



# Zum Nachdenken

## Lösung der Aufgabe »Ionenantrieb« aus dem Dezember-Heft 2010

**Aufgabe 1:** Zur Ermittlung einer Kreisbahn mit Radius  $r$  von derselben Energie wie eine Ellipsenbahn mit Perigäum  $q$  und Apogäum  $Q$  betrachtet man zunächst den Energiesatz für die Ellipse:

$$E_{\text{kin},q} + E_{\text{pot},q} = E_{\text{kin},Q} + E_{\text{pot},Q} \quad (1)$$

Einsetzen und Division durch  $m/2$  ergibt:

$$v_q^2 - 2GM/q = v_Q^2 - 2GM/Q \quad (2)$$

Mit Hilfe von  $v_q q = v_Q Q$  beziehungsweise  $v_Q = v_q (q/Q)$  folgt daraus:

$$v_q^2 = 2GM(Q/q)/(Q+q) \quad (3)$$

Für die Gesamtenergie  $E_{\text{gr}}$  der Kreisbahn lässt sich schreiben:

$$E_{\text{gr}} = E_{\text{kin},r} + E_{\text{pot},r} = \frac{1}{2} m v^2 - GmM/r.$$

Mit  $r F_G = GmM/r = m \omega^2 r^2 = m v^2$  folgt daraus:

$$E_{\text{gr}} = -\frac{1}{2} GmM/r \quad (4)$$

Da die Gesamtenergie von Kreisbahn und Ellipse gleich sein soll, gilt auch:

$$E_{\text{gr}} = E_{\text{gq}} = E_{\text{kin},q} + E_{\text{pot},q} = \frac{1}{2} m v_q^2 - GmM/q.$$

Dies wird mit Hilfe von (3) nach Division durch  $GmM/2$  zu:

$$-1/r = 2(Q/q)/(Q+q) - 2/q$$

und führt nach kurzer Umformung auf:

$$r = (Q+q)/2.$$

Der Radius  $r$  einer Kreisbahn mit gleicher Gesamtenergie wie eine Ellipsenbahn entspricht demnach deren großer Halbachse  $a$ , denn es gilt:  $Q+q = 2a$ . Für den Fall des Kommunikationssatelliten AEHF-1 findet sich:  $r = 26684$  km.

### ZUM NACHDENKEN

Die Aufgabe dieses Heftes finden Sie auf Seite 28.



**Aufgabe 2:** Verwendet man eine mittlere konstante Satellitenmasse von  $m = 4000$  kg zur Abschätzung der Energie, die für die Platzierung des Satelliten auf die geostationäre Bahn erforderlich ist, so gilt:

$$\Delta E = E_{g,r_g} - E_{g,r}.$$

Gleichung (4) lässt sich auf beide Radien anwenden, und so findet man:

$$\Delta E = \frac{1}{2} GmM(1/r - 1/r_g) = 1,1 \cdot 10^{10} \text{ J}.$$

**Aufgabe 3:** Die von den Solarzellen in der Zeit  $\Delta t = 10 \text{ mon} \cdot 30 \text{ d/mon} \cdot 10 \text{ h/d} \cdot 3600 \text{ s} = 10,7 \text{ Mio. s}$  bereitgestellte Energie ist:

$$\Delta E_S = P \Delta t = 4,9 \cdot 10^{10} \text{ J}.$$

Das Ionenantriebswerk erhält demnach genug Energie, um die geosynchrone Umlaufbahn zu erreichen. AMQ

## Zum Nachdenken – Richtige Lösungen sandten ein:

Birgit Selhofer, A-Wien; Margit Zink, Wendlingen; S. Albrecht, Ludwigshafen; G. Bauer, Farchant; M. Bauer, Wuppertal; K. Beier, Reichling; J. Birke, Handeloh; A. Borchardt, Augsburg; G. Breitkopf, Berlin; H. Bresele, Steinach; R. Burgstaller, CH-Niederteufen; W. Christ, Brigachtal; K. Clausecker, Möckmühl; J. Döblitz, Stuttgart; A. M. Dufter, Inzell; H. Duran, CH-Turgi; M. Ebert, Erding; E. Eder v. Malyevacz, Korntal-Münchingen; R. Egger, CH-Wetzikon; E. Erhardt, Jülich; N. Forbrig, Lichtenstein; G. Forster, Heidelberg; M. Geisel, Lörrach; L. Geldmann, Ganderkesee; J. Glatkowski, Gaggenau; H. Göbel, Lörrach; M. Grasshoff, Schongau; U. Greif, Neustadt; K. Grießer, Gengenbach; J. Gruber, Gundelfingen; J.-Th. Grundmann, Bremen; A. Güth, Bad Boll; R. Guse, Peine; A. Haag, Rodgau 6; J. Haller, Leverkusen; W. Hauck, Nürnberg; D. Hauffe, Frankfurt am Main; J. Haun, Bochum; F. Hauser, A-Reith bei Kitzbühl; H. Hauser, Elchingen; U. Hermann, Bubesheim; A. Heuser, Euskirchen; J. Hingsammer, Altdorf; J. Hochheim, Lutherstadt Eisleben; E. Hoffmeister, Bad Honnef; F. Hofmann, Hannover; B. Hubl, A-Nußbach; Th. Inghoff, Staufenberg; T. M. Jung, Türkenfeld; S. Kassam, Frankfurt/M.; M. Kaufmann, Wetter; J. E. Keller, Ketsch; P. Kirsch, A-Linz; L. Kirschhock, Sulzbach-Rosenberg; F.-G. Knell, Hanau; H. Knopf, Baden-Baden; M. Kretzler, Wilhelmsfeld; O. Kunze, Marburg; P. Lampl, A-Bad Gleichenberg; H.-P. Lange, Massenhausen; J. Lange, Hamm; M. Leinweber, Wetztenberg; J. Lenhardt, Bad Dürkheim; A. Leonhardt, Burgthann; R. Lühmann, Allensbach; M. Maat, Schalksmühle; W. Mahl, Ditzingen; S. Marwinski, Königs-

winter; P. Matzik, Burscheid; N. Mayer, Berlin; R. Melcher, Karlsruhe; M. Mendl, Grafing b. München; G. Minich, Reppenstedt; K. Mischke, Gärtringen; B. Moor, CH-Basel; A. Moritz, Ehringshausen; F. Moser, Duisburg; R. Moser, W-Landshut; K. Motl, Geretsried; Chr. Netzel, Aachen; Chr. Overhaus, Borken; G. Pannach, Braunschweig; J.-F. Pittet, Weyarn; W. Porges, A-Wien; G. Portisch, Bretten; R. Prager, A-Gänsersdorf; H. Prange, Netphen; H. Preisinger, Weihmichl / Edenland; A. Reinders, Ravensburg; F. Reinhardt, Fischen; F. Remmers, -Großenaspe; Chr. Riewenherm, Leverkusen; K. Rohe, Glonn; A. Schäfer, Steinheim/Murr; F. Schauer, Kirchzarten; F. Schechter, Berlin; F. Scherie, Ennepetal; J. Schermer, Berlin; R. H. Schertler, A-Braunau am Inn; M. Schiffer, Überlingen; J. Schlickeisen, Hamburg; S. Schlundt, Kiel; B. Schmalfeldt, Aumühle; R.-G. Schmidt, Recklinghausen; G. Scholz, Essingen; P. J. Schüngel, CH-Regensdorf ZH; S. Schuler, Püttlingen; O. Schwarz, Prien am Chiemsee; M. Senkel, Kirchseeon; U. Seydel, Langenlupsdorf; R. Spurny, A-Wien; M. Stecher, Bergisch Gladbach; S. Steuck, Düsseldorf; K. Strauß, Ingolstadt; E. Streeruwitz, A-Wien; M. Ströhmer, Mittenwalde; G. Teichmann, -Ilmenau; A. Thiele, Aachen; R. Thiemann, A-Wels; 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, Salzbach; M. Ziegler, A-Bruckneudorf; C. Zille, Georgenberg; W. Zuzmach, Augsburg.

Insgesamt 130 Einsendungen, Fehlerquote: 0%

## Wer war's im Januar?

Es war Clyde Tombaugh (geboren am 4. Februar 1906 in Streator, Illinois; gestorben am 17. Januar 1997 in Las Cruces, New Mexico). Tombaughs Eltern waren Farmer. Nach einem Unwetter, das den Hof zerstörte, zog die Familie 1922 nach Burdett, wo sie sich eine neue Existenz aufbaute und Tombaugh die High School besuchte. Im Jahr 1929 wurde er von Vesto M. Slipher, dem Nachfolger Lowells in dessen Sternwarte in Flagstaff im US-Bundesstaat Arizona, angestellt, um Lowells Suche nach einem Planeten jenseits von Neptun durchzuführen. Er entdeckte diesen Planeten tatsächlich am 18. Februar 1930 auf Fotoplatten.

Der Himmelskörper wurde in der Folge – auch in Reminiszenz an die Initialen von Percival Lowell – Pluto getauft. Es zeigte sich jedoch, dass Pluto zwar eine ähnliche Exzentrizität und Bahnneigung besitzt wie von Lowell angenommen, aber viel kleiner ist als gedacht. So ist es umstritten, ob der Fund Tombaugh auf einer glücklichen Fügung beruht, weil in Lowells Messwerten der Massen und der

## »Zum Nachdenken« im Web

Einige Tage vor der Auslieferung des gedruckten Heftes lässt sich das aktuelle »Zum Nachdenken« auf der Homepage von SuW [www.astronomie-heute.de](http://www.astronomie-heute.de) als PDF finden. Ältere Fassungen: → DAS MAGAZIN → Magazin-Archiv → Jahr.

## Einsendungen

■ Lösungen werden als Brief, Fax (0 62 21-5 28-2 46) und als PDF an die E-mail-Adresse [zum-nachdenken@astronomie-heute.de](mailto:zum-nachdenken@astronomie-heute.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 30. Runde

Im Juni-Heft begann die aktuelle Runde »Zum Nachdenken«. Sie endet mit der Aufgabe im Mai-Heft 2011. 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 30. Runde

Die Firma Hofheim Instruments, Hofheim, hat erneut ihren **12-Zoll-Leichtbau-Reise-dobson** im Wert von 2140 € als Preis ausgelobt. Als Weiterentwicklung seines Vorgängers weist dieses Gerät eine deutlich verbesserte Stabilität auf. Es lässt sich ganz leicht zerlegen und wieder aufbauen. Im Transportzustand füllt der leistungsstarke 12-Zoll-f/5-Newton in Gitterbauweise auf seiner klassischen Dobson-Montierung zwei handliche Trageboxen. Das aufgebaute Teleskop besitzt eine Masse von zwölf Kilogramm. Das Gerät ist stabil und solide aus Aluminium, Edelstahl und Birke-Multiplexholz gefertigt. [www.hofheiminstruments.com](http://www.hofheiminstruments.com)



## 2. Preis

Beobachtungsergebnisse der besonderen Art gestattet das **14-Millimeter-Weitfeldokular** mit 100 Grad Gesichtsfeld und Stickstofffüllung von Explore Scientific im Wert von 439 Euro, gestiftet von Fa. Meade Instruments Europe, Rhede, Westfalen. [www.meade.de](http://www.meade.de)

## Clyde Tombaugh

Bahnen von Neptun und Uranus, die seinen Rechnungen zu Grunde lagen, ein gehöriger Messfehler steckte.

Tombaugh studierte in den folgenden Jahren an der Universität von Kansas und lehrte ab 1943 Physik in Flagstaff. Im Jahr 1945 wurde er Gastdozent an der University of California in Los Angeles und zog im folgenden Jahr nach Las Cruces in New Mexico, um in den »White Sands Proving Grounds« an der Fotografie von militärischen Flugkörpern zu arbeiten; er leitete hierzu unter anderem eine Forschungsstelle. Der breiteren Öffentlichkeit wurde er in dieser Zeit durch seine angeblichen Sichtungen von UFOs bekannt.

Im Jahr 1953 startete er die Suche nach weiteren natürlichen Erdtrabanten, die »Near Earth Satellite Search«. Im Zuge dieser Suche kam er als Professor an die New Mexico State University. Parallel startete er hier seine fotografische »Planet Patrol« zu Merkur, Venus, Mars, Jupiter und Saturn, die er bis zu seiner Emeritierung fortführte. Er wurde 1970 zum Gründervater des Astronomie-Departments an der New Mexico State University, wo er 1973

emeritiert wurde. Dass »sein« Pluto 2006 vom Planeten zum Zwergplaneten herabgestuft wurde, erlebte Tombaugh nicht mehr; er starb 1997 fast 91-jährig in Las Cruces. A.L.



**Der Entdecker von Pluto, Clyde Tombaugh (1906 – 1997), ist hier in jungen Jahren vor dem Eingang der Astrografen-Kuppel des Lowell Observatory zu sehen.**

## Kreuzworträtsel

Lösung aus SuW 12/2010: Transparenz

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

## Gewinner aus Heft 12/2010

**Gewinnspiel:** Buch »Physik ohne Ende...«: Silvia Kowalski, 44149 Dortmund. Insgesamt 158 richtige Einsendungen und 4 falsche. Richtige Antwort: 1a, 2c, 3b.

**Wer war's:** Buch »Ahnerts Astronomisches Jahrbuch 2011«: Peter Musch, 88353 Kißlegg; Frank Rasche, 85774 Unterföhring; Belinda Steinacker-Beck, 68775 Ketsch. Insgesamt 79 richtige Einsendungen.

**Kreuzworträtsel:** 16-mm-Okular von Meade: Marlene Brinkmann, 57319 Bad Berleburg. 130 richtige Einsendungen.

Herzlichen Glückwunsch!