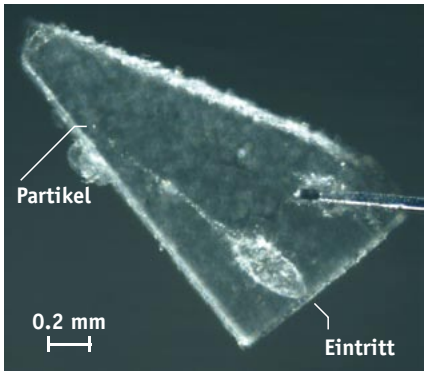
Kometenstaub und Aerogel

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

Nach erfolgreicher Rückkehr vom Kometen Wild 2 und fast sieben Jahren Flug gelang der Probenkapsel der NASA-Sonde STARDUST die planmäßige Landung am 15. Januar, 2:10 Uhr Pazifikzeit (11:10 MEZ), wie unter **stardust.jpl.nasa.gov** ausführlich berichtet wird, in den Desert Salt Flats des Utah Test and Training Range der U.S. Air Force. Von dort ging es per Helikopter zum Dugway Proving Ground, Utah, der U.S. Army.

Die Kapsel enthielt einen Probenkanister, der in einem Gebäude der dortigen Michael Army Air Fields in einem eigens dafür errichteten Cleanroom entnommen und zur permanenten Spülung mit extrem reinem Stickstoffgas in einen Transportbehälter umgesetzt wurde. Dann endlich wurde der Kanister zur wissenschaftlichen Auswertung zum Johnson Space Center der NASA in Texas gebracht.

Mittlerweile sind die ersten Bilder kometarer Staubpartikel veröffentlicht, wie auf Seite 30 in diesem Heft und in obiger Abbildung zu sehen.



Ein keilförmiger Ausschnitt des STARDUST-Aerogels mit Einschlagspur und Staubteilchen am Ende der Spur. Von rechts ragt ein Haltestab ins Bild.

Aerogel ist ein Material extrem geringer Dichte. Es wurde 1931 in einem College in Kalifornien erfunden und in den vergangenen Jahren vom Jet Propulsion Laboratory (JPL) weiterentwickelt. Sein Hauptbestandteil ist Siliziumdioxid, SiO_2, welches am Ende des Herstellungsprozesses in einer äußerst fluffigen Struktur erstarrt. Die STARDUST-Aerogeltargets weisen Gels mit Dichten ϱ_{Gel} zwischen $\varrho_0 = 10$ mg/cm³ und $\varrho_1 = 50$ mg/cm³ auf. Auf Seite 12 ist ein Bild eines am Ende einer Einschlagspur gefundenen Körnchens (engl. grain) abgedruckt. Bei den meisten der mittlerweile präparierten Körnchen handelt sich offenbar um das Mineral Olivin. Die mittlere Dichte von Olivin liegt bei $\varrho_g = 3.32$ g/cm³.

Die Differenzgeschwindigkeit zwischen den Wild 2 entkommenen Staubpartikeln und STARDUST betrug $v_0 = 6.1$ km/s. In das Aerogeltarget eintretende Teilchen erzeugen eine Schockwelle, die das Aerogel kompaktifiziert und nahe dem Eintrittspunkt eine karottenförmige Kraterstruktur erzeugt. Der unter [1] beschriebene Formalismus prognostiziert die Länge des

Lösung der Aufgabe aus dem März-Heft 2006

Aufgabe 1: Die Zahl N_P der seit Bildung des Milchstraßensystems entstandenen Pulsare ist: $N_P = n_P\,\tau_M = 10^8$. Dann ist die von den Pulsaren ausgestoßene Energie E_P: $E_P = \dot{E}_P\,N_P\,\tau_M = ½\,\dot{E}_P\,N_P\,\tau_B = 2.2\;10^{67}$ eV. Unter der Annahme, dass diese Energie durch Dissipation in der Galaxis verblieb, ergibt sich die Energiedichte ε_{KS} zu:

$$\varepsilon_{KS} = E_P/V_G = 1.1\ \text{eV/cm}^3,$$

wobei das Volumen der Galaxis zu $V_G = \pi\,R_M^2\,D_M = 7.07\;10^{11}\ \text{pc}^3 = 2.08\;10^{67}\ \text{cm}^3$ angenommen wurde.

Zusatzaufgabe: Die erste Integration ergibt die von der Energie abhängige Teilchenzahl $N(E)$:

$$N(E) = \int F'\,dE = F'_P\,E_P\,(E/E_P)^{\gamma_i+1}/(\gamma_i+1).$$

Die Gesamtenergie E_{ges} folgt aus:

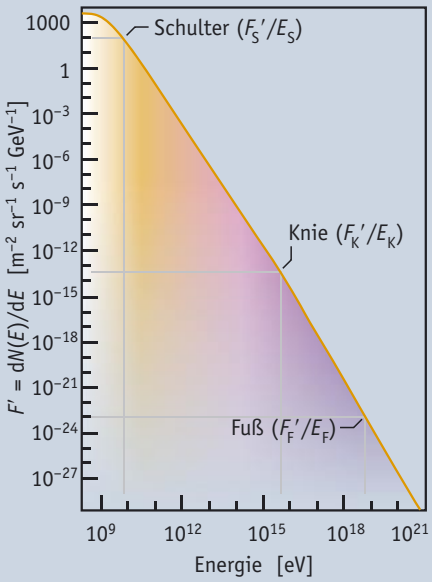
$$E_{ges} = \int N(E)\,dE = 4\,\pi\,(|E_1| + |E_2|).$$

Dabei ist:

$$E_{1/2} = \left[\frac{F'_{K/F}\,E_{K/F}^{\,2}}{(\gamma_{1/2}+1)(\gamma_{1/2}+2)}\left(\frac{E}{E_K}\right)^{\gamma_{1/2}+2}\right]_{E=E_{S/K}}^{E=E_{K/F}}$$

die in den Abschnitten 1 und 2, also zwischen Schulter und Knie, bez. zwischen Knie und Fuß steckende Energie. Die Gesamtenergie von Teilchen, deren Energien jenseits dieser Grenzen liegen, lässt sich vernachlässigen. Nach Einsetzen der Grenzen ergibt sich die Energiedichte ε_K schließlich zu:

$$\varepsilon_K = E_{ges}/c = 0.37\ \text{eV/cm}^3.$$



Die gemessene differentielle Flussdichte der Kosmischen Strahlung in Abhängigkeit von der Teilchenenergie.

Aufgabe 2: Unter Berücksichtigung der angegebenen Beziehungen folgt sofort:

$$\varepsilon_{Ph} = h\,n_{10}\,N_H\,f_{10}\,\Delta\lambda/\lambda_{Ph}.$$

Setzt man nun noch alle Werte ein, so ergibt sich die Energiedichte des von den Sternen stammenden Photonenfeldes:

$$\varepsilon_{Ph} = = 0.2\ \text{eV/cm}^3.$$

Aufgabe 3: Mit Hilfe der angegebenen Gleichung findet man nach Einsetzen der angegebenen Werte die Energiedichte des galaktischen Magnetfeldes zu:

$$\varepsilon_M = ½\,\mu_0^{-1}\,B^2 = 0.62\ \text{eV/cm}^3.$$

Aufgabe 4: Die Kosmische Hintergrundstrahlung ergibt sich laut Anleitung zu:

$$\varepsilon_{3K} = a\,T_{3K}^4 = 0.26\ \text{eV/cm}^3.$$

Aufgabe 5: a) Der prozentuale Massenzuwachs μ_{Hg} des Quecksilberatoms ist:

$$\mu_{Hg} = 100\,\%\,\Delta m_{Hg}/m_{Hg} = 2.6\;10^{-9}\,\%.$$

mit $\Delta m_{Hg} = 4.85\ \text{eV}/c^2$ und $m_{Hg} = 200\,m_P$.

b) Entsprechend gilt für die Delta-Resonanz $\Delta(1232)$:

$$\mu_\Delta = 100\,\%\,\Delta m_\Delta/m_\Delta = 31.3\,\%$$

und

$$\mu_{D13} = 100\,\%\,\Delta m_{D13}/m_{D13} = 62.1\,\%.$$

Der Vergleich sämtlicher Ergebnisse zeigt, dass die eingangs der Aufgabenstellung getroffene Behauptung, die Energiedichten hätten vergleichbare Größen, tatsächlich zutrifft. AMQ

Richtige Lösungen sandten ein:

Eva Ponick, D-38678 Clausthal-Zellerfeld; Ulrike Saher, D-40629 Düsseldorf; Katrin Stauch, D-01640 Coswig; Sieglinde Übermasser, D-2253 Weikendorf; M. Baldus, D-59519 Möhnesee; W. Blendin, D-65597 Hünfelden-Kirberg; A. Borchardt, D-86356 Neusäß/OT Steppach; G.

Abbremspfades L_T nach Eichung mit Aerogels unterschiedlicher Dichte zu: $L_T = \lambda \ln(v_0/v_c)$. Dabei ist der Parameter λ gegeben durch: $\lambda = C_d^{-1}\, {}^4/_3\, (\varrho_g/\varrho_{Gel})\, r_g$. Mit C_d beschreiben die Autoren eine mögliche zusätzliche Abbremsung, etwa aus der Form des Projektils. Für die beobachteten Fälle setzen sie ihn gleich 1. Das Teilchen kann sich in dem Aerogel solange weiterbewegen, wie die für das Zerbrechen kritische Geschwindigkeit v_c nicht unterschritten wird. Sie folgt aus der Gleichung $P_c = ½\, \varrho_{Gel}\, v_c^2$. Der Druck, dem das Aerogel standhalten kann, ist P_c. Aus Messungen folgt: $P_c(\varrho_{Gel}) = 6\, (\varrho_{Gel}/(14\ \mathrm{mg/cm^3}))^{2.04}$ kPa.

Aufgabe: Man berechne den Radius r_g des des Partikels, welches die $L_T = 1.26$ mm lange Spur in der Abbildung erzeugt hat, unter der Annahme, es handele sich um Olivin, für die beiden Geldichten ϱ_0 und ϱ_1.

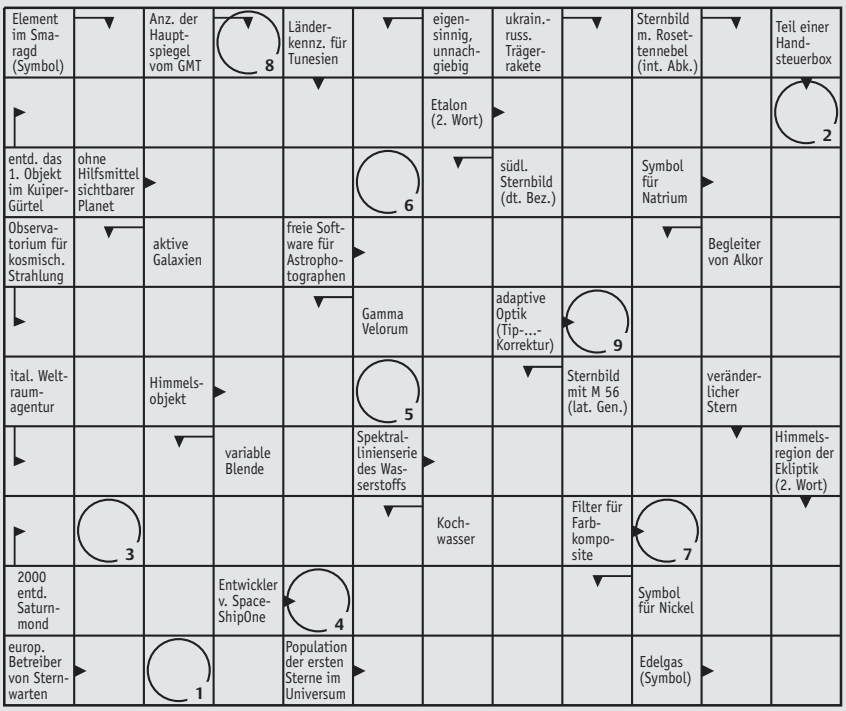
AXEL M. QUETZ

Literatur

[1] **Gerardo Domínguez, Andrew J. Westphal, Steven M. Jones, Mark L. F. Phillips:** Energy loss and impact cratering in aerogels: theory and experiment. Icarus 172, S. 613–624 (2004).

Kreuzworträtsel

VON FRED GOYKE



Lösung des Kreuzworträtsels aus SuW 3/2006

```
  BP   B A CT
KERN O NACHT
  A POST DEL
VOGEL PAV R
 R TAU R AMU
LBT N LEONOV
 I ECHUS T
 TANK N PUCK
CETI LAKI AP
 R FLARE PSC
```

Kreuzworträtsel. Die eingekreisten Buchstaben bilden ein Lösungswort. Unter allen, die dieses Lösungswort bis zum **15. Mai** auf einer Postkarte an die *Redaktion* einsenden, verlosen wir ein Bresser Sirius 70/900, gestiftet von Fa. Meade, mit azimutaler Montierung, Alustativ, Zenitspiegel, 2fach-Barlow-Linse, Zubehör-Ablage, Astrosoftware, Sucherfernrohr sowie 3 Okularen. *Viel Spaß beim Knobeln!*

Die Lösung des Kreuzworträtsels in Heft 3/2006 lautet: **Vollmond.** Der glückliche Gewinner des Refraktors Bresser Sirius 70/900 (bei 115 richtigen Einsendungen) ist: **Michael Senkel,** Winibaldstr. 22, D-82515 Wolfratshausen. *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 25. Runde

Mit der Aufgabe im Juni-Heft 2005 begann die 25. Runde *Zum Nachdenken*. Alle Löser mit wenigstens neun richtigen Einsendungen aus den zwölf bis inklusive Mai 2006 erscheinenden Aufgaben in »Zum Nachdenken« werden bei der Verlosung im Sommer 2006 berücksichtigt. Zu gewinnen gibt es u.a. Freiabos und als attraktiven Hauptpreis ein Meade DS-2070AT im Wert von 299 €, gestiftet von Fa. Meade Instruments Europe. Viel Spaß beim Nachdenken und viel Erfolg beim Lösen! *AMQ*

Hauptpreise

Mit dem **Coronado PST** ist Sonnenbeobachtung für Jedermann möglich. Der 40-mm-Refraktor im Wert von 629 € enthält einen gekapselten Hα-Filter mit der Halbwertsbreite von besser als einem Ångström, mit dem sich die Sonnenoberfläche im Licht der Wasserstofflinie erkunden lässt. Das Öffnungsverhältnis des Geräts ist *f*/10. Optional sind ein Tischstativ und zum optimalen Schutz des PST auch ein stabiler Transportkoffer erhältlich. Gestiftet von Fa. Meade Instruments Europe, **www.meade.de**.

Das **7×50-Fernglas New Ascot** von Vixen im Wert von 169 € besitzt multivergütete Objektive und Okulare für hohen Bildkontrast, BaK4-Porro-Prismen für hohe Bildschärfe sowie asphärische Optik für geringe Verzeichnung und hohe Randschärfe. Die Austrittspupille beträgt 7.1 mm, das Gesichtsfeld 6°.4. Serienmäßiger Stativanschluss. Tragetasche, Riemen und Deckel sind im Lieferumfang enthalten. Gestiftet von Fa. Vixen Europe, **www.vixen-europe.com**.

Breitkopf, D-13156 Berlin; H. Brockmann, D-78315 Radolfzell; K. Clausecker, D-74219 Möckmühl; R.-R. Conrad, D-31275 Lehrte; A. Dannhauer, D-38871 Ilsenburg; 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; R. Fischer, D-50858 Köln; G. Forster, D-69120 Heidelberg; M. Geisel, D-79540 Lörrach; H. Göbel, D-79540 Lörrach; 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. Hampp, D-91056 Erlangen; D. Hauffe, D-60431 Frankfurt am Main; A. Heuser, D-53879 Euskirchen; F. Hofmann, D-01069 Dresden; 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; L. Kirschhock, D-92237 Sulzbach-Rosenberg; Chr. Kleinschmidt, D-53229 Bonn; E. Köneke, D-34121 Kassel; K.-M. Köppl, D-47805 Krefeld; S. Laudwein, D-33615 Bielefeld; 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; P. Matzik, D-51399 Burscheid; N. Mayer, D-12205 Berlin; M. Mendl, D-85567 Grafing b. München; F. Moser, D-47167 Duisburg; K. Motl, D-82538 Geretsried; S. Mrozek, D-25358 Horst; Chr. Netzel, D-52080 Aachen; M. Otte, D-59558 Lippstadt; Chr. Overhaus, D-46325 Borken; J.-F. Pittet, D-88677 Markdorf; G. Portisch, D-75015 Bretten; R. Prager, A-2230 Gänserndorf; H. Prange, D-57250 Netphen; K. Rohe, D-85625 Glonn; 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; P. J. Schüngel, CH-8105 Regensdorf ZH; M. Senkel, D-85614 Kirchseeon; R. Stahlbaum, D-38124 Braunschweig; A. Stefanescu, D-80807 München; A. Thiele, D-52066 Aachen; G. Tyczkowski, D-47057 Duisburg; G. Wahl, D-88453 Erolzheim; H.-G. Wefels, D-47239 Duisburg; H. Wember, D-22525 Hamburg; A. Wendt, D-69488 Birkenau; R. Wetzel, D-49076 Osnabrück; B. Wichert, D-21629 Neu Wulmstorf; G. Woysch, D-70435 Stuttgart; Chr. Zorn, D-70825 Korntal-Münchingen; W. Zumach, D-86163 Augsburg.

Insgesamt 80 Einsendungen, Fehlerquote: 0 %.