

Röntgenbild: NASA / CXO / UA / J. Irwin et al.; sichtbares Licht: NASA / STIS d

Die Halos benachbarter Galaxien können sich überlappen: Dieser Aufnahme des Weltraumteleskops Hubble eines kleinen Galaxienhaufens, der als Gravitationslinse für Welteninseln im Hintergrund wirkt, ist eine Aufnahme des Röntgensatelliten Chandra überlagert (violett). Sie zeigt den zusammenhängenden heißen Gashalo der beiden zentralen Hauptgalaxien. Das Objekt liegt im Sternbild Großer Bär, trägt die wissenschaftliche Bezeichnung SDSS J103842.59+484917.7 und wegen seines spaßigen Aussehens die Spitznamen »Gravity's Grin« (das Grinsen der Schwerkraft) und die (grinsende) »Cheshire-Katze«.

## Der rotierende Halo und die Andromedagalaxie

Nach Aussage des Artikels über die neu entdeckte schnelle Rotation des Halos unserer Milchstraße (SuW 11/2016, S. 14) »erstreckt sich der galaktische Halo ... in alle Richtungen über mehrere Millionen Lichtjahre«. Auch wenn »mehrere« nicht beziffert ist, sollte man doch wenigstens zwei bis drei Millionen Lichtjahre vermuten. Das erstaunt, da dann die Andromeda-Galaxie – rund 2,5 Millionen Lichtjahre entfernt – schon innerhalb dieses Halos läge. Und wenn man dann noch unterstellt, dass auch diese Galaxie einen ähnlichen Halo besitzt (warum sollte unsere ein Sonderfall sein?), dann müsste es tiefe Überlappungen der beiden Halos geben.

Und das sollte keine beobachtbaren Konsequenzen

haben? Trotz zwei Millionen Grad heißer – wenn auch sehr dünner – Gase?

DR. DIETER HORAND,  
NIEDERKRÜCHTEN

*Ja, die Gashalos von Milchstraße und M 31 sollten sich in der Tat überlappen. An den Grenzbeziehungsweise Durchdringungsflächen könnte es im Prinzip – je nach den konkreten Bewegungsverhältnissen – Stoßfronten geben, muss es aber nicht. Wegen der hohen Temperatur liegt die Schallgeschwindigkeit in dem Medium bei hunderten von Kilometern pro Sekunde. Die Rotations- und Relativgeschwindigkeiten der Galaxien liegen in der gleichen Größenordnung, eher sogar darunter. Stoßfronten entstehen nur bei Relativbewegungen oberhalb der Schallgeschwindigkeit (siehe S. 8).*

*Falls es Stoßfronten gibt, dann zeigen sie sich als Bereiche nochmals erhöhter Temperatur – über die sowieso schon typischen zwei Millionen Grad hinaus. Aber diese sind wegen der extrem geringen Dichte »von innen heraus« nur sehr schwer zu erkennen – wie übrigens der ganze heiße Halo*

*unserer eigenen Galaxie kaum zu erkennen ist. Man kann solche Halos sehr viel besser bei weit entfernten Galaxien beobachten und untersuchen (siehe Bild oben). Dort sieht man auch, dass sich die heißen Halos von benachbarten Galaxien in der Tat überlappen.*

U. B.

### Sternwarte Lilienthal, badischer Hof

Nur der guten Ordnung halber (bezüglich SuW 11/2016, Seite 46, Spalte 2): Einen württembergischen Hof gab es in Karlsruhe noch nie. Das war seit der Gründung von Karlsruhe vor mehr als 300 Jahren immer ein Markgräflisch-Badischer Hof. Eingefleischte Badener werden es mit Zähneknirschen gelesen und den Kopf geschüttelt haben. Sonst ein prima Artikel über das Observatorium in Lilienthal. In diesem Sinne noch einen schönen Gruß aus dem südbadischen Schallstadt-Mengen. HELMUT MAKARIOS ACHILLES

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)

### Perigäum / Apogäum

Beim Studieren der Ephemeriden des Mondes ist mir aufgefallen, dass die Abstände des Mondes, also Perigäum und Apogäum, nicht immer gleich sind. Das heißt: Es gibt Perigäumsabstände, die einmal größer, einmal kleiner sind. Das Gleiche findet sich bei den Apogäumsabständen. Wie ist das möglich?

THOMAS BERNHARD SCHWALKE,  
DÜDELINGEN (LUXEMBURG)

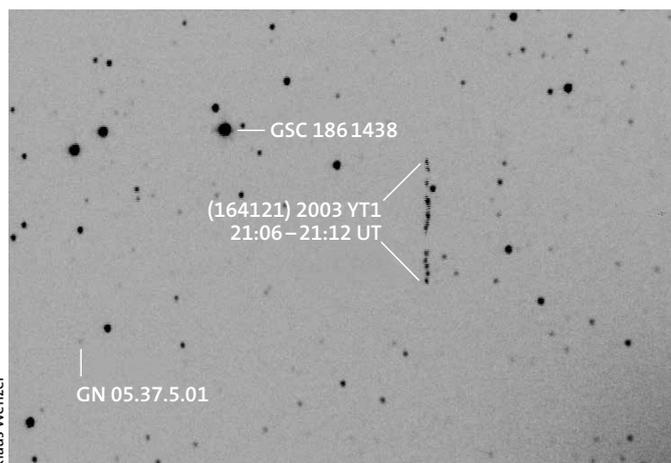
*Das liegt daran, dass die Mondbahn nicht nur durch die Kräfte zwischen Mond und Erde erzeugt, sondern auch durch die Sonne wesentlich mit beeinflusst wird. Dadurch ist sie keine reine Kepler-Ellipse, sondern sie wird jahreszeitlich unterschiedlich »verbogen«. Die Verbiegung fällt unterschiedlich aus, je nachdem, ob die Gravitation der Sonne gerade in Richtung der Perigäums-/Apogäums-Linie oder schräg dazu oder rechtwinklig dazu am Mond »zupft«.*

U. B.

### Erdbahnkreuzer 2003 YT1 = Kleinplanet 164121

In SuW 10/2016, S. 63, wurde dieser »NEO« (near-earth object) vorgestellt und sein naher Vorbeiflug Ende Oktober an der Erde zur Beobachtung empfohlen. Ich habe einige visuelle Zeichnungen am Teleskop und einige CCD-Beobachtungen angefertigt. Die CCD-Aufnahmen sind recht anfängerhaft, da ich erst dieses Jahr damit begonnen habe. Vielleicht gefallen sie Ihnen dennoch. Die Fotos sind mit einem 150/900-Millimeter-Newton-Teleskop aus dem Jahr 1982 von Manfred Wachter und einer Kamera von ToupTek mit einem Sony ICX429ALA Mono CCD-Sensor aufgenommen.

KLAUS WENZEL,  
WENIGUMSTADT



Diese Serienaufnahme (Negativ) des Erdbahnkreuzers 2003 YT1 entstand am 29. Oktober 2016, rund anderthalb Tage vor seiner größten Annäherung an die Erde. Das Bildfeld ist knapp zehn Bogenminuten hoch; Norden ist oben. Pro Bild wurde zehn Sekunden belichtet. Deutlich zeigen sich die kleinen Nachführfehler der verwendeten Teleskopmontierung als unregelmäßige Linie. Ein rund 10 mag heller Stern und ein kleiner Reflexionsnebel sind mit ihren Bezeichnungen markiert.

### Wie hell war die Nova?

In SuW 12/2016, S. 22, wird unter dem Titel »Eine Nova hat ihren großen Auftritt« ein spektakuläres Ereignis beschrieben. Es wäre interessant zu wissen, um welche scheinbaren Helligkeitswerte – Minimum, Maximum und Ausbruch im Mai 2009 – es sich handelt. Wäre der Ausbruch auch ohne besondere optische Ausrüstung beobachtbar gewesen? Der hohe Helligkeitsanstieg um 16 Größenklassen lässt diese Vermutung selbst bei einem sonst lichtschwachen Objekt nicht abwegig erscheinen.

FRITZ SCHAUER,  
KIRCHZARTEN

*Die Nova erreichte bei ihrem Ausbruch im Mai/Juni 2009 visuell lediglich 9 mag; sie wäre also erst ab einer Teleskopöffnung von 50 Millimetern für kurze Zeit bequem sichtbar gewesen. Inzwischen ist sie bei 14 mag angelangt, ist also rund 100-mal lichtschwächer als im Maximum. In der letzten Zeit vor dem Ausbruch war sie bei 20 mag. Der Ruhezustand lag in der Nähe von 24 bis 25 mag. Mehr Informationen gibt es beispielsweise unter [www.nature.com/nature/journal/v537/n7622/abs/nature19066.html](http://www.nature.com/nature/journal/v537/n7622/abs/nature19066.html) und in den Literaturstellen, die dort zitiert werden.*

U. B.

### Das olberssche Paradoxon und die Expansion des Weltalls

Ich habe noch nirgendwo eine Abhandlung über das olberssche Paradoxon gefunden, die dieses vor dem Hintergrund des expandierenden Universums aus meiner Sicht befriedigend behandelt. Können Sie mir weiterhelfen?

PETER WÜST,  
ÜBERLINGEN

*Das olberssche Paradoxon existiert in der modernen expandierenden Kosmologie sozusagen nicht. Es wird durch die Expansion und das endliche Alter des Universums auf – mindestens – drei Weisen aufgehoben:*

*1) Selbst wenn das Universum in Raum und Zeit an sich unbegrenzt wäre (was ja die*

*Voraussetzung des olbersschen Paradoxon ist), dann würde das Paradoxon wegen der endlichen Energievorräte der Sterne (und damit deren endlicher Brenndauer) und ihrer geringen mittleren Dichte nicht auftreten.*

*2) Durch das endliche Weltalter von rund 13,7 Milliarden Jahren ist zudem das Universum nicht unbegrenzt.*

*3) Durch die Rotverschiebung wird sogar die wenige Strahlung, die von Sternen im überschaubaren Universum erzeugt wird, noch stark verdünnt und rotverschoben.*

*Eine ausführlichere Darstellung ist der Redaktion nicht bekannt.*

U. B.

## Teilchenbeschleunigung in Stoßwellen

Immer wieder mal ist in Sterne und Weltraum die Rede von Teilchenbeschleunigung an kosmischen Stoßwellen, wie kürzlich im Heft 11/2016, S. 31, und zum Beispiel im Artikel über LOFAR im Heft 9/2015, dort unter dem Stichwort Fermi-Beschleunigung. Wie muss man sich das vorstellen? Wie können die gigantischen Teilchenenergien zu Stande kommen?  
 THOMAS SCHARNAGL, TIEFENBACH

Eine Stoßwelle entsteht, wenn sich ein Körper mit einer Geschwindigkeit durch ein Medium bewegt, die größer ist als die Schallgeschwindigkeit des Mediums. Dieser Körper kann ein überschallschnelles Objekt sein (wie etwa ein Düsenjet in der Atmosphäre) oder ein Teil des Mediums selbst (wie etwa im dünnen interstellaren Medium, wenn ein Stern als Supernova explodiert oder die Gas- und Staubwolken von kollidierenden Galaxien aufeinandertreffen). Der Mechanismus der Fermi-Beschleunigung bezieht sich auf elektrisch geladene Teilchen im interstellaren Gas, das von Magnetfeldern durchdrungen ist. Der Physiker Enrico Fermi »erfand« ihn 1949, um die beobachteten hohen Energien der kosmischen Teilchenstrahlung zu erklären.

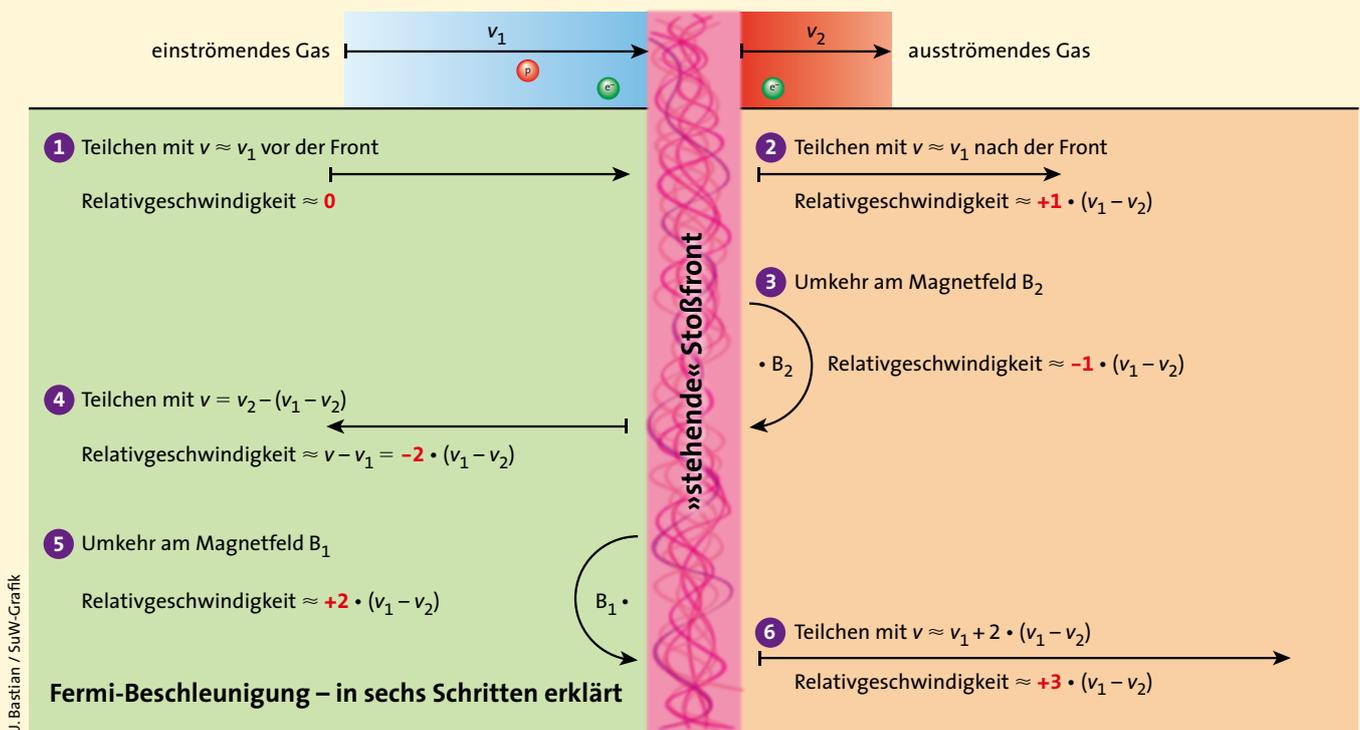
Man kann ihn am besten verstehen, indem man sich in ein Bezugssystem setzt, in dem die Stoßfront selbst ruht (siehe Grafik unten). Von links strömt (relativ kühles) Gas mit Überschallgeschwindigkeit  $v_1$  in die Front ein. In der Front wird es stark abgebremst, dabei aufgeheizt und komprimiert. Nach rechts strömt es mit stark verringerter Geschwindigkeit  $v_2$  von der Front weg. Ein mitgeführtes Magnetfeld wird an der Front ebenfalls komprimiert, dadurch verstärkt und weitgehend parallel zur Front ausgerichtet.

Ein geladenes Teilchen, das mit dem Gas von links mit ungefähr  $v_1$  einströmt und es schafft, die Front ohne Zusammenstoß mit anderen Teilchen zu durchqueren (das ist in dünnen Gasen

durchaus möglich), hat dann in Bezug zu seiner Umgebung plötzlich die relativ große Geschwindigkeit  $+(v_1 - v_2)$ . Es wird nun durch die Lorentzkraft gezwungen, um die Magnetfeldlinien in dem Gas rechts der Front zu kreisen. Aber nach einem halben Kreis trifft es wiederum auf die Front, und zwar nun mit der Relativgeschwindigkeit  $-(v_1 - v_2)$ . Sollte es ihm erneut gelingen, die Front zu überqueren, dann besitzt es relativ zu seiner Umgebung plötzlich die noch viel größere Geschwindigkeit  $-2 \cdot (v_1 - v_2)$ . Nach einer halben Runde um das Magnetfeld des einströmenden Gases (links) besitzt es die Geschwindigkeit  $+v_1 + 2 \cdot (v_1 - v_2)$  und kann mit viel Glück noch ein drittes Mal die Front durchqueren, um dann bereits die Geschwindigkeit  $+3 \cdot (v_1 - v_2)$  relativ zu seiner Umgebung zu haben.

Und immer so weiter, bis ein Zusammenstoß mit einem anderen Gasteilchen den Beschleunigungsprozess abbricht. Bei jeder Überquerung der Front gewinnt man genau die Geschwindigkeitsdifferenz  $(v_1 - v_2)$ . Da bei jeder Überquerung eine gewisse Wahrscheinlichkeit für den Verlust der gewonnenen Energie besteht, werden Teilchen mit besonders hohen Energien auch besonders selten erzeugt.

ULRICH BASTIAN leitet am Zentrum für Astronomie der Universität Heidelberg die Gaia-Arbeitsgruppe und ist nebenbei der Leserbrief-Redakteur von SuW.



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

# Verpassen Sie keine Ausgabe!



## JAHRES- ODER GESCHENKABO

### Ersparnis:

12 x im Jahr **Sterne und Weltraum** für nur € 89,- inkl. Inlandporto (ermäßigt auf Nachweis € 67,80), fast 10 % günstiger als der Normalpreis.

### Wunschgeschenk:

Wählen Sie Ihren persönlichen Favoriten. Auch wenn Sie ein Abo verschenken möchten, erhalten Sie das Präsent.

### Keine Mindestlaufzeit:

Sie können das Abonnement jederzeit kündigen.

### Auch als Kombiabo:

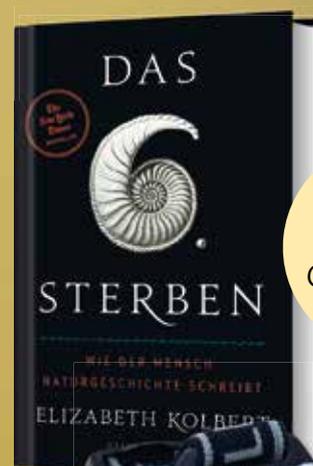
Privatpersonen erhalten für einen Aufpreis von nur € 6,-/Jahr Zugriff auf die digitale Ausgabe des Magazins im PDF-Format.

### Buch »Das 6. Sterben«:

Ausgezeichnet mit dem Pulitzer-Preis. Wie keine andere Gattung zuvor haben wir Menschen das Leben auf der Erde verändert. In dem Bestseller erklärt uns Elizabeth Kolbert, wie das geschehen konnte.

### LED-Rotlichtstirnlampe:

Diese Stirnlampe ist optimal zum astronomischen Arbeiten. Die Lichtmodi lassen sich wie folgt schalten: aus, zwei blinkende LED, vier LED, zwölf LED. Im Lieferumfang sind die benötigten drei AAA-Batterien nicht enthalten.



WÄHLEN SIE IHR GESCHENK



## Bestellen Sie jetzt Ihr Abonnement!

service@spektrum.de | Tel.: 06221 9126-743  
www.sterne-und-weltraum.de/abo

