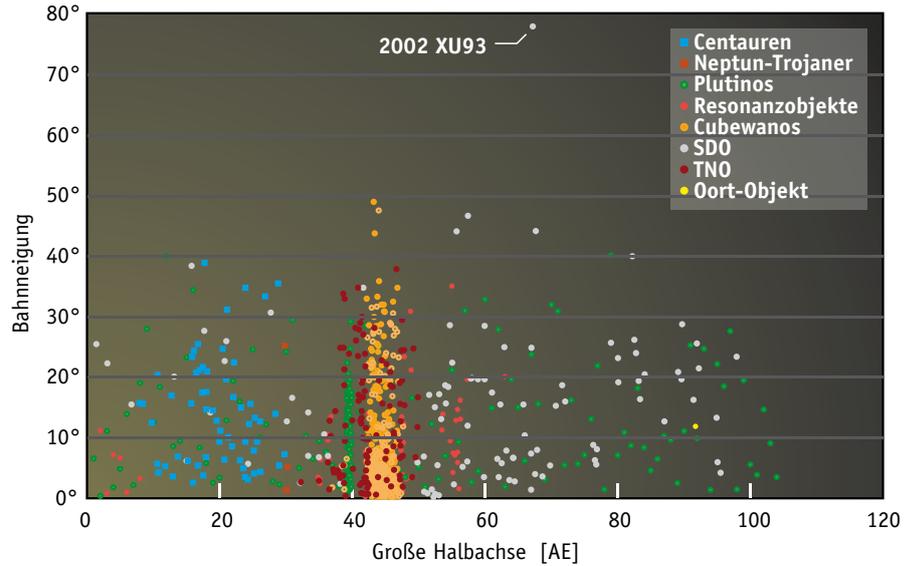


Bedeckung durch TNOs

In der Rubrik »Brennpunkt« auf Seite 11 in diesem Heft berichtet Tilmann Althaus über die sensationelle Messung einer Gruppe Astronomen aus Taiwan [1] von Bedeckungen des Radiopulsars Scorpius X-1 durch vergleichsweise kleine Objekte des Kuiper-Gürtels. Körper in diesem zweiten Kleinplanetengürtel jenseits der Umlaufbahn von Neptun werden auch Trans-Neptun-Objekte (TNO) genannt.

Aufgabe 1: Man bestimme das Verhältnis $\zeta = \delta_{\text{TNO}}/\delta_{\text{X-1}}$, wobei δ_{TNO} und $\delta_{\text{X-1}}$ die Winkelausdehnungen von einem $D_{\text{TNO}} = 100$ m großen TNO und $D_{\text{X-1}} = 20$ km durchmessenden Pulsar sind. Die Distanz zu Scorpius X-1 ist $d_{\text{X-1}} = 2.8$ kpc (1 pc = $180 \cdot 3600 \pi^{-1}$ AE), die zum TNO ist $d_{\text{TNO}} = 43$ AE. Kann die Röntgenquelle demnach relativ zum TNO als punktförmig betrachtet werden?

Aufgabe 2: Je nach Position der Erde im Verlauf der sich über einen Zeitraum von sechs Jahren erstreckenden Beobach-



tungen addiert oder subtrahiert sich die Winkelgeschwindigkeit der Erde zu der des TNO. Welche maximale Bedeckungsdauer für Scorpius X-1 erwartet man von einem kugelförmigen TNO mit dem Durchmesser D_{TNO} ? Die Umlaufdauer

Das äußere Sonnensystem ist stark bevölkert. Das Diagramm zeigt Exzentrizität und große Halbachse von 1190 Objekten, wovon 1109 zum Kuiper-Gürtel zu rechnen sind. (nach Daten aus [2])

Lösung der Aufgabe aus dem August-Heft 2006

Aufgabe 1: Der Schwarzschildradius des Schwarzen Lochs im Zentrum unseres Milchstraßensystems ist (unter Berücksichtigung des in der Aufgabenstellung leider verloren gegangenen Faktors 2) gegeben durch:

$$r_s > 2 \frac{GM_{\text{BH}}}{c^2} \quad (1)$$

Mit der Masse des Schwarzen Lochs $M_{\text{BH}} = 3.5$ Mio. M_{\odot} , der Sonnenmasse $M_{\odot} = 1.989 \cdot 10^{30}$ kg, der Gravitationskonstante $G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ und der Lichtgeschwindigkeit $c = 2.998 \cdot 10^8$ m/s folgt dann:

$$\begin{aligned} r_s &= 1.03 \cdot 10^{10} \text{ m} \\ &= 10.3 \text{ Mio. km} \\ &\approx 15 \text{ Sonnenradien.} \end{aligned}$$

Zum Vergleich: Der Bahnradius von Merkur ist nur etwa 5.6 mal so groß.

Aufgabe 2: Der marginal stabile Orbit (MSO) liegt bei:

$$r_{\text{MSO}} = 3 r_s = 6 \frac{GM_{\text{BH}}}{c^2}$$

Auf der Umlaufbahn gilt Gleichgewicht zwischen Zentrifugalkraft $F_Z = m \omega_{\text{MSO}}^2 r_{\text{MSO}}$ und Gravitationskraft $F_G = G m M_{\text{BH}}/r_{\text{MSO}}^2$. Mit $\omega_{\text{MSO}} = 2 \pi/P_{\text{MSO}}$ folgt dann so gleich:

$$P_{\text{MSO}} = 2 \pi \sqrt{\frac{r_{\text{MSO}}^3}{GM_{\text{BH}}}} \quad (2)$$

bzw., nach Einsetzen von r_{MSO} ,

$$\begin{aligned} P_{\text{MSO}} &= 12 \sqrt{6 \pi} \frac{GM_{\text{BH}}}{c^3} \\ &= 1592 \text{ s} = 26.5 \text{ min.} \end{aligned}$$

Material, welches das Schwarze Loch auf dem marginal stabilen Orbit umkreist, besitzt demnach eine Revolutionsperiode von 26.5 Minuten.

Aufgabe 3: Der mit Satellitenobservatorien am 31. August 2004 beobachtete Flare zeigt periodische Minima im Röntgen- und IR-Fluss von anfänglich $t_A = 25$ Minuten, gegen Ende nur noch $t_E = 17.5$ Minuten.

Mit Hilfe von Gleichung (2) ergibt sich unter Ausnutzung von Gleichung (1):

$$r_{A/E} = \left(\frac{P_{A/E}}{2 \pi G M_{\text{BH}}} \right)^{2/3} \frac{c^2}{2} r_s,$$

wobei $P_{A/E} = t_{A/E}$. Man findet:

$$r_A = 2.88 r_s$$

und

$$r_E = 2.27 r_s.$$

Kleinere Perioden als $P_{\text{MSO}} = 26.5$ min deuten auf Umlaufbahnen hin, die schon

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **15. Oktober** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Max-Planck-Institut für Astronomie, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: (+49)0 6221-528-246.

P_{TNO} des TNO erhält man aus dem Dritten Keplerschen Gesetz in der bequemen Form: $(a_{TNO}/AE)^3 = (P_{TNO}/a)^2$. Die große Bahnhalbachse ist $a_{TNO} = d_{TNO}$.

Aufgabe 3: Gemäß der Beugungstheorie erscheint im Zentrum des Schattens, den der TNO auf die Erde wirft, eine Aufhellung, die nach dem, der sie postulierte, Poissonscher Fleck genannt wird [3]. Der Fleck besitzt den auch von der Wellenlänge des beobachteten Lichts abhängigen Radius:

$$\Delta r' \approx \frac{\sqrt{2}}{4} \sqrt{\frac{\lambda}{2}} d_{TNO}$$

Wie groß ist der Poissonsche Fleck im Röntgenbereich bei $\lambda_X = 0.6 \text{ nm}$ und im Sichtbaren bei $\lambda_S = 500 \text{ nm}$? Wirft der TNO in beiden Fällen einen Schatten?

AXEL M. QUETZ

Literatur

- [1] Hsiang-Kuang Chang et al.: Occultation of X-rays from Scorpius X-1 by small trans-neptunian objects. Nature 442, S. 660-663 [2006]
 [2] www.johnstonarchive.net/astro/tnos.html
 [3] Axel M. Quetz: Zum Nachdenken: Machos und Socos, Teil 5. SuW 6/1994, S. 500

Münster; B. Hußl, A-4542 Nußbach; 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; P. Kirchberger, D-91593 Burgberheim; L. Kirschhock, D-92237 Sulzbach-Rosenberg; F.-G. Knell, D-63457 Hanau; K.-M. Köppl, D-47805 Krefeld; K.-H. Künkler, D-45279 Essen; H.-P. Lange, D-85376 Massenhausen; M. Leinweber, D-35435 Wettenberg; A. Leonhardt, D-90559 Burgthann; B. Leps, D-13507 Berlin; A. Lichtfuß, D-93161 Sinzing; R. Lühmann, D-78224 Singen; W. Mahl, D-71254 Ditzingen; P. Matzik, D-51399 Burscheid; N. Mayer, D-12205 Berlin; 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; Chr. Overhaus, D-46325 Borken; G. Pannach, D-38124 Braunschweig; J.-F. Pittet, D-83629 Weyarn; M. Plambek, D-21031 Hamburg; G. Portisch, D-75015 Bretten; U. Poschmann, D-52351 Düren; R. Prager, D-2230 Gänserndorf; H. Prange, D-57250 Netphen; B. Quednau, D-33397 Rietberg; F. Reinhardt, D-79539 Lörrach; M. Reininger, A-3130 Herzogenburg; E. Rössler, D-13503 Berlin; R. Rohde, D-12277 Berlin; K. Rohe, D-85625 Glonn; F. Schauer, D-79199 Kirchzarten; N. Scherer, D-76137 Karlsruhe; J. Schermer, D-12687 Berlin; R. H. Schertler, A-5280 Braunau am Inn; M. Schiffer, D-88662 Überlingen; B. Schmalfeldt, D-21521 Aumühle; J. Schnichels, D-53881 Euskirchen; G. Scholz, D-73457 Essingen; J. Schröder, D-45731 Waltrop; P. J. Schüngel, CH-8105 Regensdorf ZH; S. Schuler, D-66346 Püttlingen; M. Senkel, D-85614 Kirchseeon; D. Spitzer, D-59075 Hamm; R. Stahlbaum, D-38124 Braunschweig; K. Stampfer, D-86486 Bonstetten; P. Stoffer, CH-3507 Biglen; 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; A. Wendt, D-69488 Birkenau; B. Wichert, D-21629 Neu - Wulmstorf; Chr. Wiedemair, I-39031 Bruneck, Südtirol; H.-U. Wieland, D-73340 Amstetten; G. Woytsch, D-70435 Stuttgart; M. Ziegler, A-2460 Bruckneudorf; Chr. Zorn, D-70825 Kornthal-Münchingen; W. Zumach, D-86163 Augsburg.

Insgesamt 115 Einsendungen, Fehlerquote: 0 %.

Kreuzworträtsel

VON FRED GOYKE

russ. Raumstation		Plejadenstern		essen (engl.)		Erderkundungssatellit der Esa		Methode zur Filmentwicklung		Sternbild Eidechse (int. Abk.)		Nobelpreis für Radioastronomie
	8					Xi Cephei					6	
astron. Hilfsmittel		Supernovaüberrest (Sgr A ...)	1					Mondkrater nördl. von Endymion		chem. Symbol für Kupfer		
Fluorkrongläser		Instrument auf Rosat			Teil einer Galaxie				2		Raumsonde	
		Astronom, 1. Photo v. Orionnebel		ADM-Montierung mit GoTo						Maß für optische Qualität		
	5				deutscher Astronom (1791-1865)			Mondkrater (Nachbar von Hess)				
Supercomputer zur N-Körpersimulation		Nebel im Großen Hund (...-Nebel)		4					10	Asteroid Nr. 44	Gebirgszug in Niedersachsen	Katalog mit 258 997 Sternen
Staat, 1991 totale Sonnenfinsternis				Planeten fremder Sonnen		Marsplateau (... Major)					7	
						Spektralklasse für Braune Zwerge				Stern Propus (griech. Buchst.)		
Esa-Kometen-sonde										Sternstehungsgebiet (... Oph)		3

Lösung des Kreuzworträtsels aus SuW 8/2006

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



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 ein Zoomspektiv Bresser Zoomar 15-45x60 im Wert von 179 €, gestiftet von Fa. Meade, mit Tischstativ für den sicheren Stand im mobilen Einsatz und mit einem Hartschalenkoffer für den Transport. *Viel Spaß beim Knobeln!*
 Die Lösung des Kreuzworträtsels in Heft 8/2006 lautet: **Space Shuttle.**
 Der glückliche Gewinner des Feldstechers Bresser Cobra 7x50 (bei 137 richtigen und 2 falschen Einsendungen) ist: **Jürgen Stein**, Bahnhofstr. 7, D-24321 Lütjenburg.
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 als PDF finden. Ältere Fassungen: → SuW-Archiv → 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 26. Runde

Mit der Aufgabe in Juni-Heft begann die 26. Runde *Zum Nachdenken*. Alle Löser mit wenigstens neun richtigen Einsendungen aus den zwölf bis inklusive Mai 2007 erscheinenden Aufgaben in »Zum Nachdenken« werden bei der Verlosung im Sommer 2007 berücksichtigt. Zu gewinnen sind als attraktive Hauptpreise ein komplettes Okularset, bestehend aus sechs Okularen vom Typ **Baader-Hyperion**, gestiftet von Fa. Baader Planetarium, sowie ein Fernglas **Mariner II**, gestiftet von Fa. Fujinon. Viel Spaß beim Nachdenken und viel Erfolg beim Lösen!

Hauptpreise



Das Okularset **Baader-Hyperion** im Wert von 699 € besteht aus sechs 68°-Weitwinkel-Okularen mit augenphysiologisch optimalem Gesichtsfeld in den Brennweiten: 3.5 mm, 5 mm, 8 mm, 13 mm, 17 mm und 21 mm, jeweils mit 1/4"- und 2"-Steckfassung, sowie zwei integrierten Systemgewinden zur Adaption des Okulars an fast jede digitale Kamera – dazu werden 16 verschiedene digitale T-Ringe optional angeboten. Gestiftet von Fa. Baader Planetarium. www.baader-planetarium.de.



Das Fernglas **Mariner II** vom Typ 7x50 WP/II CF im Wert von 189 €, mit herausragenden optischen Eigenschaften, gestiftet von Fa. Fujinon (Europe) GmbH. www.fujinon.de.