Das erlaubte es Loeb und seinen Mitarbeitern, die Vorgänge nachzuvollziehen, die zum Aufblenden der ersten Sterne führten.

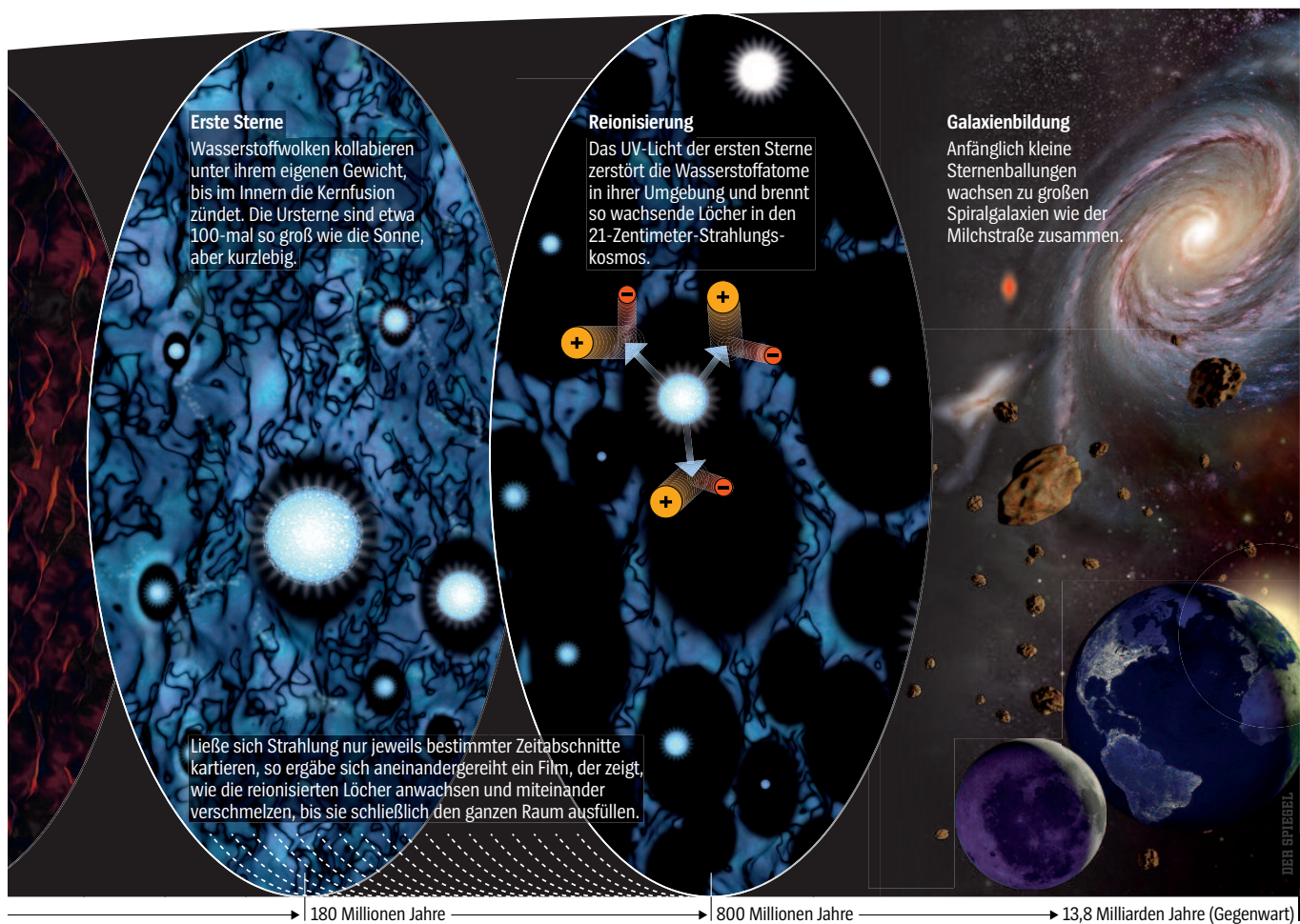
Die Kunst bestand darin, das Wechselspiel zweier Kräfte zu verstehen. Da war zum einen die Schwerkraft, die große Gaswolken unter ihrem eigenen Gewicht

in sich zusammenstürzen ließ. Dem jedoch wirkte die Hitze, die beim Kollaps entstand, entgegen. Sie blähte die Wolke wieder auf.

Loeb fand heraus, dass am Ende doch die Schwerkraft obsiegt – vorausgesetzt, die Menge des kollabierenden Gases ist groß genug. Sterne, die schwer wie hundert Sonnen sind, konnten sich selbst entzünden. Ungefähr hundert Millionen Jahre nach dem Urknall, so Loebes Fazit, dürfte das Feuerwerk begonnen haben.

Im Rechner hatte der Forscher damit die Glut der Sterne entfacht und Licht in die Dunkelheit gebracht. Doch würde es jemals möglich sein, dieses Licht auch zu sehen? Würde es je gelingen, mit Teleskopen von der Erde aus bis in diese Brutkammer der ersten Sterne zu blicken?

Lange schienen die Aussichten mager. Bis in die Zeit der kosmischen Morgendämmerung vermag nicht einmal das scharfsichtige »Hubble«-Weltraumteleskop zu schauen. Die jüngsten Galaxien, die dieses Instrument abgebildet hat, existierten rund 400 Millionen Jahre nach dem Urknall, und sie sind bereits erstaunlich weit entwickelt. Die Geburtsstätte der



## SPIEGEL TV

## ARTE WISSENSCHAFT

SAMSTAG, 24. 3., 22.00–22.55 UHR | ARTE

**Streit um den Hirntod – Organ-spende auf dem Prüfstand**

Lebendig oder tot? Neben dem Herztod gilt seit 1968 auch der Hirntod als Ende des Lebens. Doch Wissenschaftler äußern zunehmend Zweifel. Dabei benötigt die Transplantationsmedizin ein Todeskriterium, denn nur Toten dürfen lebenswichtige Organe entnommen werden.

## SPIEGEL TV MAGAZIN

SONNTAG, 25. 3., 22.05–23.15 UHR | RTL

**Im Schatten der Hochhäuser Frankfurter Berg** – Unterwegs mit Dealern, Hartz-IV-Empfängern und Crackköchen; **Rocker, Dealer, Totschläger** – Ein Tag im Landgericht Berlin, die

**Drogendealer in Frankfurt am Main**

Justiz ist am Limit; **Enthemmte Tage zwischen Sex, Drogen und Techno** – Der Spring Break lockt die Feierwütigen ins mexikanische Cancún.

## SPIEGEL GESCHICHTE

DIENSTAG, 27. 3., 21.50–22.40 UHR | SKY

**Winston Churchill – Sieg und Niederlage**

»Ich habe nichts anzubieten als Blut, Mühsal, Tränen und Schweiß.« Mit diesen Worten stimmt Premierminister Churchill die Briten im Mai 1940 auf die bevorstehende Härte des Kriegs ein. Fünf Jahre später verliert er sein Amt.

## SPIEGEL TV REPORTAGE

DIENSTAG, 27. 3., 23.10–0.15 UHR | SAT.1

**Der Kinderretter – sein schwerster Fall**

Florian Fischer, Sozialarbeiter beim Jugendamt Braunschweig, ließ sich monatelang mit der Kamera begleiten. Einblicke in eine verborgene soziale Wirklichkeit, mit Schicksalen wie dem von Jessica: Die 22-Jährige ist dreifache Mutter, doch keines ihrer Kinder darf bei ihr leben.

## Wissenschaft

ersten Sterne liegt jenseits des Horizonts aller heutigen optischen Teleskope.

Deshalb wandte sich Loeb einem anderen Fenster im elektromagnetischen Spektrum zu: Statt für sichtbares Licht interessierte er sich nun für Radiowellen. Denn das im dunklen Zeitalter umherwabernde Gas konnte sie absorbieren. Empfindlich sind Wasserstoffatome insbesondere bei Strahlung mit einer Wellenlänge von 21 Zentimetern.

Loeb und seinen Kollegen wurde klar: Wenn es gelänge, diese Strahlung mit Radioteleskopen aufzufangen, dann ließe sich das Medium abhören, aus dem die ersten Sterne hervorgegangen sind. Fortan brach das Radiofieber unter den Astronomen aus. In Indien und den Niederlanden, in Australien, Kalifornien und Südafrika – überall auf der Erde haben sie sich daran gemacht, Radioteleskope einzurichten, mit denen sie hoffen, die Frühgeschichte des Universums durchleuchten zu können.

Messtechnisch ist die Herausforderung gewaltig. Denn menschliche Radiosignale verschmutzen fast überall den Himmel. Hinzu kommt, dass auch die Galaxis von lautstarkem Radorauschen erfüllt ist. Es übertönt die schwachen Signale, nach denen die Astronomen suchen, um das 10 000-Fache. Einer der Forscher vergleicht die Fahndung mit dem Versuch, den Flügelschlag eines Kolibris aus dem Tosen eines Hurrikans herauszuhören.

Kein Wunder, dass einige Kollegen mit Misstrauen reagierten, als das »Edges«-Team jetzt verkündete, genau das sei ihnen gelungen. Sie hatten sich in die Ödnis Westaustraliens zurückgezogen in der Hoffnung, dort möglichst wenig von menschlichen Radioquellen behelligt zu werden.

Anders als die meisten Konkurrenten, die mit Hunderten oder gar Tausenden Antennen den Radiohimmel kartieren, richten die »Edges«-Fahnder nur ein einziges Gerät gen Himmel, mit dem sie das Firmament absuchen. Im Frequenzverlauf glauben sie dabei eine verräterische Radiowellenlücke bei 78 Megahertz erkennen zu können. Rechnet man diese Frequenz in einen zeitlichen Maßstab um, folgt daraus: Die ersten Sterne entbrannten vor rund 180 Millionen Jahren.

Die Forscher trieben viel Aufwand, um einen Irrtum auszuschließen. Sie haben die Radiosignale, die der Vollmond von der Erde zurückwirft, vermessen, und sie schätzten den Effekt der Meteoriten in der Ionosphäre ab. »Der wichtigste Test aber war, dass wir geguckt haben, wie sich die Messung verändert, wenn die Milchstraße hinter den Horizont wandert«, sagt Alan Rogers, einer der beteiligten Wissenschaftler. Das Rauschen der Galaxis ging drastisch zurück, das Signal jedoch blieb.

»Jetzt kommt alles darauf an, ob unsere Ergebnisse von anderen Forschern bestä-

**Physiker Loeb**

»Der Streit gehört dazu«

tigt werden«, sagt Rogers. Er weiß selbst: Die Daten, die »Edges« gemessen hat, sind äußerst überraschend.

Die Delle bei 78 Megahertz ist erheblich stärker, als es die Theorien vorhergesagt haben. Und das wiederum heißt: Der Wasserstoff, der einst das Universum erfüllte, muss kälter gewesen sein als gedacht.

Wodurch aber könnte sich das Gas abgekühlt haben? Als Kühlmittel kommt nur die dunkle Materie infrage, jene rätselhafte Substanz, die den größten Teil alles Stofflichen im Universum ausmacht – ohne dass die Forscher sagen könnten, woraus sie eigentlich besteht. Nachweisen konnten sie die dunkle Materie bisher nur indirekt anhand der Schwerkraft, die sie auf sichtbare Himmelsobjekte wie Sterne und Galaxien ausübt. Alle Versuche, sie auch im Labor dingfest zu machen, sind gescheitert.

Wenn aber die dunkle Materie verantwortlich für die Abkühlung des ursprünglichen Wasserstoffgases war, bedeutet dies, dass beide auf bisher unbekannte Weise aufeinander einwirken. Dem kleinen »Edges«-Team wäre dann gelungen, worum sich Hunderte Forscher weltweit mithilfe riesiger unterirdischer Detektoren vergebens mühen: eine nicht gravitative Wechselwirkung zwischen der dunklen und der sichtbaren Materie nachzuweisen.

Der Theoretiker Loeb mag das noch nicht recht glauben. Nicht nur die Intensität des Signals macht ihn stutzig, auch seine Form gefällt ihm nicht: »Die Kurve sieht aus wie ein U, die Theorie sagt aber ein V voraus«, sagt er – ein Unterschied, der beträchtliche Konsequenzen hätte.

Dass das Zeitalter der von ihm so lange herbeigesehnten 21-Zentimeter-Astronomie nun womöglich mit einem Irrtum eröffnet wurde, stört ihn aber nicht. »Das

ist Wissenschaft«, sagt er vergnügt. »Der Streit gehört dazu.« Wichtig ist in seinen Augen, dass »Edges« ein neues Kapitel der Radioastronomie aufgeschlagen hat. »Wir laufen uns warm«, sagt er. Und wenn schon der erste Treffer für so viel Aufregung sorgt, wie überwältigend werden dann erst die Himmelskarten der großen Interferometer sein. Besonders das »Square Kilometre Array« (SKA), das in Südafrika und Australien geplant ist, wird Bilder beispielloser Schärfe produzieren. Hunderte Radioschüsseln sollen über Supercomputer miteinander verschaltet werden, ihr Datenverkehr wird denjenigen des gesamten Internets übertreffen.

Das Ergebnis, erzählt Loeb, werden Porträtaufnahmen des gesamten Universums sein, ähnlich derjenigen der kosmischen Hintergrundstrahlung. Nur dass die erhofften 21-Zentimeter-Bilder noch spektakulärer sein werden. Denn ein Teleskop wie das SKA liefert nicht nur ein Foto des Kosmos, sondern einen Film. Das hängt mit der Expansion des Universums zusammen. Denn diese führt dazu, dass die 21-Zentimeter-Strahlung des Wasserstoffs im Frequenzspektrum verschoben wird – und zwar umso mehr, je weiter der Zeitpunkt, zu dem sie erzeugt wurde, in der Vergangenheit liegt. Entsprechend werden die Forscher, je nachdem, bei welcher Frequenz sie den Himmel fotografieren, den Schnappschuss des Universums in einem anderen Moment aufnehmen.

Am Ende werden sich all diese Einzelfotos zu einer Art Film zusammenfügen lassen. Und Loeb weiß auch schon, wie dieser Film aussehen dürfte: wie die Reifung eines Schweizer Käses.

Denn das ultraviolette Licht der ersten Sterne war energiereich genug, um die Elektronen des Wasserstoffs aus ihrer atomaren Bahn zu reißen. Das Gas verwandelte sich dadurch in Plasma. Die Forscher sprechen von »Reionisation«.

So fraßen die frühen Strahlungsquellen rasch wachsende Plasmablase ins All. Im Innern dieser Blasen gab es keinen atomaren Wasserstoff mehr, deshalb verschwand auch dessen 21-Zentimeter-Strahlung. All das müsste auf den Radioteleskopaufnahmen zu erkennen sein.

Loeb kann es kaum erwarten zu sehen, wie die Blasen im Laufe der Jahrtausende wachsen, dann miteinander verschmelzen, bis sie schließlich den gesamten Raum ausfüllen.

Es wäre die ultimative Verfilmung der Genesis. Johann Grolle

Video

### Die Entstehung des Universums

[spiegel.de/sp132018materie](https://www.spiegel.de/sp132018materie)  
oder in der App DER SPIEGEL

