

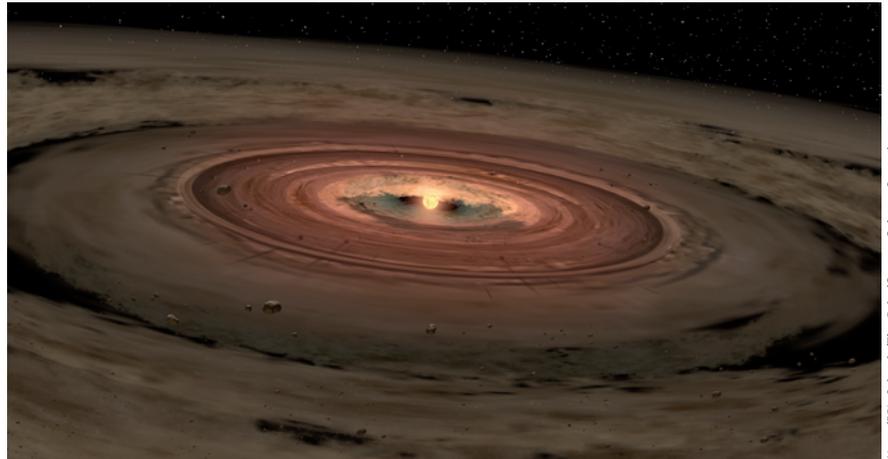
# Die Größe des Sonnensystems

## Kuiper-Gürtel, Oortsche Wolke, Protoplanetare Scheibe

Auf dem Weg zur Klärung der Frage, ob unser Sonnensystem ein typisches unter vielen anderen ist, lassen sich einige seiner Eigenschaften mit denen anderer Systeme vergleichen. Siehe dazu die Artikel »Wie repräsentativ ist unser Sonnensystem?« von Jakob Staudé ab Seite 21 und »Zwergplaneten« von Tilmann Althaus ab Seite 90, beide in diesem Heft. Dazu wird sein Aufbau – Anzahl und Masse der Planeten – ebenso herangezogen, wie seine Größe.

Nicht zuletzt hilft dabei auch eine Folge des Wettlaufs um die Vorherrschaft im Weltraum (das große Thema dieses Heftes): Die Entsendung astronomischer Satelliten in die Erdumlaufbahn und zu allen Planeten – bis auf Pluto.

Den Pluto soll die US-amerikanische Sonde NEW HORIZONS besuchen. Sie wurde im Januar 2006 gestartet, passierte vor einem halben Jahr Jupiter und befindet sich nun auf dem Weg zum Kuiper-Gürtel. Sie soll auf ihrem Weg dorthin einen nahen Vorbeiflug an Pluto vollführen und uns Bilder von ihm und seinem Mond Charon zurückfunken. Eine starke Triebfeder für die Realisation dieses Fluges war die Erkundung des letzten, noch nicht von



NASA/JPL-Caltech/Tim Pyle (SPITZER Science Center)

Raumsonden besuchten Planeten – aber inzwischen wurde Pluto ja bekanntlich per Beschluss durch die IAU mit guter Begründung aus dieser Objektklasse entfernt.

In den folgenden Aufgaben sollen einige Größen unseres Planetensystems betrachtet werden.

Mitte des vergangenen Jahrhunderts schloss Jan Oort aus der Verteilung langperiodischer und auf parabelnahen Bahnen laufender Kometen, dass es ein die

▲ Künstlerische Darstellung einer protoplanetaren Scheibe (Rendering). Siehe dazu auch die Animation unter [www.suw-online.de/artikel/903485](http://www.suw-online.de/artikel/903485).

Sonne kugelförmig umgebendes Reservoir geben müsse, aus dem die Kometen stammen. Es wird heute als die Oortsche Wolke bezeichnet, soll eine Billiarde ( $10^{12}$ ) Kometenkerne enthalten und sich von  $50\,000$  bis  $r_{\text{Oo}} = 100\,000$  AE erstrecken.

### Lösung der Aufgabe aus dem August-Heft 2007

**Aufgabe 1:** Die von der Sonne in  $t = 4.6$  Milliarden Jahren abgegebene Energie  $E$  ist:

$$E = L_{\odot} t = m c^2.$$

Daraus folgt die in dieser Zeit in Energie umgesetzte Masse zu:

$$m_E = \frac{L_{\odot} t}{c^2} \\ = 6.2 \cdot 10^{26} \text{ kg} = 3.12 \cdot 10^{-4} M_{\odot}.$$

Dies ist der Massenverlust, den die Sonne durch die Fusion ihres Brennstoffs Wasserstoff zu Helium erlitten hat.

**Aufgabe 2:** Ist  $f = v \rho$  die Flussdichte der Sonnenwindteilchen, dann ergibt sich der gesuchte Massenverlust durch Sonnenwind über die Zeit  $t$  aus:

$$m_{\text{SW}} = m_{\text{SW}} t = F f t = 4 \pi r^2 v \rho t.$$

Mit der mittleren Dichte  $\rho = 5 \cdot 10^6$  Protonen/ $\text{m}^3$  der Sonnenwindteilchen, der Geschwindigkeit  $v = 500$  km/s und der Protonenmasse  $m_p = 1.672 \cdot 10^{-27}$  kg folgt:

$$m_{\text{SW}} = 1.7 \cdot 10^{26} \text{ kg} = 8.6 \cdot 10^{-5} M_{\odot}.$$

Dieser Wert ist von ähnlicher Größenordnung wie das Ergebnis von Aufgabe 1.

Allerdings zeigen junge Sterne mit einer Masse  $\leq 2 M_{\odot}$  in ihrer Vorhauptreihenphase, der T-Tauri-Phase, einen deutlich höheren Massenverlust durch Sonnenwind.

**Aufgabe 3:** Wegen des Drehimpulserhaltungssatzes muss sich der Bahnradius der Erde (und der der anderen die Sonne umrundenden Körper) auf die geringere Masse der Sonne einstellen. Für den Bahndrehimpuls gilt also:

$$L_{\text{Erde}} = a_{\text{Erde}} m_{\text{Erde}} (G M_{\odot} / a_{\text{Erde}})^{1/2} \\ = a_{\text{Erde}7} m_{\text{Erde}} (G M_{\odot 7} / a_{\text{Erde}7})^{1/2}.$$

Nach sieben Milliarden Jahren beträgt ihre Masse  $M_{\odot 7} \approx 2/3 M_{\odot}$ . Aus obiger Gleichung ergibt sich unmittelbar nach Quadrieren:

$$a_{\text{Erde}7} \approx 3/2 a_{\text{Erde}} = 1.5 \text{ AE}.$$

Dieser Wert ist in der Graphik im August-Heft angedeutet. AMQ

### Richtige Lösungen sandten ein:

Anette Anastasakis, D-69207 Sandhausen; Ulrike Hellmann, D-42365 Wuppertel; Ulrike Neumann, D-59558 Lippstadt; Maria Obst, D-92318 Neumarkt; Eva Ponick, D-50735 Köln; Ulrike Saher, D-40629 Düsseldorf; Katrin

Stauch, D-01640 Coswig; Dorothea Steglich, D-67346 Speyer; Sieglinde Übermasser, A-2253 Weikendorf; Margit Zink, D-73240 Wendlingen; J. Beisser, D-28865 Lillenthal; W. Bernhardt, D-79737 Herrisried; W. Blendin, D-65597 Hünfelden-Kirberg; O. Bley, D-08297 Zwönitz; P. Böttger, D-86529 Schrobenhausen; A. Borchardt, D-86356 Neusäß/OT Steppach; G. Breitkopf, D-13156 Berlin; U. Buchner-Eysell, D-86833 Ettringen; W. Christ, D-65824 Schwalbach; K. Clausecker, D-74219 Möckmühl; R.-R. Conrad, D-31275 Lehrte; A. Dannhauser, D-38871 Ilsenburg; M. Deye, D-97241 Bergtheim; J. Döblitz, D-70619 Stuttgart; A. M. Dufter, D-83334 Inzell; H. Duran, CH-5300 Turgi; E. Edler v. Malyevacz, D-70825 Korntal-Münchingen; H. Eggers, D-31311 Uetze; H. Fischer, A-7132 Frauenkirchen; P. Fischer, D-08223 Falkenstein; R. Fischer, D-50858 Köln; G. Forster, D-69120 Heidelberg; M. Geisel, D-79540 Lörrach; J. Glattkowski, D-76571 Gaggenau; H. Göbel, D-79540 Lörrach; M. Götz, D-97461 Rügheim; K. Grießer, D-77723 Gengenbach; M. Growe, D-21493 Schwarzenbek; J. Th. Grundmann, D-52068 Aachen; A. Güth, D-73078 Boll; R. Guse, D-31228 Peine; A. Haag, D-63110 Rodgau; D. Haensch, D-27624 Bad Bederkesa; J. Haller, D-51379 Leverkusen; A. Hardt, D-38124 Vechelde; W. Hauck, D-90449 Nürnberg; D. Hauffe, D-60431 Frankfurt am Main; H. Hauser, D-89275 Elchingen; A. Hentzschel, A-3500 Krems; U. Hermann, D-89347 Bubersheim; A. Heuser, D-53879 Euskirchen; J. Hochheim, D-06295 Lutherstadt Eisleben; J. Hölscher, D-50127 Bergheim; F. Hoffmann, D-63065 Offenbach; E. Hoffmeister, D-53604 Bad Honnef; F. Hofmann, D-01069 Dresden; B. Hornisch, D-91238 Engelthal; N. Husmann, D-48155 Münster; Th. Inghoff, D-34355 Staufenberg; G. Junge, D-04600 Altenburg; H. Kamper, D-89520 Heidenheim; S. Kassam, D-60431 Frankfurt/M.; J. E. Keller, D-68775 Ketsch; T. Kilian Scheltat, D-10783 Berlin; L. Kirschhock, D-92237 Sulzbach-Rosenberg; F.-G. Knell, D-63457 Hanau; K.-M. Köppl, D-47805 Krefeld; M. Krellmann, D-01239 Dresden; M. Kretzler, D-69259 Wilhelmsfeld; K.-H. Künkler, D-45279 Essen; K. Kullack, NL-2203BB Noordwijk; O. Kunze, D-35039 Marburg; H.-P. Lange, D-85376 Massenhausen; M. Leinweber, D-35435 Wettengen; A. Le-

**Aufgabe 1: a)** Welche Bahnexzentrizität besitzt ein Komet, dessen Perihel bei  $r_p = 5$  AE und dessen Aphel bei  $r_{o0}$  liegen? **b)** Wie groß ist seine Bahnhalbachse  $a$  und **c)** wieviel Zeit  $P$  benötigt dieser Komet für eine Sonnenumrundung?

Der klassische Kuiper-Gürtel reicht von 30 AE bis 50 AE. Körper in größerer Entfernung werden als gestreute Objekte bezeichnet. Beobachtungen im Orionnebel zeigen, dass protoplanetare Scheiben Durchmesser bis zu  $d_p = 1000$  AE haben können.

**Aufgabe 2:** Unter der Annahme, dass Objekte der gestreuten Population Sonnendistanzen bis  $r_p = d_p/2$  erreichen können, beantworte man die Frage, ob in der gestreuten Population ein Zwilling der Erde auf Entdeckung harren könnte. Zum Vergleich diene der Mitte 2005 gefundene Zwergplanet (136199) Eris. Seine große Bahnhalbachse beträgt  $a_{Eris} = 67.7$  AE. Seine Albedo ist mit  $A_{Eris} = 0.86$  deutlich höher als die der Erde  $A_{Erde} = 0.367$ . Die Radien der beiden Körper sind  $R_{Eris} = 1300$  km und  $R_{Erde} = 6378$  km. Zur Berechnung der Sonnendistanz des Erdzwillings, in der er die gleiche Helligkeit aufweist wie Eris, nehme man an, er könne unter gleichen Bedingungen entdeckt werden wie Eris. Außerdem gelte mit hinreichender Genauigkeit: Sonnendistanz gleich Erddistanz. AMQ

onhardt, D-90559 Burgthann; B. Leps, D-13507 Berlin; A. Lichtfuß, D-93161 Sinzing; R. Lüthmann, D-78224 Singen; W. Mahl, D-71254 Ditzingen; M. Manz, D-76477 Illingen; P. Matzik, D-51399 Burscheid; R. Melcher, D-76227 Karlsruhe; M. Mendl, D-85567 Grafing b. München; K. Mischke, D-71116 Gärtringen; F. Moser, D-47167 Duisburg; K. Motl, D-82538 Geretsried; S. Mrozek, D-25358 Horst; Chr. Netzel, D-52080 Aachen; J. Nußbaum, D-80689 München; M. Otte, D-59558 Lippstadt; Chr. Overhaus, D-46325 Borken; G. Pannach, D-38124 Braunschweig; H.-P. Patjens, D-27299 Langwedel; Chr. Petersen, D-21706 Drochtersen; J. Piriti, H-8800 Nagykanyizsa; R. Pitzl, A-2345 Brunn/Gebirge; M. Plambeck, D-21031 Hamburg; G. Portisch, D-75015 Bretten; U. Poschmann, D-52351 Düren; R. Prager, A-2230 Gänserndorf; H. Prange, D-57250 Netphen; B. Quednau, D-33397 Rietberg; I. Raap, D-89551 Königsbrunn; F. Reinhardt, D-79539 Lörrach; E. Rössler, D-13503 Berlin; K. Rohe, D-85625 Glonn; A. Schäfer, D-71711 Steinheim/Murr; F. Schauer, D-79199 Kirchzarten; J. Schermer, D-12687 Berlin; R. H. Schertler, A-5280 Braunau am Inn; M. Schiffer, D-88662 Überlingen; B. Schmalfeldt, D-21521 Aumühle; R.-G. Schmidt, D-45657 Recklinghausen; J. Schnichels, D-53881 Euskirchen; G. Scholz, D-73457 Essingen; H.-J. Schreyer, D-56076 Koblenz; P. J. Schüngel, CH-8105 Regensdorf ZH; S. Schuler, D-66346 Püttlingen; M. Senkel, D-85614 Kirchseeon; F. Seybold, D-86153 Augsburg; R. Stahlbaum, D-38110 Braunschweig; K. Stampfer, D-86486 Bonstetten; A. Thiele, D-52066 Aachen; A. Trutschel-Stefan, D-83714 Miesbach; H.-G. Wefels, D-47239 Duisburg; S. Weiß, A-8010 Graz; H. Wember, D-22525 Hamburg; B. Wichert, D-21629 Neu-Wulmstorf; Chr. Wiedemair, I-39031 Bruneck, Südtirol; K. Wiedemer, D-57072 Siegen; M. Ziegler, A-2460 Bruckneudorf; H. Zimer, CH-7212 Seewis-Dorf; Chr. Zorn, D-70825 Korntal-Münchingen; W. Zumach, D-86163 Augsburg.

Insgesamt 133 Einsendungen, Fehlerquote: 0 %.

## Kreuzworträtsel

VON FRED GOYKE

geplante deutsche Mondland-desonde	Silikat-mineral (Komet Tempel-1)	▼	Sternbild zw. Hydra und Vela (lat. Bez.)	▼	Xi Gemini-norum	▼	Becken a. Kallisto Stern im Stier	▼	Destillier-gefäß	▼	▼	▼	reduziert Streulicht
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	5	▼	geplantes 42-Meter-Teleskop (E-...)	▼	▼	▼	▼
Namens-geber der kosm. Strahlung	▼	▼	Stern im Skorpion	▼	▼	optisches Bauteil (Spektro-skopie)	▼	▼	▼	6	▼	▼	▼
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	9	Asteroid, keltische Fruchtbar-keitsgöttin	▼	▼	▼	Nachbar-sternbild von Orion (int. Abk.)
normale Materie im Universum (in Proz.)	▼	▼	▼	8	Teil einer Mon-tierung	▼	Planet	▼	▼	▼	▼	▼	▼
▼	▼	3	Teleskop-zubehör	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	4
Korrektur-bild für Digital-kameras	▼	Astro-treffen für junge Leute	▼	▼	▼	Schrift-steller (1809-1849)	▼	▼	▼	▼	▼	Mond-formation (dt.)	▼
großer Saturn-mond	griech. Buchstabe von Matar	▼	▼	Einheiten-zeichen d. Frequenz	▼	▼	Kfz.-Kenn-zeichen für Kassel	▼	Kfz.-Kenn-zeichen f. Schleswig-Flensburg	▼	▼	▼	Jupiter-mond
▼	▼	▼	▼	▼	▼	großes Marstal (... Vallis)	▼	▼	▼	2	▼	▼	▼
Zeichen f. Lanthan	▼	▼	IAC-Teleskop	▼	▼	▼	▼	▼	Sternbild mit Regulus (int. Abk.)	▼	▼	▼	▼
▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼	▼

Lösung des Kreuzwort-rätsels aus SuW 8/2007

O	R	A	X	M	H					
A	R	I	A	D	N	E	K	O	M	A
T	D	O	N	U	T	D	D			
C	H	I	N	S	H	A	U	L	A	
C	O	S	M	I	C	E	L	Y	R	
C	S	C	U	B	A	R				
P	H	E	D	E	L	P	I	S		
A	T	E	C	P	D	O				
P	A	S	I	P	H	A	E	H		
L	A	R	I	S	S	A	N	A	N	O

**Kreuzworträtsel.** Die eingekreisten Buchstaben bilden ein Lösungswort. Unter allen, die dieses Lösungswort bis zum **15. Oktober** auf einer **Postkarte** an die **Redaktion** einsenden, verlosen wir einen Astrocom-Filter-schieber für bis zu fünf 1¼"-Filter im Wert von 95 €, gestiftet von Fa. Astrocom, Martinsried. *Viel Spaß beim Knobeln!*

Die Lösung des Kreuzworträtsels in Heft 8/2006 lautet: **Komposit**. Der glückliche Gewinner des Astrocom-Filter-schiebers, gestiftet von Fa. Astrocom, bei 84 richtigen und 5 falschen Einsendungen ist: **Joachim E. Keller**, Edisonstr. 3, D-68775 Ketsch. *Herzlichen Glückwunsch! Red.*



### »Zum Nachdenken« im Web

Einige Tage vor der Auslieferung des gedruckten Heftes lässt sich das aktuelle »Zum Nachdenken« auf der Homepage von SuW [www.suw-online.de](http://www.suw-online.de) als PDF finden. Ältere Fassungen: → Heftarchiv → Jahr, bzw. Zurückliegende Ausgaben.

### Einsendungen

- Lösungen werden nur auf Papier – Brief oder Fax – akzeptiert, auf keinen Fall jedoch per E-Mail.
- Die Redaktion empfiehlt, Namen und Anschrift immer auf dem Lösungsblatt zu notieren.
- Lösungen, die nach dem angegebenen Stichtag eintreffen, können leider nicht berücksichtigt werden.

### Die 27. Runde

Mit der Aufgabe im Juni-Heft begann die 27. Runde *Zum Nachdenken*. Alle Löser mit wenigstens neun richtigen Einsendungen aus den zwölf bis inklusive Mai 2008 erscheinenden Aufgaben in »Zum Nachdenken« werden bei der Verlosung im Sommer 2008 berücksichtigt. Zu gewinnen ist als attraktiver Hauptpreis ein **8-Zoll-Reisedobson**, gestiftet von Fa. Hofheim Instruments.

Viel Spaß beim Nachdenken und viel Erfolg beim Lösen der Aufgaben! AMQ

### Hauptpreis



Mit dem 8-Zoll-Reisedobson von Hofheim Instruments im Wert von 990 € können Sie in Ihrem nächsten Urlaub überall auf Galaxien- und Nebeljagd gehen. Zusammengepackt ist es ein nur 8 kg leichtes Handgepäckstück, aufgebaut ein leistungsstarker 8-Zoll-f/4-Newton in Gitterbauweise auf einer klassischen Dobson-Montierung. Das Gerät ist stabil und solide aus Aluminium, Edelstahl und Birke-Multiplexholz gefertigt. Es ist extrem einfach zu handhaben. Zu dem Gerät wird ergänzend ein umfangreiches Zubehörprogramm angeboten. Gestiftet von Fa. Hofheim Instruments, Hofheim. [www.hofheiminstruments.com](http://www.hofheiminstruments.com)