

SuW-Grafik, nach: NELIOTA project / ESA; Mond: NASA

Im Zeitraum von Februar 2017 bis Dezember 2018 wurden mit dem ESA-Projekt NELIOTA mehr als 50 Einschläge auf dem Mond nachgewiesen.

Das auf dem griechischen Peloponnes beheimatete 1,2-Meter-Teleskop besitzt im Primärfokus zwei CMOS-Kameras, welche die Mondoberfläche mit einer Frequenz von 30 Bildern pro Sekunde bei zwei verschiedenen Wellenlängen, nämlich im R- und I-Band, beobachten. Damit lässt sich sogar die bei den Einschlägen entstehende Temperatur abschätzen, wobei Werte zwischen 1600 und 3100 Kelvin gefunden wurden, während die Masse der Einschlagkörper zwischen hundert Gramm und fünfzig Kilogramm variierte.

Das im Februar 2017 begonnene Projekt konnte bisher mehr als fünfzig Impakte auf dem Mond mit Sicherheit nachweisen. Durch längerfristige Beobachtungen, die noch mindestens bis zum Jahr 2021 andauern sollen, will man statistische Daten über die Häufigkeit und physikalischen Eigenschaften dieser erdnahen Objekte erhalten.

VOLKER WITT, PUCHHEIM

## Moonblinks

Über den bei der Mondfinsternis vom 21. Januar 2019 beobachteten Lichtblitz (Moonblink) wurde in SuW 3/2019, S. 16, ausführlich berichtet und dabei auch auf die Häufigkeit solcher

Ereignisse hingewiesen. Ich möchte hierzu ergänzend auf das von der ESA geförderte Projekt NELIOTA (Near Earth Objects Lunar Impacts and Optical Transients) aufmerksam machen. In dessen

Rahmen beobachtet regelmäßig die Kryoneri-Sternwarte des Nationalobservatoriums von Athen die Einschläge erdnaher Objekte auf dem Mond (<https://neliota.astro.noa.gr>).

## Gravitationswelle aus unserer Milchstraße

Angesichts des Artikels über Gravitationswellen-Ereignisse in SuW 2/2019, S. 38, stelle ich mir die Frage, was wäre auf der Erde passiert, wenn das Rekordereignis GW170729 in 1000 Lichtjahren Entfernung – oder vielleicht gar in zehn Lichtjahren Entfernung – stattgefunden hätte?

HARALD LUTZ, SINDELFINGEN

Die Antwort ist so einfach wie unglaublich: Nichts würde hier passieren, gar nichts, überhaupt nichts. Naja, abgesehen davon, dass bei sämtlichen Gravitationswellendetektoren auf der Erde die Elektronik so stark übersteuert würde, dass sie die Welle

wohl gar nicht vermessen könnten. Nichts und niemand sonst würde die Welle auch nur bemerken, geschweige denn von ihr geschädigt werden.

Eine grobe Überschlagsrechnung zeigt, dass ein Haus von zehn Metern Größe von der Welle aus zehn Lichtjahren Entfernung um etwa ein Zehntel eines Atomdurchmessers deformiert würde und danach kurz mit dieser Amplitude vibrieren würde. Und die ganze Erde würde um etwa ein Hundertstel eines Millimeters deformiert. Bei der Welle aus 1000 Lichtjahren wäre all das entsprechend um den Faktor 100 kleiner.

U. B.

## Historischer Mondregenbogen

Kleine Anmerkung zu dem Leserbrief in SuW 3/2019, S. 6: Ich selber habe zwar schon einen knallroten Regenbogen bei Sonnenaufgang gesehen, jedoch noch keinen vom Mond erzeugten. Es gibt aber diesen: [suw.link/1905-Friedrich](http://suw.link/1905-Friedrich)

Er wurde gemalt von Caspar David Friedrich. Ob er ihn nun wirklich selber gesehen hat, weiß man nicht, ist aber wahrscheinlich, weil er immer wieder auf die Naturnähe seiner Bilder (zumindest deren Details) hingewiesen hat.

WOLFGANG RUSSEK

Weitere Einsendungen finden Sie auf unserer Homepage unter [www.sterne-und-weltraum.de/leserbriefe](http://www.sterne-und-weltraum.de/leserbriefe), wo Sie auch Ihren Leserbrief direkt in ein Formular eintragen können. Zuschriften per E-Mail: [leserbriefe@sterne-und-weltraum.de](mailto:leserbriefe@sterne-und-weltraum.de)

## Lücken bei den Massenzahlen 5 und 8

Ich beziehe mich auf Ihren Artikel »Der Ursprung der Elemente« von Karlheinz Langanke und Michael Wiescher in SuW 11/2018, S. 26. Vielen Dank für diese sehr schöne Darstellung. Sie argumentieren klar und verständlich, aber an einer Stelle lassen Sie mich doch recht ratlos zurück. Zitat: »Schwerere Elemente (als  ${}^7\text{Li}$ ) konnten nicht produziert werden, da es keine stabilen Atomkerne mit den Massenzahlen 5 und 8 gibt.« Es gibt aber die stabilen Nuklide  ${}^6\text{Li}$  und  ${}^7\text{Li}$ . Warum geht es da nicht weiter, zum Beispiel von  ${}^7\text{Li}$  mit  ${}^2\text{H}$  zu  ${}^9\text{Be}$ , oder von  ${}^6\text{Li}$  mit  ${}^4\text{He}$  zu  ${}^{10}\text{B}$ ? Wieso sollte man gerade auf die Massenzahlen 5 und 8 angewiesen sein? Ich wäre Ihnen sehr dankbar, wenn Sie Ihr Argument näher beleuchten könnten.

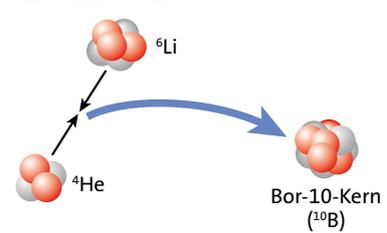
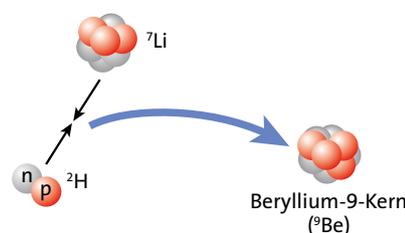
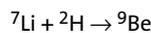
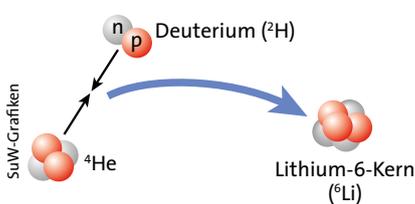
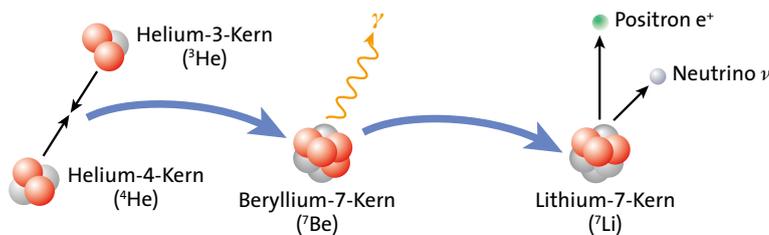
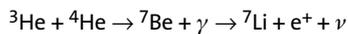
GEORG TATZEL,  
WINNENDEN

*Das Argument, dass die Massenlücken bei 5 und 8 auch mit Deuterium- oder Helium-induzierten Reaktionen überbrückt werden können, ist im Prinzip richtig. Und es passiert auch im geringen Maße: Über die Fusion  ${}^3\text{He} + {}^4\text{He}$  wird in geringer Menge  ${}^7\text{Be}$  produziert, was dann nach  ${}^7\text{Li}$  zerfällt. Und direkt über die Fusion  ${}^2\text{H} + {}^4\text{He}$  entsteht ein wenig  ${}^6\text{Li}$ .*

*Es handelt sich aber beim Big Bang um ein rasch expandierendes Medium, in dem Dichte und Temperatur rapide abfallen. Alle Reaktionsraten fallen quadratisch mit der Dichte und exponentiell mit der Temperatur ab. Das liegt an der abstoßenden Coulombkraft zwischen zwei positiv geladenen Kernen, die nur bei höheren Temperaturen überwunden (genauer: untertunnelt) werden kann. Zum Zeitpunkt, in dem die oben genannten Reaktionen auf Grund der*

*vorliegenden Helium- und Deuterium-Dichten auftreten können, wird es einfach zu schnell zu kalt. Es reicht gerade noch, ein wenig  ${}^7\text{Li}$  und ein wenig  ${}^6\text{Li}$  zu produzieren. Das braucht aber Zeit, und weiter geht es dann nicht mehr, bis viel später mit den ersten Sternen wieder eine hinreichend heiße Umgebung erzeugt wird, um Nachfolgereaktionen zu stimulieren. Und dann können in der Tat die von Herrn Tatzel vorgeschlagenen Reaktionen ablaufen.*

MICHAEL WIESCHER, NOTRE DAME, USA



Die im Leserbrief von Georg Tatzel diskutierten Atomkernreaktionen führen zur Bildung der leichten Metalle Lithium, Beryllium und Bor.

## Kleine, mittlere, große Fernrohre

Oft liest man sinngemäß Bemerkungen der Art: »mit kleineren Teleskopen zu beobachten«. Da ich das Astro-Hobby gerade wiederentdeckt habe, würde mich interessieren, wo mein Celestron-Schmidt-Cassegrain mit acht Zoll Öffnung,  $f/10$ , in Ihrer Skala einzuordnen ist, beziehungsweise wo Sie die Grenzen klein, mittel und groß sehen.

LUTZ FÜSSLING,  
WÜRZBURG

*Eine richtig scharfe Definition verwenden wir hierbei nicht. Die Sichtbarkeit eines Objekts oder von Objektdetails hängt ja außer vom Teleskop auch sehr stark vom Wetter und der Himmelsaufhellung ab. Insofern ist bei jeder solchen Angabe eine gewisse Unschärfe unvermeidlich.*

*Dennoch ist die Frage berechtigt. Für Klaus-Peter Schröder, unseren hauptsächlichen Autor diesbezüglicher Beiträge, ist ein*

*kleines Teleskop eines mit acht bis zehn Zentimeter (3–4 Zoll) Öffnung; 15 bis 20 Zentimeter (6–8 Zoll) Durchmesser stellen für ihn ein mittleres Teleskop dar, und 25 bis 50 Zentimeter (10–20 Zoll) ein großes. Somit wäre Ihr Teleskop von mittlerer Größe.* U.B.

## Erratum

Im Artikel über das Gravitationswellen-Observatorium LISA in SuW 4/2019, S. 26, bezeichnen die Markierungen »Monat«, »Woche«, »Tag« und »Stunde« in der Abbildung auf S. 31 nicht die »Umlaufzeiten«, sondern die Zeit, die das jeweilige Paar Schwarzer Löcher (noch) im LISA-Frequenzband verbringt. Wir danken Herrn Benjamin Knispel (AEI) für den Hinweis. RED.

## Gravitationswellen vom Urknall

Erst einmal möchte ich Ihnen für die informativen und sehr verständlich erklärten Artikel danken; besonders, da auch immer weiterführende Literatur notiert wird. Für eine angehende Physikerin wie mich ist dies sehr hilfreich und unterhaltsam!

Meine Frage bezieht sich auf den Artikel »Neue Gravitationswelle bricht alle Rekorde« in SuW 2/2019, S. 38–44: Im Internet finden sich oft weiterführende Ideen, bei welchen man zukünftig mit ambitionierteren Instrumenten die Gravitationswellen des Urknalls messen will. Dies ist mit LIGO scheinbar nicht möglich, aber wäre es mit dem Weltrauminterferometer LISA möglich? Außerdem ist mir nicht eindeutig klar, wie genau diese »Urknallwellen« entstanden sind und ob sie überhaupt die Gravitationswellen des Urknalls selbst sind. TATJANA GOBOLD, KÄRNTEN

Die Ursache der vermuteten »Urknallwellen« sind Quantenfluktuationen im frühen Universum. Sie entstehen, weil bei Energie- und Dichteschwankungen auch Masse beschleunigt wird. Diese Fluktuationen wurden durch die kosmische Inflation verstärkt und entwickelten sich zu den makroskopischen Dichteschwankungen, die im Muster der kosmischen Hintergrundstrahlung heute messbar sind. Direkte Belege für die Inflation fehlen allerdings bis heute – und damit auch der Nachweis, dass unser Universum in einem Quantenuniversum geboren wurde (siehe SuW 3/2015, S. 12).

Die »Urknallwellen« haben ein völlig anderes Schwingungsverhalten als die bislang mit LIGO detektierten Signale von verschmelzenden Schwarzen Löchern und Neutronensternen: Sie sind allgegenwärtig und vergehen nicht; es ist wie eine Art ständiges, extrem schwaches Summen auf allen Frequenzen. Solche schwachen Dauersignale aus dem Wust aller möglichen überlagerten Signale herauszufiltern, ist sehr schwierig.

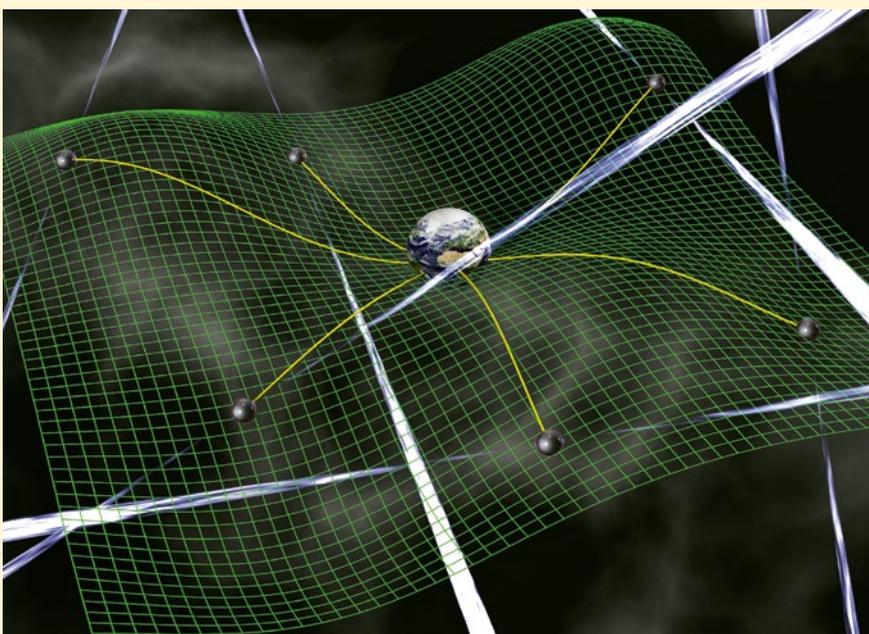
Die Kosmologen erwarten einen Anstieg der Amplitude der »Urknallwellen« zu sehr kleinen Frequenzen. Der Grund: Die Inflation dehnte den Raum auf einer extrem rasanten Zeitskala von  $10^{-35}$  Sekunden um den Faktor von  $10^{26}$ . Die Gravitationswellen, die es vor der Inflation bereits gab, wurden dabei extrem gestreckt und erhalten sehr große Wellenlängen, anders gesagt sehr niedrige

Frequenzen. Das Urknallsignal ist deshalb stärker bei Frequenzen unterhalb von etwa einem millionstel Hertz, entsprechend Perioden oberhalb von rund zehn Tagen. Grundsätzlich sollte es die »Urknallwellen« auch bei den rund 100 Hertz geben, bei denen LIGO, Virgo und GEO 600 am empfindlichsten sind. Nur sind sie da um viele Zehnerpotenzen schwächer als die gemessenen Doppeltsternsignale. Derzeit ist das weit unterhalb der Nachweisgrenze – und vermutlich wird das für Jahrzehnte so bleiben.

Im Jahr 2034 soll das Weltraum-Laserinterferometer LISA starten (siehe SuW 4/2019, S. 26). Mit LISA werden die Forscher bei rund zehn tausendstel Hertz nach »Urknallwellen« suchen. Vielleicht wird sogar LISA nicht empfindlich genug sein.

Bei noch kleineren Frequenzen von etwa einem milliardstel Hertz, wo die »Urknallwellen« stärker sein sollten, wird bereits mit Pulsar-Timing-Arrays gefahndet. Hierbei behalten Radioantennen, die überregional oder transkontinental zusammengeschaltet werden, blinkende Neutronensterne im Blick. Durchläuft eine »Urknallwelle« den Pulsarstrahl, so bringt sie ihn geringfügig aus dem Takt, was zu ihrem Nachweis genutzt werden kann. Bislang wurde aber leider nichts gefunden.

**ANDREAS MÜLLER** ist Astrophysiker, Buchautor und seit April Chefredakteur von »Sterne und Weltraum«.



David Champion / Max-Planck-Institut für Radioastronomie

Die Grafik zeigt die Erde inmitten eines Netzwerks weit entfernter Pulsare (schwarze Kugeln). Diese schnell rotierenden Neutronensterne senden wie Leuchttürme Strahlungskegel ins All, die bei Radiopulsaren aus Radiowellen bestehen. Trifft deren Strahlung die Erde, registrieren Astronomen mit ihren Radioantennen periodisch wiederkehrende Pulse. Die Ankunftszeiten der Pulse werden geringfügig verändert, falls eine langwellige Gravitationswelle die Raumzeit (grünes Gitternetz) in Schwingungen versetzt. Derzeit versuchen Gravitationswellenforscher durch die Benutzung solcher Pulsar Timing Arrays Gravitationswellen, beispielsweise die »Urknallwellen«, nachzuweisen.

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um Antwort und stellen die interessantesten Beiträge vor.

# BEEINDRUCKEND BREITE BILD- FLÄCHEN jetzt auch in Ihrem Teleskop

omegon®



Omegon Panorama II 100° Okulare  
mit hervorragender Abbildung



- ✔ **Weitwinkel Okular mit 100°**  
Die Omegon 100° Okulare bieten Ihnen ein sehr großes Gesichtsfeld mit scharfen Sternen bis zum Rand.
- ✔ **Gute Randschärfe**  
Die Omegon 100° Okulare liefern eine sehr gute Randschärfe bis zu einem Öffnungsverhältnis von f/4.
- ✔ **Wasserdicht**  
Weder Wasser noch Staub im Gehäuse! Auch hilfreich bei Reinigung von Schmutzablagerungen.
- ✔ **Für Brillenträger**  
Das 21 mm und das 10 mm Okular bieten ca. 20 mm Augenabstand. Genug Platz für einen angenehmen Einblick.

- ✔ **Beeindruckender Kontrast**  
Die hohe Transmission zeigt mehr Strukturen in Deep-Sky-Objekten, als bei Standardokularen. Die Linsen wurden mit einer hauchdünnen FMC-Vergütung versehen.
- ✔ **Leichtgewicht**  
Nur zwischen 320 - 705 g Gewicht. Eignet sich für die Verwendung an kleinen Fernrohren oder an Dobson-Teleskopen.
- ✔ **Gummiarmierung und Design**  
Das moderne Design besticht durch schwarz eloxiertes Aluminium und die eingearbeitete Gummiarmierung sichert einen guten Griff, auch mit Handschuhen.
- ✔ **Verschiedene Brennweiten**  
Erhältlich in den Größen 5 mm (1,25"), 10 mm (1,25"), 15 mm (2") und 21 mm (2").



Das sagt „Sky at Night“ dazu:  
„Wir hatten wirklich unsere Freude an diesen Okularen und empfehlen sie wärmstens für fortgeschrittene Beobachter.“

	Art.-Nr.	Preise in €
<b>1,25" Panorama II Okular 5 mm</b>		
H in mm 112, ø in mm 49, Gewicht 320 g	53649	<b>199</b>
<b>1,25" Panorama II Okular 10 mm</b>		
H in mm 101, ø in mm 56, Gewicht 375 g	53650	<b>199</b>
<b>2" Panorama II Okular 15 mm</b>		
H in mm 118, ø in mm 66, Gewicht 600 g	53684	<b>229</b>
<b>2" Panorama II Okular 21 mm</b>		
H in mm 118, ø in mm 71, Gewicht 705 g	53561	<b>229</b>

Erhältlich bei

Astroshop.de

🔍 Für Online-Bestellung Artikelnummer ins Suchfeld eingeben!

☎ 08191-94049-1