

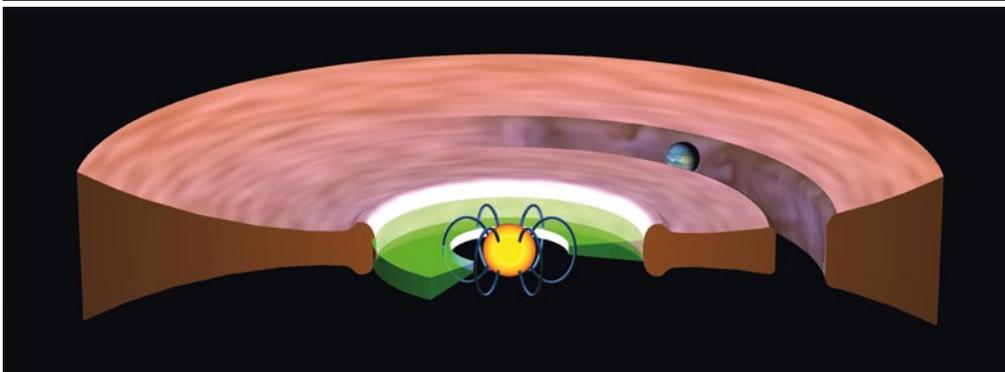
Derartige schematische, künstlerisch-grafische Illustrationen astrophysikalischer Sachverhalte unterstützen die Verständlichkeit: Oben die Jet-Beschleunigung durch Magnetfelder bei einem massereichen Schwarzen Loch, unten die Struktur einer wenige Millionen Jahre alten planetenbildenden Scheibe um einen jungen, sonnenähnlichen Stern.

Rolle, welche Hilfsmittel zur Gestaltung eingesetzt werden. Die bildende Kunst nutzt heutzutage alle Möglichkeiten, die zur Verfügung stehen. Dazu zählen beispielsweise 3-D-Programme, mit deren Hilfe ganze Kinofilme erschaffen werden, aber auch Handzeichnungen oder – äquivalent – Zeichnungen auf einem Tablet.

Ich widerspreche der Aussage von Herrn Huneke, solche Bilder hätten mit Kunst oder einem künstlerischen Anspruch nichts zu tun. Da halte ich es mit Paul Klee: »Die Kunst macht etwas sichtbar, was man sonst nicht sieht ...« Genau dies erfüllen die von Herrn Huneke angesprochenen Darstellungen.

AXEL M. QUETZ, LEIMEN

*Mit diesen beiden kontroversen Beiträgen möchten wir das kulturell durchaus spannende Thema auf den Leserbriefseiten abschließen. Die Redaktion wird sich darüber Gedanken machen.* RED.



Axel M. Quetz / MPI für Astronomie, Heidelberg

## »Künstlerische Darstellung«, Teil 2

Ich verstehe die Bildunterschrift »Künstlerische Darstellung oder besser fotorealistische Illustration?« unter dem Leserbrief als Aufforderung, einen Kommentar abzugeben. Auch ich störe mich schon immer an an dieser Bildbezeichnung. In den seltensten Fällen ist es wirklich etwas Künstlerisches, aber fast immer eine Illustration – da gebe ich Herrn Huneke vollkommen Recht. Auch ich bin also sehr dafür, statt »künstlerische Darstellung« bei solchen Bildern dann »Illustration« oder meinetwegen etwas sperrig »fotorealistische Illustration« als Beschreibung anzugeben.

DR. HELMUT STEINLE,  
MÜNCHEN

Im Lauf der Zeit sind in der Grafikabteilung des Max-Planck-Instituts für Astronomie in Heidelberg eine lange Reihe von Darstellungen entstanden, an denen ich beteiligt war – seien es Pressemitteilungen begleitende Schöpfungen, seien es Werke für wissenschaftliche Arbeiten oder populärwissenschaftliche Artikel. Einige dieser Werke fanden sogar ihren Weg in »Sterne und Weltraum«.

Im Gegensatz zur Auffassung von Herrn Huneke in SuW 12/2018, S. 7, betrachten wir in der Grafikabteilung zumindest Teile unserer Werke sehr wohl als künstlerische Darstellungen. Nicht selten gibt es nur ansatzweise Ideen, wie ein bestimmter For-

schungsgegenstand oder ein Ergebnis aussehen müsste. In solchen Fällen bleibt nur eine künstlerische Lösung.

Gemäß ihrer Definition gilt in diesem Hinblick das Ergebnis des kreativen Prozesses, der zum gesuchten Ergebnis führt, als Kunst. Dabei spielt es keine

### Das Alter der Welt

Als mittlerweile mehrjähriger Leser Ihrer Zeitschrift möchte ich mich für den Artikel von Erik Høg über »Das Alter der Welt« in SuW 10/2018, S. 38, ausdrücklich bedanken. Besonders beeindruckt haben mich die eingangs vom Autor geäußerten Gedanken zu den großen Weltreligionen sowie der Nachsatz »Wofür habe ich das geschrieben?« zur Motivation der Erstellung des Artikels. GÜNTHER BIRNER, GELBSREUTH/WONSEES

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)

## Wieso gab es vor den ersten Sternen nur Wasserstoff und Helium?

Wie man weiß, entstehen alle Elemente durch Kernfusion. Dies passiert im Inneren von Sternen und bei Novae und Supernovae. Dabei gilt: Je höher der Druck, die Dichte und die Temperatur, desto schwerere Elemente können entstehen. Und je länger diese Bedingungen existieren, desto größere Mengen können fusionieren.

Aber sollten nicht sämtliche extremen Druck- und Temperaturverhältnisse auch in der ersten Zeit nach dem Urknall existiert haben? Wieso ging es nach der Fusion zu Helium nicht weiter? Ist das Weltall wirklich schneller »abgekühlt«, als den Fusionsprozess bei einer Supernova an Zeit zur Verfügung steht?

Ich meine, so ein Stern explodiert! Das klingt nach einem gewaltigen, kurzen Prozess. Ich hoffe, ich habe nicht etwas ganz Simples beim Grübeln übersehen. REINHARD NÜRNBERG, HAMBURG

*Nein, Herr Nürnberg hat nichts ganz Simples beim Grübeln übersehen. Er hat sogar den entscheidenden Punkt selbst herausgearbeitet: Es ist die kurze Zeit! Dass Supernovae viele ganz schwere Elemente in kurzer Zeit kochen können, liegt daran, dass sie vorher als Stern sehr viel Zeit hatten, die mittelschweren Elemente wie Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Neon, Natrium und so weiter aus Wasserstoff und Helium zu erbrüten. Diese Zeit hatte das frühe Universum nicht. Die Bildung von Deuterium und Helium aus Wasserstoff und Neutronen lief im frühen Universum auch völlig anders ab als in Sternen. Diese Unterschiede sind allerdings in keinerlei Hinsicht simpel, sondern nur durch detaillierte physikalische Modellierung zu erschließen.*

*Für besonders Interessierte: Die Heliumfusion im Urknall und die weitere Elementsynthese im Universum werden ausführlich in einem zweiteiligen Artikel in SuW 11/2018, S. 26, und SuW 12/2018, S. 36, dargestellt.* U. B.

## Polarsterne anderer Welten, Teil 2

Der Vollständigkeit halber seien zusätzlich zu meinem Beitrag in SuW 12/2018, S. 6, auch die Polarsterne für die südlichen Pole der Planeten erwähnt. Man sieht, es handelt sich größtenteils um nicht ganz so helle Sterne. Dafür wurden im Gegensatz zum Norden aber alle Planeten bedacht, also auch Venus und Jupiter.

Für die Südhalbkugeln von Venus, Jupiter und dem Erdmond eignet sich außerdem sehr gut die Große Magellansche Wolke als Polarnebel. Diese ist im Gegensatz zu NGC 6543 auch mit bloßem Auge sichtbar. WOLFGANG BECHT, WIESBADEN

### Südpolarsterne für die Planeten

Planet	Stern	Sternbild	Abstand
Merkur	Alpha Pictoris ( $\alpha$ Pic, 3,3 mag)	Maler	~ 1°
Venus	Eta Doradus ( $\eta$ Dor, 4,9 mag)	Schwertfisch	~ 2°
Erdmond	Eta Doradus ( $\eta$ Dor, 4,9 mag)	Schwertfisch	~ 2°
Mars	Kappa Velorum ( $\kappa$ Vel, 2,6 mag)	Segel des Schiffs	~ 2°
Jupiter	Delta Doradus ( $\delta$ Dor, 4,5 mag)	Schwertfisch	~ 1°
Saturn	Delta Octantis ( $\delta$ Oct, 4,1 mag)	Oktant	~ 0,5°
Uranus	15 Orionis (15 Ori, 4,9 mag)	Orion	~ 0,5°
Neptun	Zeta Puppis ( $\zeta$ Pup, 2,3 mag)	Achterschiff	~ 3°
Pluto	F Hydrae (F Hya, 4,7 mag)	Wasserschlange	~ 3°

## Lichtgeschwindigkeit

Ich habe zwei Fragen zur Lichtgeschwindigkeit. Sie wird ja als Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichts im Vakuum definiert und wurde auf 299 792 458 Meter pro Sekunde festgelegt.

**Frage 1:** Wurden diese 299 792 458 Meter pro Sekunde auf der Erde in einem Ultrahochvakuum gemessen?

**Frage 2:** Das Vakuum im interstellaren oder intergalaktischen Raum übertrifft, wie ich gelesen habe, das beste erzeugbare Vakuum auf der Erde um etliche Zehnerpotenzen. Ist es dann nicht theoretisch möglich, dass die Lichtgeschwindigkeit im interstellaren

oder intergalaktischen Raum höher ist als 299 792 458 Meter pro Sekunde, da sich hier das Licht über riesige Distanzen praktisch ungestört ausbreiten kann? FREDERIK WANINK, ITTERBECK

*Zu Frage 1: letztlich bezieht sich der Wert in der Tat auf frühere irdische Messwerte, allerdings ist die Sache im Einzelnen etwas komplizierter. In Wahrheit legt diese Definition nämlich nicht die Lichtgeschwindigkeit, sondern die Länge des Meters fest. Die Sekunde ist durch Atomuhren definiert, die Lichtgeschwindigkeit ist eine Naturkonstante, und deshalb legt die Festsetzung der Licht-*

*geschwindigkeit letztlich die Länge des Meters fest. Sie ist die Strecke, die das Licht im Vakuum in 1/299792458 Sekunden zurücklegt. Diese neunstellige Zahl ist so festgelegt worden, dass sie zu früheren Definitionen des Meters passt, also zu älteren Messungen der Lichtgeschwindigkeit mit anderweitig festgelegtem Meter.*

*Zu Frage 2: Ja, das Licht läuft in der Tat im interstellaren Raum etwas schneller als im besten irdischen Vakuum. Aber der Unterschied ist weitaus kleiner als ein Meter pro Sekunde, ist also für die von Herrn Wanink zitierte Definition und für alle ihre Anwendungen unerheblich.* U. B.



Physikalisch-Technische Bundesanstalt (<https://www.ptb.de/cms/de/presseaktuelles/journalisten/pressefotos.html>) / CC BY 4.0 (creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode)

**Ursprünglich wurde die Länge des Meters durch das Pariser Urmeter definiert, heute wird sie mittels Atomuhren und Lichtlaufzeitmessungen festgelegt.**

## Plutonium: Transurane in Sternen?

Linien des radioaktiven Elements Technetium – die Halbwertszeit des langlebigsten Isotops  $^{98}\text{Tc}$  beträgt 4,2 Millionen Jahre – wurden schon im Jahr 1952 in einigen Roten Riesen gefunden. Dies wurde als Indiz dafür angesehen, dass die schwersten Elemente in den Zentren von Sternen aufgebaut werden können und durch Konvektion in die Atmosphäre gelangen.

Mir stellt sich nun die Frage, ob man jemals Spektrallinien von Transuran-Elementen in Sternen nachgewiesen hat? Für Plutonium-244, Curium-247 und Californium-251 sind die Halbwertszeiten 80,8 Millionen, 15,6 Millionen und 898 Jahre.

HOLGER NIELSEN, STØVRING (DÄNEMARK)

In der Tat hat Paul W. Merrill im Jahr 1952 Absorptionslinien von Technetium in kühlen Sternen beobachtet, die sich auf dem asymptotischen Riesenast befinden. In diesem kurzen Entwicklungsstadium produzieren sie in ihren zentralen Regionen Elemente schwerer als Eisen durch langsame Neutronenanreicherung (den so genannten s-Prozess; s für slow, das heißt langsam – im Vergleich zu den Halbwertszeiten für den  $\beta$ -Zerfall der Zwischenprodukte) und spülen sie durch Konvektion an die Oberfläche, so dass sie durch Sternspektroskopie nachweisbar werden. Wären Transurane in Sternspektren zu finden, müssten die von Herrn Nielsen erwähnten Isotope wegen ihrer im Vergleich zum Alter der betreffenden Sterne sehr kurzen Halbwertszeiten auch in diesen Sternen erzeugt worden sein, da bei ihrer Geburt vorhandene Transurane bis zum Zeitpunkt der Beobachtung längst (fast) vollständig zerfallen wären. Der s-Prozess endet jedoch bei Wismut, dem schwersten Element mit einem stabilen Isotop ( $^{209}\text{Bi}$ ). Transurane können daher nur im r-Prozess (r für rapid) bei höheren Neutronendichten und Temperaturen erzeugt werden, wie sie beispielsweise in zwei miteinander verschmelzenden Neutronensternen oder in Supernovae vom Typ II auftreten.

Dennoch gibt es Behauptungen, dass Transurane in Spektren von besonderen Sternen des Spektraltyps A (Ap-Sterne), wie zum

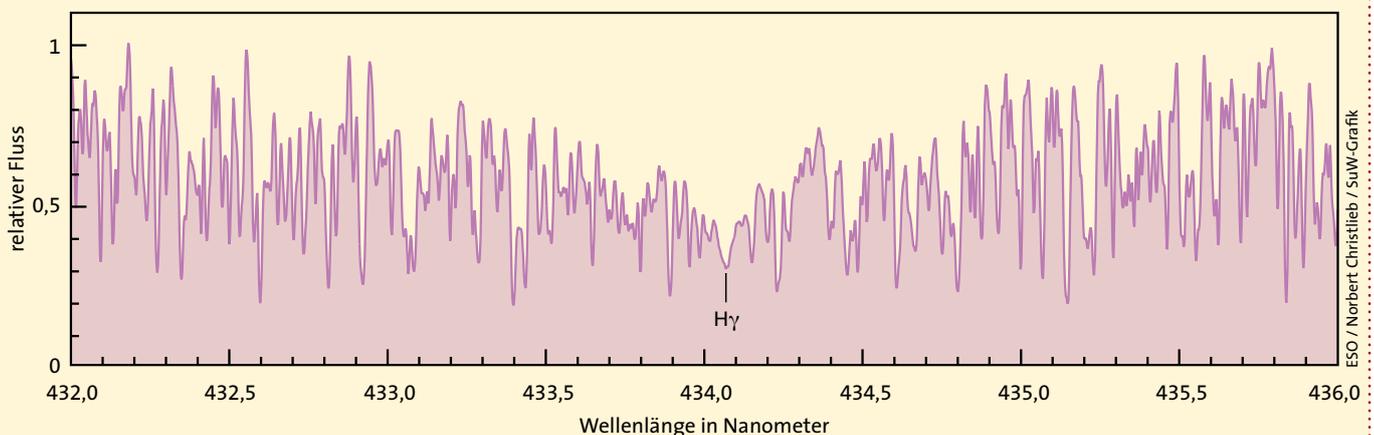
**Das Spektrum von Przybylskis Stern im Bereich der H-Gamma-Linie des Wasserstoffs ist ein dichtes Gestrüpp von einander vielfach überlagerten Absorptionslinien. Dadurch ist es sehr schwierig, einzelne Linien zu identifizieren, also einem bestimmten Element zuzuordnen.**

Beispiel Przybylskis Stern (HD 101065; 8 mag), nachgewiesen worden seien. In diesen Sternen werden schwere Elemente, die viele Absorptionslinien haben, vermutlich durch Strahlungsdruck an die Oberfläche befördert. Daher wurden in der Sternatmosphäre Überhäuflichkeiten von Elementen wie beispielsweise Europium um typischerweise einen Faktor 10 000 relativ zu den Verhältnissen in der Sonne gemessen.

Einen Eindruck von der Glaubhaftigkeit der Behauptung des Nachweises von Transuran-Linien vermittelt das Spektrum von Przybylskis Stern in der Abbildung unten. Das fundamentale Problem besteht darin, dass in den Spektren von Ap-Sternen sehr viele Linien überlagert sind. Zum Nachweis von Spektrallinien von Transuranen wären daher nicht nur verlässliche, vorzugsweise im Labor gemessene atomare Daten – insbesondere die genauen Wellenlängen der Linien – für die relevanten Isotope nötig, sondern es müsste auch das Sternspektrum zumindest in den Wellenlängenbereichen der Transuran-Linien vollständig modelliert werden. Zudem müssten die Beiträge der einzelnen Linien quantifiziert werden. Dies ist aber angesichts der Vielzahl noch nicht identifizierter Linien in den Spektren von Ap-Sternen bisher extrem schwierig und unsicher.

Zusammengefasst ist meine Antwort auf die Frage von Herrn Nielsen also: »Nein«.

**NORBERT CHRISTLIEB** ist Professor für Astrophysik am Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg. Sein Forschungsgebiet sind die ältesten Sterne der Milchstraße (siehe SuW 8/2017, S. 22). Mit Hilfe ihrer chemischen Zusammensetzung können unter anderem die Prozesse studiert werden, in denen die Elemente schwerer als Eisen erzeugt worden sind.



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

Jetzt nur **49,90 €**  
Versandkostenfrei

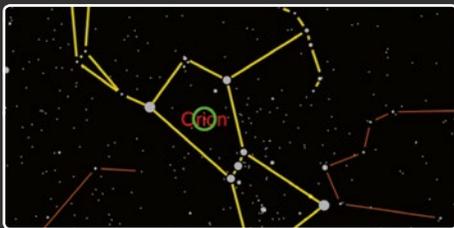
# IHR SPAZIERGANG DURCH'S WELTALL!

Universe2go verbindet den realen Sternenhimmel mit der digitalen Welt. Richten Sie Ihren Blick zum Himmel und entdecken Sie Sternbilder, Planeten und Galaxien.



## DAS ERWARTET SIE

Universe2go ist eine Augmented Reality Sternbrille, die Ihnen mit der dazugehörigen App den Sternenhimmel zeigt. Sie legen Ihr Smartphone in die Sternbrille ein und sehen den realen Sternenhimmel mit vielen zusätzlichen Informationen und fantastischen Nahaufnahmen zahlreicher Himmelsobjekte.



▼ Darstellung aller **88 Sternbilder** des Himmels



▼ **Nahaufnahmen** von Planeten, Galaxien, Sternhaufen und Nebeln



▼ Die **griechischen Mythen** zu den Sternbildern

▼ Spielerisches Entdecken im **Quiz-Modus**

## DAS SAGT DIE PRESSE



STERNE UND WELTRAUM:

„Gelungenes Konzept ... Es ist wirklich erstaunlich, wie gut die Objekterkennung funktioniert ...“



ABENTEUER ASTRONOMIE:

„... sowohl für einsteigende Himmelsbeobachter als auch für erfahrenere Sternkenner wärmstens empfohlen ...“



CLEAR SKY BLOG:

„Das Erlebnis mit Universe2go ist um ein vielfaches höher als sich den Himmel mit einer APP anzuschauen.“

Jetzt nur **49,90 €** statt 99,00 €

[www.universe2go.de](http://www.universe2go.de)

Inkl. Freischaltcode für die Universe2go App. Versandkostenfrei!

Omegon ist ein Bereich der nimax GmbH. Mehr Informationen zu unserem Unternehmen finden Sie unter [www.nimax.de](http://www.nimax.de). Alle angegebenen Preise in Euro inkl. 19% MwSt. Preisänderungen und Irrtümer vorbehalten.