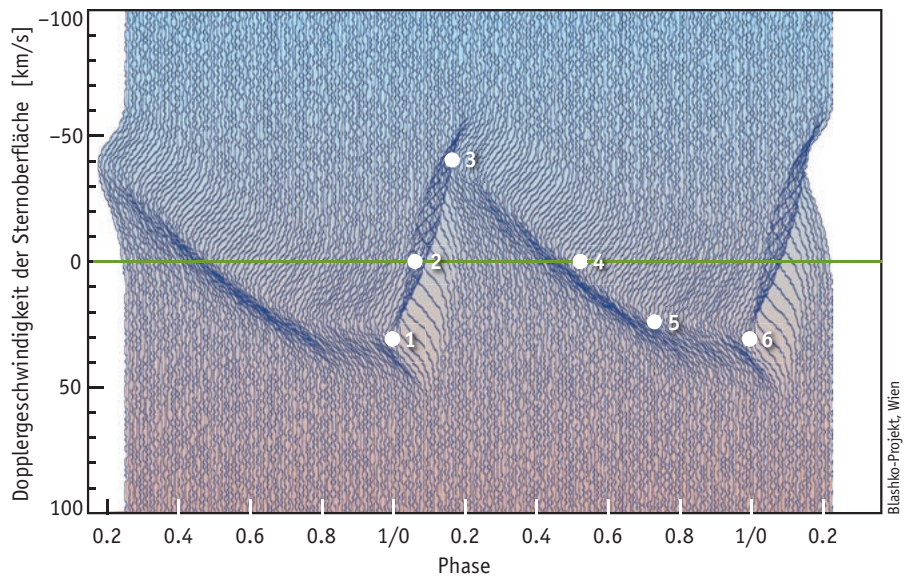


RR-Lyrae-Sterne

RR-Lyrae-Sterne sind eine Unterklasse der bekannteren Cepheiden, benannt nach ihrem Prototypen δ Cephei. Von diesen RR-Lyrae-Sternen berichten ab Seite 38 in diesem Heft Elisabeth Guggenberger und Katrien Kolenberg, die beide an der Universität Wien forschen.

Die in der Helligkeit variablen RR-Lyrae-Sterne sind Pulsationsveränderliche – sie ändern rhythmisch ihren Durchmesser, wobei sich ihre Leuchtkraft periodisch ändert. Die Periode dieser Pulsation liegt im Bereich von etwa 5 bis 30 Stunden. Die Helligkeitsänderungen sind bereits innerhalb von nur einer Nacht zu bemerken. Dies erklärt, warum RR-Lyrae-Sterne auch unter den Amateurastronomen ein beliebtes Beobachtungsobjekt sind.

Mit der Pulsation verbunden ist eine Änderung der Oberflächentemperatur. Sie schwankt zwischen ca. $T_{\min} = 6100$ K und $T_{\max} = 7400$ K. Zum Vergleich: die Oberflächentemperatur der Sonne liegt bei $T_{\odot} = 5800$ K. Damit ist eine Änderung des Spektraltyps verknüpft. Man findet RR-Lyrae-Sterne meist in den Kugelsternhaufen des galaktischen Halos, weswegen sie auch Haufenveränderliche genannt werden. Unter der URL antwarp.gsfc.nasa.gov/apod/ap041012.html ist eine wunderschöne Animation von Aufnahmen des Kugelsternhaufens M 3 abgelegt, in der man zahlreiche RR-Lyrae-Sterne pulsieren sieht.



Blascho-Projekt, Wien

Aufgabe 1: Die Leuchtkraft L eines Sterns mit Radius R lässt sich aus seiner Oberflächentemperatur T und seiner Oberfläche $F = 4\pi R^2$ bestimmen:

$$L = F \sigma T^4,$$

wobei $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ die Stephan-Boltzmannsche Strahlungskonstante ist. Man bestimme die Leuchtkraft der Sonne. Ihr Radius ist $R_{\odot} = 696\,000 \text{ km}$.

Aufgabe 2: Die Graphik zeigt das simulierte Verhalten einer Absorptionslinie eines RR-Lyrae-Sterns über zwei Pulsa-

Simulation des zeitlichen Verlaufs einer Spektrallinie, die von einem RR-Lyrae-Stern emittiert wird. Siehe dazu auch Abb. 7 auf Seite 43.

tionszyklen hinweg, aufgetragen gegen die Dopplergeschwindigkeit. Das ist die Geschwindigkeit, mit der sich die Sternoberfläche auf uns zu bzw. von uns weg bewegt. Der Stern hat seinen minimalen Radius $R_{\min}$ erreicht, wenn die Radialgeschwindigkeit v_r bei Punkt 2 (Phase $\varphi_2 = 0.105$) in der Graphik gleich Null ist. Zwischen Punkt 2 und 4 weist die Spektrallinie

Lösung der Aufgabe aus dem Mai-Heft 2007

Aufgabe 1: Die lokale epizyklische Frequenz κ in der Galaxie, die ja im Kepler'schen Fall gleich der Winkelgeschwindigkeit ist, ergibt sich für die Nachbarschaft der Sonne aus der Winkelgeschwindigkeit der Sonne um das Milchstraßenzentrum:

$$\kappa = \omega_0 = A - B = 25.9 \frac{\text{km/s}}{\text{kpc}}$$

In der Umgebung der Sonne folgt der Toomre-Q-Parameter durch Einsetzen der angegebenen Werte zu:

$$Q = \frac{\sigma_R \kappa}{3.36 G \Sigma} = 0.995.$$

Wegen $Q < 1$ zeigt das Ergebnis somit, dass unser Milchstraßensystem zumindest in der Sonnenumgebung leicht instabil ist und somit – unter dem Einfluss äußerer Störkräfte – die Bildung von Spiralarmen gestattet. Genau dies wird ja beobachtet.

Aufgabe 2: Betrachtet man nun das Inter-

stellare Medium (ISM), so findet man mit den angegebenen Werten:

$$Q_{\text{ISM}} = \frac{\sigma_{\text{R,ISM}} \kappa}{3.36 G \Sigma_{\text{ISM}}} = 0.965.$$

Somit ist das Interstellare Medium etwas labiler als das Sternengas, und Fragmentationen in der Scheibe sind möglich.

In seiner Arbeit »Theories of spiral structure« schildert Alar Toomre 1977 folgende Anekdote: Vor der Veröffentlichung seiner in Heft 5/2007 unter [1] zitierten Arbeit aus dem Jahr 1964 wurde ihm von Agis J. Kalnajs, einem Kollegen vom Harvard College Observatory, ein Fehler im Faktor beim Q-Parameter mitgeteilt. Dabei habe sich herausgestellt, das er selbst, Kalnajs, drei Jahre zuvor, also 1961, bereits analoge Überlegungen angestellt, jedoch wegen eines vergessenen Faktors 2π die Arbeit daran entnervt eingestellt hatte. Wäre Kalnajs damals der Faktors 2π nicht verlo-

ren gegangen, so hätte der Titel des »Zum Nachdenken« im Mai-Heft womöglich »Der Kalnajs-Q-Parameter« lauten müssen.

AMQ

Richtige Lösungen sandten ein:

Anette Anastasakis, D-69207 Sandhausen; Ulrike Neumann, D-59558 Lippstadt; Ulrike Saher, D-40629 Düsseldorf; Sieglinde Übermayer, A-2253 Weikendorf; W. Bernhardt, D-79737 Herrischried; A. Borchardt, D-86356 Neusäß/OT Steppach; H. Brockmann, D-78315 Radolfzell; W. Christ, D-65824 Schwalbach; K. Clausen, D-74219 Möckmühl; R.-R. Conrad, D-31275 Lehrte; J. Döblitz, D-70619 Stuttgart; H. Dschida, D-73660 Urbach; M. Ebert, D-85435 Erding; E. Edler v. Malyevacz, D-70825 Korntal-Münchingen; H. Eggers, D-31311 Uetze; 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. 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; J. Haller, D-51379 Leverkusen; J. Hampf, D-91056 Erlangen; D. Hauffe, D-60431 Frankfurt am Main; H. Hauser, D-89275 Elchingen; U. Hermann, D-89347 Bubesheim; D. Herrmann, D-85646 Anzing; S. Hetze, D-12057 Berlin; A. Heuser, D-53879 Euskirchen; J. Hochheim, D-06295 Lutherstadt Eisleben; F. Hofmann, D-01069 Dresden; J. Home, D-06844 Dessau; B. Hornisch, D-91238 Engelthal; N. Husmann, D-48155 Münster; B. Hußl, A-4542 Nußbach; Th. Inghoff, D-34355 Staufenberg; G. Junge, D-04600 Altenburg; S. Kassam, D-60431 Frankfurt/M.; J. E. Keller, D-68775 Ketsch; F.-G. Knell, D-63457 Hanau; M.

negative Geschwindigkeit auf – die Sternoberfläche nähert sich uns und der Stern wächst. Die maximale Ausdehnung $R_{\max}$ ist bei Punkt 4 ($\varphi_4 = 0.525$) erreicht. Die Radialgeschwindigkeit ist dort wieder Null. Zwischen den Punkten 1 ($\varphi_1 = 0$, $v_{r,1} = +31.1$ km/s) und 3 ($\varphi_3 = 0.165$, $v_{r,3} = -41.4$ km/s) gelte die konstante Beschleunigung $a_{123} = (v_{r,3} - v_{r,1}) / (t_3 - t_1)$, zwischen den Punkten 3 und 5 ($\varphi_5 = 0.731$, $v_{r,5} = +23.5$ km/s) gelte die konstante Beschleunigung $a_{345} = (v_{r,5} - v_{r,3}) / (t_5 - t_3)$. Man bestimme die Radiusänderung $\Delta R = R_{\max} - R_{\min}$ des Sterns und verwende dazu die Pulsationsperiode von RR Lyrae: $P = 13^h 6$.

Aufgabe 3: Unter Ausnutzung des Ergebnisses von Aufgabe 2 berechne die Radien $R_{\max}$ und $R_{\min}$ des Sterns aus der Helligkeitsamplitude $\Delta m = 1$ mag von RR Lyrae. **Hilfe:** Für das Verhältnis der Leuchtkräfte gilt:

$$\Delta m = -2.5 \lg(L_{\min}/L_{\max}).$$

Die Helligkeitskurve und die Temperaturkurve ist in Phase mit der Dopplergeschwindigkeitskurve, wobei die Maxima bei Punkt 3 liegen, die Minima bei Punkt 1 bzw. 6.

Aufgabe 4: Man bestimme die Gravitationsenergie, die der Stern während seiner Schrumpffase gewinnt und vergleiche mit seiner Leuchtkraft. Die Gravitationsenergie ist gegeben durch: $E_G = G M^2/R$. Man verwende die Masse von RR Lyrae liegt bei $M = 0.7 M_{\odot}$. **AMQ**

Kretzler, D-69259 Wilhelmsfeld; K.-H. Künkler, D-45279 Essen; H.-P. Lange, D-85376 Massenhausen; M. Leinweber, D-35435 Wetztenberg; A. Leonhardt, D-90559 Burghann; B. Leps, D-13507 Berlin; A. Lichtfuß, D-93161 Sinzing; R. Lühmann, D-78224 Singen; W. Mahl, D-71254 Ditzingen; P. Matzlik, 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; 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; M. Plambeck, D-21031 Hamburg; G. Portisch, D-75015 Bretten; U. Poschmann, D-52351 Düren; R. Prager, A-2230 Gänserndorf; H. Prange, D-75250 Netphen; B. Quednau, D-33397 Rietberg; F. Reinhardt, D-79539 Lörrach; E. Rössler, D-13503 Berlin; F. Schauer, D-79199 Kirchzarten; N. Scherer-Negenborn, 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; H.-J. Schreyer, D-56076 Koblenz; P. J. Schüngel, CH-8105 Regensdorf ZH; S. Schuler, D-66346 Püttlingen; M. Senkel, D-85614 Kirchseeon; K. Stampfer, D-86486 Bonstetten; A. Thiele, D-52066 Aachen; H.-G. Wefels, D-47239 Duisburg; S. Weiß, A-8010 Graz; H. Wember, D-22525 Hamburg; B. Wichert, D-21629 Neu-Wulmstorf; K. Wiedemer, D-57072 Siegen; H.-U. Wieland, D-73340 Amstetten; M. Ziegler, A-2460 Bruckneudorf; H. Zink, W-Rothalmünster; Chr. Zorn, D-70825 Kornthal-Münchingen; W. Zumach, D-86163 Augsburg.

Insgesamt 105 Einsendungen, Fehlerquote: 8 %.

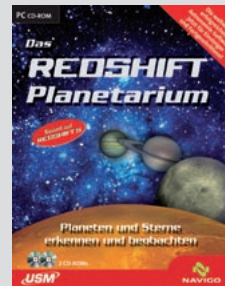
Kreuzworträtsel

VON FRED GOYKE

Grenze d. Sonnensystems		größtes Eso-Teleskop	Mondformation (z.B. ... Somni)	hypothet. Planet zw. Mars und Jupiter	Gruppe kohliger Chondrite	Vogel, Namenspatron von IC 2177	Physiker (Natur der Kosm. Strahlung)
Stern im Stier (sein Horn)				Kamera-sensor-Technologie			
		Sternbild bei Volans und Dorado (lat.)	Stern im Großen Wagen				4
metall-arme Sterne	HAWABUSA-Sonde (...C)				Sterne am Ende ihrer Entwickl. (2. Wort)		Asteroid der Hilda-Gruppe (Nr. 190)
			Teil eines Okulars	ISS-Modul HARMONY (Node ...)			
Radio-blasen (engl.)	Sternbild mit M 82 (lat. Bez., 1. Wort)	6	Sternbild mit Denebola (dt. Bez.)			geplanter Super-nova-Satellit	
Komet von 1990				1	kleinste Einheit für Computerdaten	Längenmaß in d. Seefahrt (Abk.)	
	5		Kfz.-Kennzeichen f. Emsland	Objekt der Stringtheorie			
Betreiber des GEMINI-Observatoriums		flüssiges Gewürz				russ.-ukr. Flugzeugmarke (Abk.)	
Landepl. von OPPORTUNITY (... Krater)			2	Mars-region (... Terra)			3

Lösung des Kreuzworträtsels aus SuW 5/2007

K T C M
B O S O N V A K U U M
P L U C H S S M I
Z E N I T K E I D
R M A T L A S I
A N T A R E S N U
W I E N T A T O L L
K J C H R X A T O
Q U A S A R I V O R Y
S T M A S S E A S



Kreuzworträtsel. Die eingekreisten Buchstaben bilden ein Lösungswort. Unter allen, die dieses Lösungswort bis zum **15. Juli** auf einer Postkarte an die Redaktion einsenden, verlosen wir die Software »Redshift Planetarium«, im Wert von 29.90 €, gestiftet von Fa. USM, United Soft Media Verlag GmbH, München.

Viel Spaß beim Knobeln!

Die Lösung des Kreuzworträtsels
Herzlichen Glückwunsch! Red.

Die Gewinner der 26. Runde

Mit der Aufgabe im letzten Mai-Heft endete die 26. Runde »Zum Nachdenken«. Alle 104 Löser, die wenigstens neun richtige Lösungen einsendeten, wurden bei der Verlosung berücksichtigt. Die Gewinner folgen nun gemäß der Reihenfolge ihrer Ziehung, diesmal durch Glücksfee Alicia.

Den diesjährigen **Hauptpreis**, den **Satz Hyperion-Okulare**, gestiftet von Fa. Baader Planetarium, gewinnt: **Klaus-Michael Köppl**. Herzlichen Glückwunsch!

2. Preis: Ein **Fernglas Mariner II**, gestiftet von Fa. Fujinon, gewinnt: **Gerhard Forster**. **3. Preis:** Eine **4er DVD-Box »Der Kosmos«**, gestiftet von wissen.de GmbH, gewinnt: **Manuel Schiffer**.

7 SuW-Kalender »Himmel und Erde« 2008: Georg Junge, Jan Haller, Stefan Weiß, Manfred Ziegler, Norbert Scherer-Negenborn, Bernd Leps und Hans-Gerd Wefels. **7 SuW-CD-ROM 2006:** Andre Borchardt, Robert H. Schertler, Martin Otte, Anette Anastasakis, Eberhard Rössler, Christof Wiedemair und Friedrich Moser. **1 DVD »Feuerkugeln aus dem All«**, gestiftet von polyband Medien GmbH: **Bernd Hornisch**. **1 DVD »Raumschiff Erde«**, gestiftet von polyband Medien GmbH: **Markus Plambeck**. **3 Drehbare Himmelskarten**, gestiftet vom Oculum Verlag: **Roman Prager, Jens Home und Christian Netzel**. **1 Kosmos Puzzle Cassiopeia A**, gestiftet vom Kosmos Verlag: **Manfred Mendl**. **1 Buch »Welcher Stern ist das?«**, gestiftet vom Kosmos Verlag: **Ruben Stahlbaum**. **1 DVD »Extraterrestrial – Auf der Spur der Aliens«**, gestiftet von polyband Medien GmbH: **Ulf Poschmann**.

8 Ahnert 2008 (ab August): **Klaus Mischke, Samer Kassam, Günter Scholz, Ansgar Heuser, Karl-Heinz Künkler, Josef Nußbaum, Manfred Geisel und Ulrike Saher**. Als Trostpflaster versenden wir den **Zum-Nachdenken-Kugelschreiber** an: **Nils Becker, Wolfram Blendin, Günter Breitkopf, Horst Brockmann, Udo Buchner-Eysell, Walter Christ, Karl Clausecker, Ralf-Reiner Conrad, Jens Döblitz, Hans Dschida, Halit Duran, Michael Ebert, Ernst Edler v. Malyevacz, Hugo Eggers, Rolf Fischer, Peter Fischer, Martin Gläsel, Jürgen Glattkowski, Heinz Göbel, Matthias Growe, Jan Thimo Grundmann, Reiner Guse, Achim Güth, Arnold Haag, Jürgen Hampf, Dieter Hauffe, Heinrich Hauser, Ulrich Hermann, Sebastian Hetze, Franz Hofmann, Norbert Husmann, Bernhard Hußl, Thorsten Inghoff, Harald Kamper, Joachim E. Keller, Franz-Georg Knell, Hans-Peter Lange, Matthias Leinweber, Andreas Leonhardt, Anton Lichtfuß, Reinhold Lühmann, Willy Mahl, Peter Matzlik, Norbert Mayer, Kurt Motl, Sebastian Mrozek, Ulrike Neumann, Christian Overhaus, Günter Pannach, Günter Portisch, Hartmut Prange, Bernd Quednau, Fabian Reinhardt, Klaus Rohe, Alexander Schäfer, Fritz Schauer, Jürgen Schermer, Bernd Schmalfeldt, Jochen Schnichels, Stefan Schuler, Paul Joachim Schüngel, Michael Senkel, Daniel Spitzer, Klaus Stampfer, Albrecht Thiele, Achim Trutschel-Stefan, Sieglinde Übermasser, Hanno Wember, Bodo Wichert, Hans-Ulrich Wieland und Christof Zorn.**

Allen Einsendern sei hiermit gedankt für ihr anhaltendes Interesse sowie viele bemerkenswerte Lösungen. Wir gratulieren allen Gewinnern ganz herzlich und wünschen für die laufende 27. Runde viel Spaß und viel Erfolg beim Lösen! **AMQ**