



Zum Nachdenken

Lösung zu »Periheldrehung von S0-102« aus SuW 2/2013

Aufgabe 1: Die Masse des Schwarzen Lochs im Zentrum unseres Milchstraßensystems lässt sich mit Hilfe von Sternen berechnen, die es auf Keplerbahnen umkreisen. Der schnellste bekannte Stern S0-102 benötigt für einen Umlauf um das Gravitationszentrum gerade einmal $P_{102} = 11,5$ Jahre. Mit seiner großen Bahnhälbachse $a_{102} = 815$ AE verrät das dritte keplersche Gesetz $P^2 = 4 \pi^2 a^3 / (G M_{SL})$ sofort die Masse:

$$M_{SL} = \frac{4 \pi^2 a^3}{G P^2} = 8,15 \cdot 10^{36} \text{ kg} = 4,09 \cdot 10^6 M_{\odot}.$$

Das sind demnach rund 4,1 Millionen Sonnenmassen.

Aufgabe 2: Durch Einsetzen der in Aufgabe 1 berechneten Masse des Schwarzen

Lochs ergibt sich mit der angegebenen Gleichung der gesuchte Schwarzschildradius:

$$R_{SS} = 2 \frac{G}{c^2} M_{SL} = 1,21 \cdot 10^{10} \text{ m} = 0,081 \text{ AE}.$$

Zum Vergleich: Der innerste Planet Merkur umrundet unsere Sonne im mittleren Abstand von rund 0,39 AE, also in fast der fünffachen Distanz zum Schwerezentrum.

Aufgabe 3: Das Schwarze Loch im Zentrum der Galaxis eignet sich als Testgelände für die allgemeine Relativitätstheorie fernab derjenigen Zustände, die unser Sonnensystem bietet (siehe auch den Kurzbericht auf S. 30). Das Gravitationspotential der Sonne ist:

ZUM NACHDENKEN

Die Aufgabe dieses Heftes finden Sie auf Seite 28.



$$\epsilon_{\odot} = \frac{G M_{\odot}}{c^2 R_{\odot}} = 2,12 \cdot 10^{-6}.$$

Dasjenige des Schwarzen Lochs ist:

$$\epsilon_{SL} = \frac{G M_{SL}}{c^2 q_{102}} = 1,55 \cdot 10^{-4}.$$

Die beiden Raumregionen unterscheiden sich demnach um den Faktor 73 – das sind fast zwei Größenordnungen.

Aufgabe 4: Die Apsidenlinie der Umlaufbahn von S0-102 dreht sich pro Umlauf um den Winkel:

$$\delta\varphi_{102} \approx \frac{180}{\pi} \frac{6 \pi}{c^2} \frac{G M_{SL}}{a_{102} (1 - e_{102}^2)} = 0,104'' \text{ pro Umlauf} = 31,2''/a.$$

Der Orbit von S0-102 um das Schwarze Loch ist demnach weniger eine Ellipse als vielmehr eine Rosettenbahn. AMQ

Zum Nachdenken – Richtige Lösungen sandten ein:

Andrea Blomenhofer, Redwitz a. d. Rodach; Brigitte Lindner, A-Wien; Eva Ponick, Ratingen; Lisa Marie Risch, Kamp-Lintfort; Sieglinde Übermayer, A-Weikendorf; Cornelia Wiberg, Werl; Margit Zink, Wendlingen; W. Balzer, Hattlingen; G. Bauer, Farchant; M. Bauer, Wuppertal; O. Beckmann, Weyhausen; K. Beier, Reichling; B. Bernhardt, Heidelberg; J. Birke, Handelloh; L. Biroth, Bad Homburg; W. Blendin, Hünfelden-Kirberg; T. Bösl, Metten; A. Borchardt, Augsburg; G. Breitkopf, Berlin; H. Bresele, Steinach; U. Buchner-Eysell, Ettringen; R. Burgmeier, Regensburg; R. Burgstaller, CH-Niederteufen; W. Christ, Brigachtal; K. Clauseker, Möckmühl; E. Compans, Langenau; A. Dannhauer, Ilsenburg; H.-P. Distler, Henstedt-Ulzburg; J. Döblitz, Stuttgart; H. Duran, CH-Turgi; W. Dzieran, Bad Lipp-springe; M. Ebert, Erding; E. Edler v. Malyevacz, Korn-tal-Münchingen; R. Egger, CH-Adetswil; K. E. Engel, Erlangen; P. Englmaier, CH-Zürich; H. Fischer, A-Frauenkirchen; P. Fischer, Falkenstein; N. Forbrig, Lichtenstein; G. Forster, Heidelberg; A. Frey, Ginsheim; Hendrik und Volker Früh, Karlsruhe; M. Geisel, Lörrach; L. Geldmann, Ganderkesee; H. Gers, Meschede; J. Glattkowski, Gaggenau; H. Göbel, Lörrach; F. Götz, Gummersbach; M. Grasshoff, Schongau; K. Grießer, Gengenbach; J. Th. Grundmann, Bremen; A. Güth, Bad Boll; R. Guse, Peine; A. Haag, Rodgau; R. Hagelweide, Worpsswede; J. Haller, Leverkusen; J. Hampp, Erlangen; F. Hardt, Ehningen; W. Hauck, Nürnberg; D. Haufe, Frankfurt am Main; J. Haun, Bochum; F. Hauser, A-Reith bei Kitzbühl; H. Hauser, Elchingen; U. Hermann, Bubesheim; A. Heß, Offenbach/M.; A. Heuser, Euskirchen; J. Hingsammer, Altdorf; J. Hirsch, Östringen; J. Hochheim, Lutherstadt Eisleben; D. Höhne-Mönch, Mistelgau; E. Hoffmeister, Bad Honnef; D. Hollinderbäumer, München; H. Holz, Neuried; J. Holzappel, A-Möding; Th. Inghoff, Staufenberg; T. M. Jung, Türkenfeld; A. Kaczmarczyk, Brühl; J. E. Keller, Ketsch; P. Kirsch, A-Linz; L. Kirschhock, Pommelsbrunn; M. Klein, Altdorf; F.-G. Knell, Hanau; H. Knopf, Baden-Baden; K.-M. Köppl, Krefeld; H. Krambeer, Wismar; M. Kretz-

ler, Wilhelmsfeld; O. Kunze, Marburg; M. Leinweber, Wetztenberg; A. Leonhardt, Burghann; B. Leps, Berlin; R. Lühmann, Allensbach; F. Mackebrandt, Brandenburg a.d.H.; W. Mahl, Ditzingen; Ph. Mason, CH-Giubiasco; P. Matzik, Burscheid; N. Mayer, Berlin; G. Minich, Reppenstedt; K. Mischke, Gärtringen; B. Moor, CH-Basel; A. Moritz, Ehringshausen; F. Moser, Duisburg; K. Motl, Geretsried; Chr. Netzel, Aachen; A. Neumer, Ludwigshafen; Chr. Overhaus, Borken; G. Pannach, Braunschweig; M. Peters, -Traunstein; Chr. Petersen, Drochtersen; J. Piriti, H-Szepetnek; M. Plambeck, Hamburg; G. Portisch, Bretten; R. Prager, A-Gänserndorf; H. Prange, Netphen; H. Preisinger, Weimichl/Edenland; B. Quednau, Langenberg; I. Raap, Königsbrunn; J. Rahm, Münster-Sarmsheim; A. Reinders, Ravensburg; Th. Reitmann, Augsburg; Chr. Riewenherm, Leverkusen; K. Rohe, Glonn; U. Schaefer-Rolffs, Rostock; F. Schauer, Kirchzarten; F. Schechter, Berlin; F. Scherie, Ennepetal; J. Schermer, Berlin; R. H. Schertler, A-Braunau am Inn; S. Schlundt, Kiel; B. Schmalfeldt, Aumühle; R.-G. Schmidt, Recklinghausen; A. Schmuck, Hamburg; J. Schnichels, Euskirchen; G. Scholz, Essingen; Chr. Schramm, Gaimersheim; H.-J. Schreyer, Kehlbach; J. Schröder, Grevenbroich; P. J. Schüngel, CH-Regensdorf ZH; S. Schuler, Püttlingen; W. Schwarze, Ronnenberg; Th. Selmaier, Ravensburg; M. Senkel, Kirchseeon; G. Spindler, Waldshut-Tiengen; R. Spurny, A-Wien; W. Stammberger, A-Ostermie-thing; M. Stecher, Bergisch Gladbach; K. Strauß, In-golstadt; E. Streeruwitz, A-Wien; G. Teichmann, Ilme-nau; K. Teichmann, -Timmendorfer Strand; A. Thiele, Aachen; K. F. Thomsch, Hamminkeln; P. Vogt, Sörup; G. Wahl, Erolzheim; H.-G. Wefels, Duisburg; S. Weidner, Fellbach; K. Weisensee, Glauburg; B. Wichert, Neu-Wulmstorf; K. Wiedemer, Siegen; N. Würfl, Sulzbach; M. Ziegler, A-Wien; C. Zille, Georgenberg; Chr. Zorn, Kornal-Münchingen.

Insgesamt 162 Einsendungen, Fehlerquote: 0 %

Wer war's im März?

Es war Armin Otto Leuschner (gebo-ren am 16. Januar 1868 in Detroit, Michigan, gestorben am 22. April 1953 bei Berkeley, Kalifornien). Einigen Quel-len zufolge starb Leuschners Vater, als Leuschner noch nicht ein Jahr alt war, andere berichten, dass beide Eltern mit ihm in jungen Jahren nach Deutschland zurückkehrten. Sicher ist, dass er das Königliche Wilhelms-Gymnasium in Kassel besuchte und 1886 mit der Reifeprüfung abschloss. Er kehrte anschlie-ßend in die USA zurück und erhielt 1888 den Bachelor an der Universität von Michigan.

Anschließend arbeitete Leuschner zwei Jahre am Lick Observatory, wo er sich mehr und mehr mit dem dortigen Leiter Edward S. Holden zerstritt. (Angeblich war der erste Auslöser ein Versuch Leuschners, einen Vorhang in seinem Arbeitszimmer aufzuziehen.) Leuschner begann daher 1890 Mathe-matik in Berkeley zu lehren und wurde dort zwei Jahre später Assistant Pro-fessor für Mathematik. Im Jahr 1894 begann er als ordentlicher Professor in Berkeley Astronomie und Geodäsie zu

»Zum Nachdenken« im Web

Einige Tage vor der Auslieferung des gedruckten Heftes lässt sich das aktuelle »Zum Nachdenken« auf der Homepage von SuW www.sterne-und-weltraum.de als PDF finden. Ältere Fassungen: → DAS HEFT → Ausgaben-Archiv → Jahrgang → Ausgabe.

Einsendungen

■ Lösungen werden als Brief, Fax (06221 528-377) und als PDF an die E-mail-Adresse zum-nachdenken@sterne-und-weltraum.de akzeptiert. ■ Die Redaktion empfiehlt, Namen und Anschrift auf dem Lösungsblatt zu notieren. ■ Lösungen, die nach dem angegebenen Stichtag eintreffen, können leider nicht berücksichtigt werden.

Die 32. Runde

Mit dem Juni-Heft begann die neue Runde »Zum Nachdenken«. Sie endet mit der Ausgabe im Mai-Heft 2013. Löser mit mindestens neun richtigen Einsendungen nehmen an der Preisverlosung teil. Zu gewinnen sind wieder attraktive Hauptpreise (siehe rechts). Viel Spaß beim Nachdenken! AMQ

Hauptpreis der 32. Runde

Die Firma Hofheim Instruments, Hofheim, hat für die 32. Runde ihren **8-Zoll-Leichtbau-Reise-dobson** im Wert von 1080 Euro als Preis auslobt. Zusammengepackt ist es ein nur 8 Kilogramm leichtes Handgepäckstück, aufgebaut ein leistungsstarker 8-Zoll-f/4-Newton in Gitterbauweise auf einer klassischen Dobson-Montierung. Das einfach zu handhabende Gerät ist stabil und solide aus Aluminium, Edelstahl und Birke-Multiplexholz gefertigt. Aus dem umfangreichen Zubehörprogramm erhält der Gewinner Zubehör im Wert von 224 Euro: einen Leuchtpunktsucher, ein Friktionssystem, einen 1,25-Zoll-Adapter und einen Laser-Kollimator. www.hofheiminstruments.com



2. Preis

Für ambitionierte Einsteiger und Fortgeschrittene ist der **Refraktor Bresser Messier AR-102/1000** im Wert von 699 Euro geeignet. Die superstabile Montierung und die Benutzerfreundlichkeit setzen in dieser Preisklasse neue Maßstäbe. Gestiftet von Fa. Meade Instruments Europe, Rhede, Westfalen. www.meade.de

Armin Otto Leuschner

lehren. Er pausierte dann ein Jahr, um 1897 an der Universität Berlin mit einer Arbeit zur Kometenbahnbestimmung promoviert zu werden.

Nach seiner Rückkehr leitete er das Studenten-Observatorium in Berkeley, das später nach ihm benannt wurde. Im Jahr 1898 wechselte die Leitung des Lick Observatory. Der neue Leiter, James E. Keeler, richtete in Kooperation mit Leuschner Stipendien ein. Die Stipendiaten mussten auch in Berkeley arbeiten, wo sie Leuschner zu Bahnberechnungen heranzog. Zu den ersten Projekten gehörte der wissenschaftliche und finanzielle Nachlass eines von Leuschners Lehrern, James Craig Watson, der 22 Asteroiden entdeckt und die Daten 1901 an Berkeley vererbt hatte.

Im Ersten Weltkrieg arbeitete Leuschner auch als militärischer Berater; er initiierte bei der Marine ein Lehrprogramm zur Navigation und arbeitete auch im Bereich der chemischen Kriegsführung.

Das wichtigste Thema in Leuschners wissenschaftlicher Arbeit war und blieb jedoch bis zu seiner Emeritierung 1938 die Berechnung der Bahnen von Asteroi-



Astronomical Society of the Pacific

den, wobei ihm besonders der Asteroid (132) Aethra Kopfzerbrechen bereitete; Leuschner initiierte eine Suche, welche der Himmelskörper 1922 nach neun Jahren wieder zutage förderte.

Leuschner war auch Wissenschaftsmanager. Er wurde Gründungsmitglied der Astronomical Society of the Pacific und erhielt 1936 die Bruce Medal in Gold. A.L.

Kreuzwörtertsel

Lösung aus SuW 2/2013: Curiosity

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

Gewinner aus Heft 2/2013

Gewinnspiel: Buch »Kann das alles Zufall sein«: Rolf Schlee, 66386 St. Ingbert. 161 richtige, 4 falsche Einsendungen. Lösung: 1c, 2a, 3a.

Wer war's: Buch »Wie ich Pluto zur Strecke brachte«: Herbert Kuhl, 56112 Lahnstein; Patrick Schmeer, 66132 Saarbrücken; Frank Rasche, 85774 Unterföhring. 83 richtige Einsendungen.

Kreuzwörtertsel: *Kopernikus-Planetarium* von AstroMedia: Frank Bauer, 77886 Lauf. 75 richtige Einsendungen.

Herzlichen Glückwunsch!