

## »Leser fragen – Experten antworten«

**Was geschieht mit den supermassiven Schwarzen Löchern in den Galaxienzentren, wenn sich zwei Galaxien durchdringen, wie etwa im Fall von NGC 4038 und NGC 4039?**  
 Theo Kremers, Mönchengladbach

Die Schwarzen Löcher steuern zunächst auf ein gemeinsames Potenzialminimum zu. Das heißt, sie bewegen sich allmählich in das neue Zentrum der verschmolzenen Galaxien hinein. Dies geschieht durch »dynamische Reibung«. Dabei verlangsamen sich die Bahngeschwindigkeiten der Schwarzen Löcher, weil diese durch Wechselwirkungen mit Sternen ständig Energie verlieren. (Solche Prozesse kennen wir aus der Raumfahrt: Beim Vor-

beiflug einer Sonde an einem Planeten gewinnt die Sonde Energie. Der Planet hingegen verliert Energie, auch wenn diese nur minimal ist.) In der Galaxie NGC 6240 wurden zwei Schwarze Löcher in einem »Doppelkern« entdeckt. Sie befindet sich also gerade in diesem Entwicklungszustand.

Nach etwa zehn bis hundert Millionen Jahren kommen sich die Schwarzen Löcher so nahe, dass sie eine Art Doppelsternsystem bilden. Sie sind dann

nur noch zirka ein Lichtjahr voneinander entfernt. In dieser Phase sind die Wechselwirkungen der aneinander gebundenen Schwarzen Löcher mit normalen Sternen hochgradig chaotisch. Da sie immer noch Bewegungsenergie verlieren, wird auch ihr Abstand immer kleiner.

Wenn sie nach weiteren ungefähr hundert Millionen Jahren nur noch weniger als 0,1 Lichtjahre voneinander entfernt sind, kommen relativistische Korrekturen des Gravitationspotenzials ins Spiel, die den »Doppelstern« destabilisieren. Es kommt zu einer katastrophalen Verschmelzung, bei der Gravitationswellen abgestrahlt werden. Diese Ereignisse sind vermutlich die energiereichsten im ganzen Universum. Nach ihnen wird das Gravitationswellen-Interferometer Lisa suchen, dessen Start für das Jahr 2012 vorgesehen ist.

Die genannten Zeitskalen und Abstände, die bei der Verschmelzung von Galaxien und ihren Schwarzen Löchern eine Rolle spielen, können unter Umständen um mehr als das Zehnfache ungenau sein. Die komplexen Prozesse können nämlich nur mit aufwändigsten Computermodellen verfolgt werden. Diese berücksichtigen jedoch bislang noch nicht alle physikalisch bedeutsamen Aspekte des Problems.

**Rainer Spurzem** forscht am Astronomischen Rechen-Institut Heidelberg (ARI) über Dynamik von Galaxien und Planetensystemen.

### Wechselwirkende Galaxien

NGC 4038 und NGC 4039 in Großaufnahme (links) und im Detail (rechts).



### Huygens hat gut geraten

Zum Leserbrief von Christian Pinter in AH 5/2004, S. 6

Der Wert von Huygens für die Entfernung Sonne-Erde beruht nicht nur auf Messungen, sondern auch auf einer (unbewiesenen, aber glücklicherweise richtigen) Annahme. Bereits Kopernikus hat die Größenverhältnisse im Sonnensystem relativ, das heißt mit der Entfernung Sonne-Erde als Einheit ermittelt. Das ist besonders einfach für die inneren Planeten, wo man die größte Elongation direkt messen kann und weiß,

dass dann im Dreieck Sonne-Erde-Planet beim Planeten ein rechter Winkel vorliegt. Huygens verfügte bereits über ein Fernrohr und konnte den Winkeldurchmesser der »Halbvenus« messen. Wenn man weiß, wie groß die Venus wirklich ist, kann man daraus die Größen in dem besagten Dreieck auch absolut berechnen.

Huygens nahm an, dass die Venus ungefähr so groß ist wie die Erde, deren Größe damals gemessen wurde. Damit lag er in der Tat nicht schlecht und kam zu dem guten Wert der Astronomischen Einheit. Wäre die Venus aber

wesentlich größer oder wesentlich kleiner als die Erde, so hätte Huygens arg daneben gelegen.

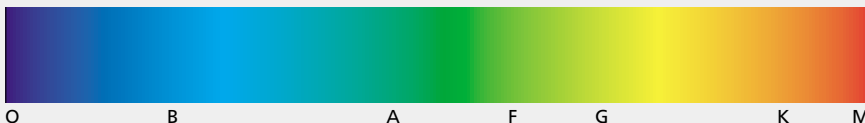
Arnold Oberschelp, Heikendorf

### Rosetta

»Marathon einer Kometensonde«  
 AH 5/2004, S. 28

Ich habe Ihre Zeitschrift gekauft, weil ich zufällig die Sonde Rosetta auf der Titelseite gesehen habe. Ich möchte Ihnen und Ihrem Autor gratulieren (und mich bedanken) für die Qualität des Artikels, der gleichzeitig klar, allgemein

**Auf Himmelsfotos wie im »Atlas der Sternbilder« von Eckhard Slawik sind Sterne aller Spektralklassen abgebildet. Rote, gelbe, weiße und blaue Sterne sind dort zu sehen – aber keine grünen! Müssten nicht alle Sterne der Spektralklassen um A bis F grün sein? Warum gibt es keine grünen Sterne?**  
Thomas Weickmann, Hameln



**D**er Slawik-Atlas wurde mit einem Farbfilm aufgenommen, der die Farben am Himmel ähnlich wiedergibt, wie das menschliche Auge sie sieht. Das gilt auch für andere Himmelsaufnahmen. Der Farbeindruck des menschlichen Auges ist aber subjektiv. Insbesondere erscheinen uns Objekte, die das gleiche Spektrum aufweisen wie die Sonne, stets weiß, obwohl das Sonnenspektrum ein Maximum im grünen Spektralbereich hat. Deshalb sind von oben beschienene Wolken und frischer Schnee, die das Sonnenlicht ohne Farbänderung streuen, immer »schneeweiß«.

Aus demselben Grund erscheinen uns Sterne, die wie die Sonne ihr spektrales Maximum im Grünen haben, ebenfalls weiß. Kühlere Sterne, die einen kleineren Anteil an blauem Licht

### Farben und Spektralklassen

Sterne im Bereich um A bis F haben ihr Maximum im Grünen. Dennoch sind sie für uns gelb oder weiß.

aussenden als unsere Sonne, erscheinen uns gelb oder rot. Heißere Sterne, bei denen der Rotanteil geringer ist, erscheinen uns blau.

Gras oder Blätter erscheinen uns grün – das liegt daran, dass hier sowohl der Rotanteil als auch der Blauanteil relativ zum direkten Sonnenlicht unterdrückt ist. Es bleibt also nur der grüne Anteil übrig, der von unserem Auge dann auch dementsprechend wahrgenommen wird.

---

**Immo Appenzeller** ist Direktor der Landessternwarte in Heidelberg (LSW).

**ANZEIGE**

**Stellen Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um kompetente Antworten und stellen die interessantesten Beiträge hier vor.**

verständlich und technisch-wissenschaftlich korrekt ist.

Paolo Ferri,  
Rosetta Spacecraft Operations Manager,  
ESOC, Darmstadt

### Erratum

»Hochsaison für Kometenjäger«  
AH 5/2004, S. 48

Mike Holloway machte uns auf einen Fehler in der Bildunterschrift für sein Astrofoto aufmerksam. Zu sehen ist nicht C/2001 Q4 (Neat), sondern C/2002 T7 (Linear).

### Briefe an die Redaktion ...

... sind willkommen!

Schreiben Sie an:  
ASTRONOMIE HEUTE  
Postfach 10 48 40  
D-69038 Heidelberg  
Fax: 06221 9126-769  
E-Mail: [redaktion@astronomie-heute.de](mailto:redaktion@astronomie-heute.de)

Wir behalten uns vor, Leserbriefe gekürzt zu veröffentlichen.