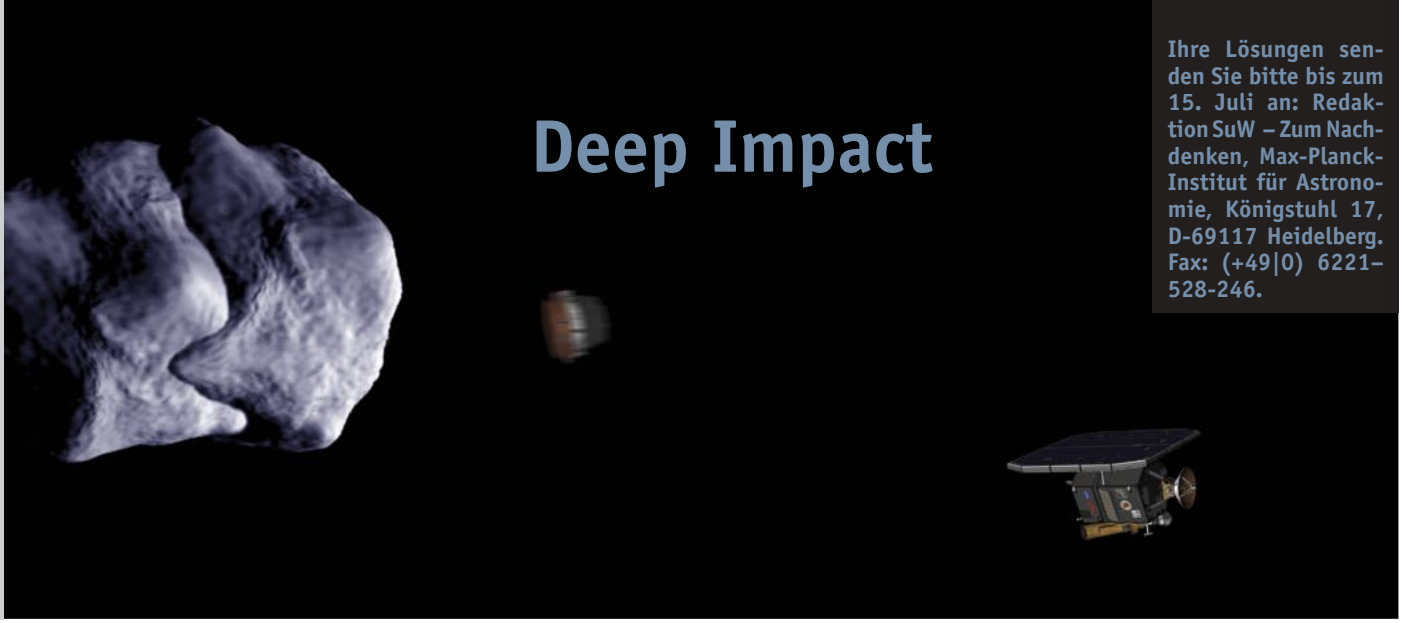
Deep Impact



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

Der Name hat Methode: Die erst am 12. Januar gestartete Kometensonde soll mit Hilfe eines mitgeführten Impaktors auf dem Kern des Kometen Tempel 1 einen »Deep Impact« durchführen und bei der Kollision einen Krater schlagen. Siehe dazu auch den Brennpunkt-Bericht von Tilmann Althaus auf Seite 10 in diesem Heft.

Der abgetrennte Teil, der einen Meter durchmessende Impaktor, besitzt die Gesamtmasse $m = 372$ kg und führt 113 kg Totgewicht in Form von Kupfer mit. Er verfügt über ein eigenes Manövertriebwerk samt zugehöriger autonomer Regelung mit Hilfe eines 12-cm-Teleskops und $m_T = 8$ kg Treibstoff. Der Einschlag wird *das* Ereignis sein: Alle Teleskope der Welt, darunter auch alle Großteleskope der Eso inklusive aller vier 8-m-Teleskope des VLT, und mehrere Satellitenobservatorien, unter ihnen das Hubble Space Telescope, sollen den Einschlag und seine Folgen beobachten.

Abb. 1: Am 4. Juli 2005 soll das von Deep Impact abgetrennte Einschlagsteil, der Impaktor, mit dem Kometen 9P/Tempel 1 kollidieren. (Rendering: SuW)

Aufgabe 1: a) Die Differengeschwindigkeit Δv zwischen Tempel 1 und Impaktor

Lösung der Aufgabe aus dem Mai-Heft 2005

Aufgabe 1: Das Gamma-Spektrometer Helicon an Bord von Coronas-F befand sich am 27.12.2004 vom Soft-Gamma-Repeater SGR 1806-20 aus betrachtet im Erdschatten. Dennoch konnte es eine Flussdichte $F_H = 7.5\ 10^{-14}$ J/cm^2 messen von Röntgenstrahlung, die vom Mond reflektiert worden war. Bei der Distanz zwischen Mondoberfläche und Coronas-F von etwa $r = 3.8\ 10^8$ m betrug die gesamte vom Mond reflektierte Energie E_M dann:

$$E_M = 2\,\pi\,r^2\,F_H = 6.8\ 10^8\ \text{J}.$$

Aufgabe 2: Durch einen bedauerlichen Irrtum wurde in der Aufgabenstellung die Energie eines kleinen Vorblitzes angegeben. Die tatsächliche Flussdichte war so hoch, dass sie alle Röntgen- und Gammadetektoren an Bord der Satellitenobservatorien in Sättigung brachte und somit eine zuverlässige Messung mit ihnen nicht möglich war. Nur mit der Hilfe von Partikeldetektoren an Bord der Sonden Rhessi und Wind konnte die Flussdichte des Hauptblitzes bestimmt werden. Danach erreichte den Satelliten Integral vom Soft-Gamma-Repeater die Flussdichte: $F_K = 1.36\ 10^{-7}$ J/cm^2. Die von der Erdatmosphäre aufgesammelte Energiemenge betrug dann mit $r_E = 6378$ km:

$$E_E = \pi\,r_E^2\,F_K = 1.74\ 10^{11}\ \text{J}.$$

Obwohl innerhalb von weniger als einer Sekunde aus einer Distanz von etwa 50 000 Lj ausgesandt und deshalb geometrisch entsprechend verdünnt, ist die Energiemenge ebenso groß wie die Menge elektrischen Stroms, den die beiden Kraftwerksblöcke Biblis A und B ($P_{el} = 2.5$ GW) innerhalb von etwa 70 Sekunden zur Verfügung stellen können.

Aufgabe 3: Die vom Mond empfangene Energie $E_{M,direkt}$ lässt sich aus der für Integral bestimmten Flussdichte F_K ermitteln, indem man mit dem Verhältnis der Querschnittsflächen von Mond und Erde skaliert:

$$E_{M,direkt} = (r_M/r_E)^2\,E_E = \pi\,r_M^2\,F_K = 1.29\ 10^{10}\ \text{J}.$$

Daraus folgt sofort das gesuchte Verhältnis von eingestrahlter zu reflektierter Energie:

$$E_M/E_{M,direkt} = 0.053.$$

Die aus diesem Ergebnis gefolgerte Röntgenalbedo des Mondes bei wenigen Hundert keV Photonenenergie liegt demnach bei etwa 5 Prozent.

Aufgabe 4: Der Astronaut mag nicht größer sein als 2 m, nicht breiter als 50 cm und soll eine Masse $m = 75$ kg besitzen. Dann ist seine Sammelfläche $A_A = 1$ m^2. Daraus folgt eine durch den Magnetarblitz verursachte biologische Äquivalentdosis $D_Ä$ von:

$$D_Ä = 100\ (A_A\,F_K/m)\ (\text{kg/J})\ \text{rem} \simeq 0.002\ \text{rem} = 0.02\ \text{mSv}.$$

Dies liegt deutlich unterhalb der angegebenen Schwelle und auch deutlich unterhalb der natürlichen jährlichen mittleren Belastung in Deutschland (2.1 mSv) und sollte den Astronauten an Bord der ISS nicht geschadet haben.

Aufgabe 5: Wäre die Quelle statt $d = 50\,000$ Lj nur $d' = 10$ Lj entfernt gewesen, so hätte man hier die $(d/d')^2 = 25$ Mio. fache Flussdichte beobachten können. Damit wäre die Strahlenbelastung für die ISS-Besatzung auf:

$$D_Ä' = 2.5\ 10^7 \cdot 0.002\ \text{rem} = 50\,000\ \text{rem}$$

angestiegen und hätte zum sofortigen Tode geführt (ab 300 rem rechnet man mit einer Todesrate von 100 %).

Zusatzaufgabe: Die beobachtete Laufzeitdifferenz Δt zwischen Wind/Konus und Coronas-F deutet wegen $c\,\Delta t = 0.015$ AE darauf hin, dass sich die Quelle etwa in Richtung Sonne befunden haben muss. Abweichende Richtungen hätten eine kürze Laufzeitdifferenz ergeben. AMQ

liegt bei $\Delta v = 10.2$ km/s. Welche kinetische Energie wird bei dem Einschlag auf dem Kometen deponiert? **a)** Welcher Menge TNT-Sprengstoff W entspricht diese Energie? 1 kg TNT ist äquivalent der Energie $4.184\,10^6$ J.

Aufgabe 2: Um welchen Wert wird die Bahngeschwindigkeit von Tempel 1 durch den Einschlag geändert? Der Kometenkern von der Form eines triaxialen Ellipsoids besitzt die Größe $14.4 \times 4.4 \times 4.4\,\mathrm{km}^3$ und habe die mittlere Dichte $\varrho = 1\,\mathrm{g/cm}^3$.

Zusatzaufgabe: Man schätze die Größe des aus dem Einschlag resultierenden Kraters ab. [1] und [2] geben die Kratertiefe an zu: $R_\mathrm{t} = 74\,(W/\mathrm{kt_{TNT}})^{1/3.4}$ m. Und den Kraterdurchmesser D_rim über: $R_\mathrm{t}/D_\mathrm{rim} = 0.308\,[\Delta v/(\mathrm{km/s})]^{-0.279} + 0.129\,(g_\mathrm{Tempel}/g_\mathrm{Erde})^{2.08}\,[\Delta v/(\mathrm{km/s})]^{-0.301}$. AXEL M. QUETZ

Literatur

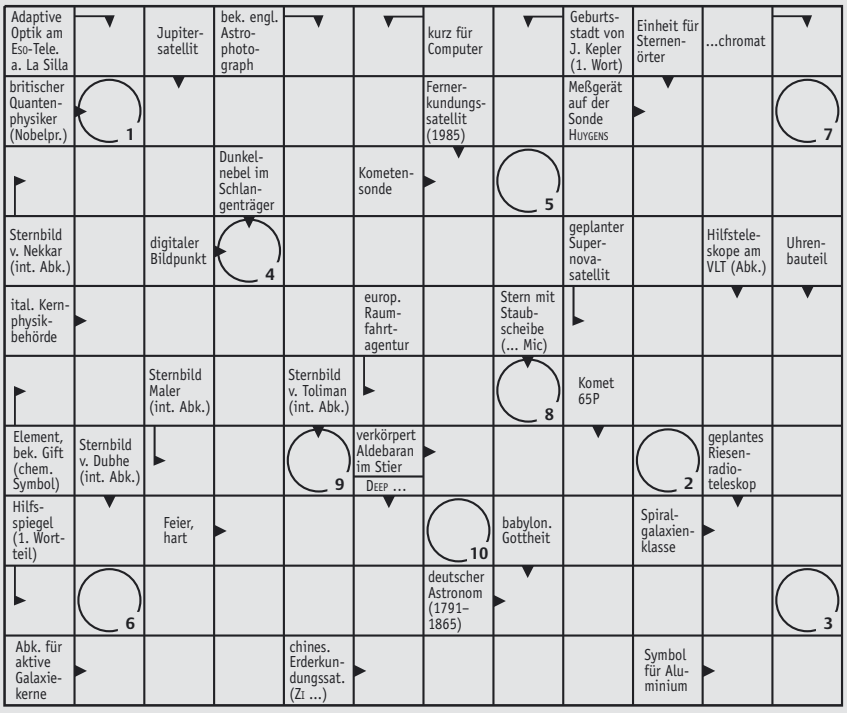
[1] **Mark J. Cintala, James W. Head, Lionel Wilson:** The nature and effects of impact cratering on small bodies. S. 579-600.

[2] **Eugene M. Shoemaker, J. G. Williams, E. F. Helin, F. Wolfe:** Earth-crossing asteroids: Orbital classes, collision rates with earth, and origin, S. 253-282.

[1], [2] in: Tom Gehrels (Hrsg.): Asteroids, 1979.

Kreuzworträtsel

VON FRED GOYKE



Lösung des Kreuzwort-rätsels aus SuW 5/2004

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

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 den Meade Feldstecher Capture View-II 8×22 im Wert von 109 € mit integrierter Digitalkamera (640 × 480 Pixel). Tragetasche, USB-Kabel und CD-ROM mit Bildbearbeitungssoftware sind enthalten. Gestiftet von Meade Instruments Europe. *Viel Spaß beim Knobeln!*

Die Lösung des Kreuzworträtsels in Heft 5/2005 lautet: **Messier.** Der glückliche Gewinner des Meade Feldstecher Capture View-II 8×22 (bei 107 richtigen und 2 falschen Einsendungen) ist: **Jan Haller,** Obere Str. 6, D-51379 Leverkusen. *Herzlichen Glückwunsch! Red.*

Die Gewinner der 24. Runde

Die 24. Runde »Zum Nachdenken« endete mit der Aufgabe im letzten Mai-Heft. Alle Löser, die wenigstens neun richtige Lösungen einsendeten, wurden bei der Verlosung berücksichtigt.

Der diesjährige **Hauptpreis**, das Einsteiger- und Reiseteleskop **Meade DS-2214 ATS** mit Stativ, Montierung und AutoStar Computer Controller sowie Okularen im Wert von 359 €, gestiftet von Meade Instruments Europe, gewinnt *Georg Junge.* Herzlichen Glückwunsch!

Der Tradition gemäß folgen nun die weiteren Gewinner in der Reihenfolge ihrer Ziehung, diesmal durch Glücksfee Vanessa:

2. Preis: Den Diascanner **Workscan 3600 pro**, gestiftet von Mediax, gewinnt *Eva Ponick*.

3. Preis: Den Edelsteinglobus, gestiftet von Mediax, gewinnt *Fritz Schauer*.

5 SuW-Jahresabos: *Josef Nußbaum, Friedrich Moser, Norbert Scherer, Bernd Leps* und *Willy Mahl.* **4 SuW-Kalender »Himmel und Erde« 2006:** *Klaus-Michael Köppl, Ulrike Saher, Peter Stoffer* und *Manfred Mendl.* **4 SuW CD-ROMs 2004:** *Bernhard Hußl, Achim Güth, Peter Matzik* und *Katrin Stauch.* **4 interaktives Sets »Der Himmel bei Nacht« von Robin Kerrod:** *Ansgar Heuser, Hans-Otto Hoppe, Günter Breitkopf* und *Matthias Leinweber.* **4 Ahnert 2006 (ab August):** *Barbara Gutowski, Adalbert Huss, Walter Christ* und *Hans-Gerd Wefels.* **4 Bücher »Kosmologie« von Gerhard Börner:** *Hartmut Prange, Ruben Stahlbaum, Achim Trutschel-Stefan* und *Robert H. Schertler.* **5 drehbare Sternkarten »Planisphäre«:** *Reinhold Lühmann, Manfred Geisel, Jan Thimo Grundmann, Manuel Schiffer* und *Reiner Guse.* Als Trostpflaster versenden wir den **Zum-Nachdenken-Kugelschreiber** an: *Dieter Hauffe, Michael Senkel, Harald Kamper, Norbert Mayer, Roman Prager, Alexander Forkl, Rolf Fischer, Ernst Edler v. Malyevacz, Günter Scholz, Andreas Wendt, Michael Baldus, Halit Duran, Heinz Göbel, Alfred Michael Dufter, Thorsten Inghoff, Kurt Motl, Karl Clausecker, Christian Netzel, Ralf-Reiner Conrad, Jürgen Schermer, Hans-Peter Lange, Wolfram Blendin, Christian Overhaus, Jens Döblitz, Bernd Schmalfeldt, Manfred Ziegler, Paul Joachim Schüngel, Andreas Dannhauer, Günter Portisch, Christof Zorn, Gerhard Forster, Gunter Woysch, Bodo Wichert, Jean-Francois Pittet, Jan Haller* sowie *Hannes Kuchler*.

Allen Löserinnen und Lösern sei hiermit Dank gesagt für Ihr andauerndes Interesse und für viele erstaunliche Einsendungen. Wir gratulieren allen Gewinnern ganz herzlich und wünschen für die bereits seit dem Juni-Heft laufende 25. Runde viel Spaß beim Nachdenken und viel Erfolg beim Lösen! *AMQ*

Richtige Lösungen sandten ein:

Ulrike Saher, D-40629 Düsseldorf; Katrin Stauch, D-01640 Coswig; M. Baldus, D-59519 Möhnesee; Thomas Becker, D-10783 Berlin; W. Blendin, D-65597 Hünfelden-Kirberg; G. Breitkopf, D-13156 Berlin; W. Christ, D-65824 Schwalbach; K. Clausecker, D-74219 Möckmühl; 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; R. Fischer, D-50858 Köln; A. Forkl, D-73230 Kirchheim / Teck; G. Forster, D-69120 Heidelberg; M. Geisel, D-79540 Lörrach; H. Göbel, D-79540 Lörrach; J. Th. Grundmann, D-52068 Aachen; A. Güth, D-73119 Zell u. A.; J. Haller, D-51379 Leverkusen; A. Heuser, D-53879 Euskirchen; H.-O. Hoppe, D-48455 Bad Bentheim; A. Huss, D-70599 Stuttgart; Th. Inghoff, D-34355 Staufenberg; G. Junge, D-04600 Altenburg; L. Kirschhock, D-92237 Sulzbach-Rosenberg; K.-M. Köppl, D-47805 Krefeld; H. Kuchler, A-8960 Öblarn; H.-P. Lange, D-85376 Massenhausen; M. Leinweber, D-35435 Wettenberg; B. Leps, D-13507 Berlin; R. Lühmann, D-78476 Allensbach; W. Mahl, D-71254 Ditzingen; P. Matzik, D-51399 Burscheid; N. Mayer, D-12205 Berlin; M. Mendl, D-85567 Grafing b. München; F. Moser, D-47167 Duisburg; Chr. Netzel, D-52080 Aachen; J. Nußbaum, D-80689 München; 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; N. Scherer, D-76137 Karlsruhe; J. Schermer, D-12687 Berlin; R. H. Schertler, A-5280 Braunau am Inn; M. Schiffer, D-88662 Überlingen; G. Scholz, D-73457 Essingen; P. J. Schüngel, CH-8105 Regensdorf ZH; M. Senkel, D-85614 Kirchseeon; R. Stahlbaum, D-38124 Braunschweig; K. Stampfer, D-86486 Bonstetten; A. Trutschel-Stefan, D-83714 Miesbach; G. Wahl, D-88453 Erolzheim; H. Wember, D-22525 Hamburg; B. Wichert, D-21629 Neu Wulmstorf; G. Woysch, D-70435 Stuttgart; Chr. Zorn, D-70825 Korntal-Münchingen.

Insgesamt 62 Einsendungen, Fehlerquote: 0 %.