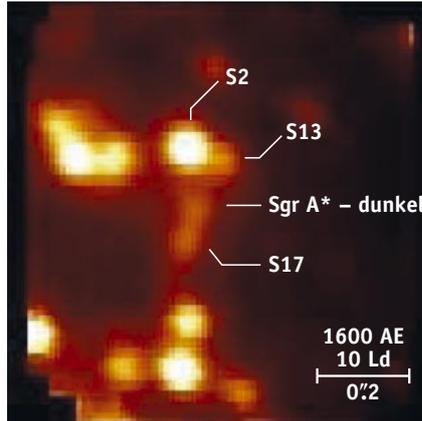


Sagittarius A*

Im Zentrum unseres Milchstraßensystems residiert ein extrem massereiches Schwarzes Loch. Aus seiner Umgebung erreicht uns hochenergetische Strahlung, die sich etwa mit Schauerteleskopen nachweisen lässt. Über erste Ergebnisse eines solches Observatoriums – Experiment HESS in Namibia – berichtet Heinrich J. Völk ab Seite 36 in diesem Heft.

Im jungen Universum sind die Massenmonster in den Zentren der Galaxien mit einer hohen Leuchtkraft verbunden, weil noch permanent Materie über eine heiße Akkretionsscheibe in das Schwarze Loch gelangt. Sie erscheinen uns dabei je nach Blickwinkel als Quasare, Seyfert-Galaxien, Blazare oder Radiogalaxien.

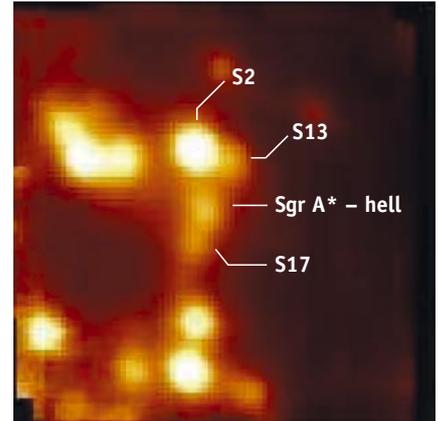
In verhängnisvoller Nähe unseres eigenen Monsters gerät hingegen nur sporadisch eine größere Materiemenge, etwa ein Stern [1]. Dann jedoch lässt sich ein Flare beobachten, der zudem rhythmisch aufflackert, wenn das durch die Gezeitenkräfte zerrissene Objekt in die Nähe des Ereignishorizonts gelangt und dabei immer schneller werdend das Schwarze Loch umrundet [2] und schließlich die Strahlung versiegt.



Mit den Satellitenobservatorien CHANDRA und XMM-NEWTON im Röntgenbereich, dem hochauflösenden bodengebundenen infrarotempfindlichen Feldspektrometer SINFONI am VLT (siehe Abb.) und NICMOS auf dem HST wurden in den letzten Jahren eine Handvoll solcher Ereignisse beobachtet. Ihre Dauer lag zwischen etwa 3 ks und 10 ks.

Aufgabe 1: Man ermittle den Schwarzschildradius $r_s = 2GM_{BH}/c^2$ des Schwarzen Lochs im Zentrum unserer Milchstraße.

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



Das Zentrum unseres Milchstraßensystems beobachtete SINFONI am VLT-Teleskop YEPUN am 18. Juni 2005 bei 2.3 Mikrometer Wellenlänge. Links: Die Quelle Sagittarius A* im Ruhezustand. Rechts: Sgr A* ist aktiv. (Bild: aus [4])

Seine Masse beträgt $M_{BH} = 3.5 \text{ Mio. } M_{\odot}$ [3]. Gravitationskonstante: $G = 6.672 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$, Lichtgeschwindigkeit: $c = 2.998 \cdot 10^8 \text{ m/s}$, Sonnenmasse: $M_{\odot} = 1.989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$.

Lösung der Aufgabe aus dem Juni-Heft 2006

Aufgabe 1: Aus der Dimension des erdinternen Dynamos, $R_s = 3500 \text{ km}$, und der Leitfähigkeit des ihn konstituierenden Materials, $\sigma = 400 \text{ kS/m}$, folgt die Zerfallszeit τ_{Ohm} des Magnetfeldes beim plötzlichen Versiegen der das Feld aufrecht erhaltenden Energiequelle zu:

$$\tau_{Ohm} = \mu_0 \sigma R_s^2 = 6.15 \cdot 10^{12} \text{ s} = 195 \text{ 000 a.}$$

Das ist erwartungsgemäß etwas kleiner als die Größenordnung der mittleren Dauer der Polaritätsintervalle des irdischen Magnetfeldes (etwa 500 000 Jahre).

Aufgabe 2: b) Die magnetische Flussdichte B_C im Zentrum der das Geomagnetfeld erzeugenden Leiterschleife ergibt sich über die Flussdichte B_p am Pol aus:

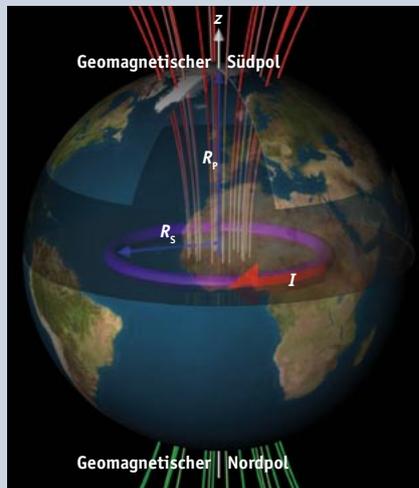
$$B_C = B_p [1 + (R_p/R_s)^2]^{3/2}$$

mit dem Erdradius $R_p = 6357 \text{ km}$ am Pol zu:

$$B_C = 535 \mu\text{T.}$$

a) Das Magnetfeld mit der Flussdichte B_C im Zentrum der Geodynamoschleife wird vom Strom I_L generiert:

$$I_L = 2 \frac{R_L B_C}{\mu_0} = 3 \text{ GA} = 3 \text{ Gigaampere.}$$



Der irdische Dynamo mit Leiterschleife und Feldlinien

Aufgabe 3: Die Energiedichte ϵ_p des irdischen Magnetfeldes an den Polen folgt zu:

$$\epsilon_p = \frac{1}{2} \frac{B_p^2}{\mu_0} = 0.0014 \frac{\text{J}}{\text{m}^3} = 8.95 \cdot 10^9 \frac{\text{eV}}{\text{cm}^3}.$$

Sie ist damit um zehn Größenordnungen höher als die Energiedichte des galaktischen Magnetfeldes. AMQ

Richtige Lösungen sandten ein:

Physik-LK 12 der Bismarckschule Hannover, D-30173 Hannover; Anette Anastasakis, D-69207 Sandhausen; Eva Ponick, D-38678 Clausthal-Zellerfeld; Ulrike Saher, D-40629 Düsseldorf; Sieglinde Übermayer, A-2253 Weikendorf; Anneke Zapp, D-64291 Darmstadt; M. Baldus, D-59519 Möhnesee; M. Baur, D-87463 Dietmannsried; N. Becker, D-61462 Königstein i. Ts.; W. Blendin, D-65597 Hünfelden-Kirberg; A. Borchardt, D-86356 Neusäß/OT Steppach; G. Breitkopf, D-13156 Berlin; H. Brockmann, D-78315 Radolfzell; U. Buchner-Eysell, D-86833 Ettringen; M. Budach, D-63456 Hanau; W. Christ, D-65824 Schwalbach; K. Clausecker, D-74219 Möckmühl; R.-R. Conrad, D-31275 Lehrte; G. Crolly, D-67307 Göllheim; A. Dannhauer, D-38871 Ilsenburg; L. Dittert, D-28215 Bremen; J. Döblitz, D-70619 Stuttgart; H. Dschida, D-73660 Urbach; A. M. Duftner, D-83334 Inzell; H. Duran, CH-5300 Turgi; M. Ebert, D-85435 Erding; E. Edler v. Maljevacz, D-70825 Korntal-Münchingen; H. Eggers, D-31311 Uetze; K. E. Engel, D-91056 Erlangen; H. Fischer, A-7132 Frauenkirchen; P. Fischer, D-08223 Falkenstein; R. Fischer, D-50858 Köln; G. Forster, D-69120 Heidelberg; M. Geisel, D-79540 Lörrach; M. Gläsl, D-95445 Bayreuth; 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; D. Hansch, D-27624 Bad Bederkesa; J. Haller, D-51379 Leverkusen; J. Hampp, D-91056 Erlangen; D. Hauffe, D-60431 Frankfurt am Main; A. Hauschulte, D-26316 Varel; H. Hauser, D-89275 Elchwingen; U. Hermann, D-89347 Bubesheim; S. hetze, D-12057 Berlin; A. Heuser, D-53879 Euskirchen; 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; H. Kamper, D-89520 Heidenheim; S. Kassam, D-60431 Frankfurt/M.; J. E. Keller, D-68775 Ketsch; F.-G. Knell, D-63457 Hanau; K.-M. Köppl, D-47805 Krefeld; H. Kuchler, A-8960 Öblarn; H.-P. Lange, D-85376 Massenhausen; M. Leinweber, D-35435 Wetttenberg; A. Leonhardt, D-90559 Burghann; B. Leps, D-13507

Aufgabe 2: Der Energie-Impuls-Vierervektor der Relativitätstheorie gestattet das Studium von Teilchenbahnen in einem Gravitationspotential. Die innerste mögliche Umlaufbahn ist der marginal stabile Orbit (MSO) bei $r_{\text{MSO}} = 3 r_S$. Welche Rotationsperiode P_{MSO} hat ein Teilchen auf dem MSO?

Aufgabe 3: Mit den Satellitenobservatorien XMM-NEWTON und HST konnte am 31. August 2004 ein Flare simultan beobachtet werden. Er dauerte etwa drei Stunden. Die zeitliche Differenz zwischen aufeinanderfolgenden Minima im Röntgen- und IR-Fluss betrug anfänglich $t_A = 25$ Minuten, am Ende nur noch $t_E = 17.5$ Minuten. Man berechne die zugehörigen Bahnradien in Vielfachen von r_S . Welcher Schluss lässt sich aus den Ergebnissen ziehen? AXEL M. QUETZ

Literatur

- [1] **Axel M. Quetz:** Zum Nachdenken: Stellardisruption. SuW 4/2002, S. 92.
 [2] **Siming Liu et al.:** Stochastic Electron Acceleration during the Near-IR and X-ray Flares in Sagittarius A*. ApJ 636, S. 798–803 [2005].
 [3] **Axel M. Quetz:** Zum Nachdenken: Das Monster im Zentrum. SuW 12/2002, S. 100.
 [4] **Stefan Gillessen et al.:** Variations in the Spectral Slope of Sagittarius A* during a Near-Infrared Flare. ApJ 640, S. L163–L166 [2006].

Berlin; A. Lichtfuß, D-93161 Sinzing; R. Lühmann, D-78224 Singen; W. Mahl, D-71254 Ditzingen; P. Matzik, 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 Getretsdorf; S. Mrozek, D-25358 Horst; Chr. Netzler, D-52080 Aachen; J. Nußbaum, D-80689 München; M. Otte, D-59558 Lippstadt; Chr. Overhaus, D-46325 Borken; G. Pannach, D-38124 Braunschweig; J.-F. Pittet, D-83629 Weyarn; M. Plambeck, D-21031 Hamburg; G. Portisch, D-75015 Bretten; U. Poschmann, D-52351 Düren; R. Prager, A-2230 Gänserndorf; H. Prange, D-57250 Netphen; B. Quednau, D-33397 Rietberg; F. Reinhardt, D-79539 Lörrach; M. Reininger, A-3130 Herzogenburg; E. Rössler, D-13503 Berlin; R. Rohde, D-12277 Berlin; K. Rohe, D-85625 Glonn; A. Schäfer, D-71711 Steinheim/Murr; M. Schäfer, D-71566 Althütte; F. Schauer, D-79199 Kirchzarten; N. Scherer, D-76137 Karlsruhe; J. Schermer, D-12687 Berlin; R. H. Schertler, A-5280 Brauna am Inn; M. Schiffer, D-88662 Überlingen; B. Schmalfeldt, D-21521 Aumühle; J. Schnichels, D-53881 Euskirchen; G. Scholz, D-73457 Essingen; P. J. Schüngel, CH-8105 Regensdorf ZH; M. Senkel, D-85614 Kirchseeon; I. Smaglinski, D-55131 Mainz; D. Spitzer, D-59075 Hamm; R. Stahlbaum, D-38124 Braunschweig; K. Stampfer, D-86486 Bonstetten; A. Thiele, D-52066 Aachen; A. Trutschel-Stefan, D-83714 Miesbach; G. Tyczkowski, D-47057 Duisburg; B. Wachow, D-50767 Köln; H.-G. Wefels, D-47239 Duisburg; M. Wehrauch, D-06124 Halle; S. Weiß, A-8010 Graz; H. Wember, D-22525 Hamburg; A. Wendt, D-69488 Birkenau; B. Wichert, D-21629 Neu Wulmstorf; Chr. Wiedemair, I-39031 Bruneck, Südtirol; K. Wiedemer, D-57072 Siegen; H.-U. Wieland, D-73340 Amstetten; Boris Wolff, D-40239 Düsseldorf; G. Woysch, D-70435 Stuttgart; A. Zehmarschke, D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen; M. Ziegler, A-2460 Bruckneudorf; Chr. Zorn, D-70825 Korntal-Münchingen.

Insgesamt 129 Einsendungen, Fehlerquote: 0 %.

Kreuzworträtsel

VON FRED GOYKE

Stern- diagramm (2. Wort)	US-Bun- desstaat (Abstruz v. Ge- nessis)	Mondkra- ter, Nach- bar von Röntgen	▼	Stern in den Plejaden	↻ 2	▼	Zeichen z. Galaxien- klassifi- kation	Einhorn (int. Abk.) physikal. Einheit	▼	zerstörte Kometen- sonde der NASA	↻ 4
▶	▼	▼	↻ 6	▼	▼	▼	von Wirta- nen entd. Apollo- Asteroid	↻ 9	▼	▼	▼
Mars- vulkan (... Mons)	↻ 3	Asteroid, Ziel der Sonde Dawn	▼	▼	...nebel (Großer Bär)	▶	▼	▼	▼	Stadt an der Themse	▼
▶	▼	↻ 5	▼	Gamma Cephei	▼	▼	Krater in den Mond- alpen	▼	▼	durch TDT abgelöste astron. Zeit (Abk.)	↻ 10
chin. Ra- ketenpion- ier (Tsien Hue ...)	Stern im Sternbild Schlange	▼	Theta Aquarii	▶	▼	▼	↻ 7	▼	Himmels- phänomen (kurz)	▼	▼
▶	▼	▼	▼	↻ 11	▼	freie Optik- Design- Software (OSLO-...)	▼	↻ 1	Signal- qualität elektron. Kameras	▼	▼
Komet (Tempel- ...)	▼	▼	chem. Symbol für Brom	▼	Vorgänger der Esa	↻ 12	▼	▼	▼	an, auf (engl.)	ägypt. Sonnen- gott
jap. Welt- raum- teleskop	↻ 8	deutscher Astronom (1893- 1960)	▶	▼	▼	▼	▼	▼	Sternbild mit NGC 1049 (int. Abk.)	▼	▼
▶	▼	▼	▼	▼	Asteroid Nr. 92	▶	▼	▼	▼	▼	▼

Lösung des Kreuzwort-
rätsels aus SuW 6/2006

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



Kreuzworträtsel. Die eingekreisten Buchstaben bilden ein Lösungswort. Unter allen, die dieses Lösungswort bis zum 15. August auf einer Postkarte an die Redaktion einsenden, verlosen wir einen Feldstecher Bresser Cobra 7×50, gestiftet von Fa. Meade. Die Mehrschichtvergütung aller optischen Glasoberflächen garantiert brillantes und kontrastreiches Beobachten. Viel Spaß beim Knobeln!

Die Lösung des Kreuzworträtsels in Heft 6/2006 lautet: **Beteigeuze**. Der glückliche Gewinner des Feldstecher Bresser Cobra 7×50 (bei 124 richtigen und 1 zu spät eingesandten Einsendung) ist: **Franz Hofmann**, Bürgerwiese 26, D-01069 Dresden. 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 26. Runde

Mit der Aufgabe in Juni-Heft begann die 26. Runde *Zum Nachdenken*. Alle Löser mit wenigstens neun richtigen Einsendungen aus den zwölf bis inklusive Mai 2007 erscheinenden Aufgaben in »Zum Nachdenken« werden bei der Verlosung im Sommer 2007 berücksichtigt. Zu gewinnen ist als attraktiver Hauptpreis ein komplettes Okularset, bestehend aus sechs Okularen vom Typ **Baader-Hyperion**, gestiftet von Fa. Baader Planetarium. Viel Spaß beim Nachdenken und viel Erfolg beim Lösen! AMQ

Hauptpreis der 26. Runde



Das Okularset **Baader-Hyperion** im Wert von 699 € besteht aus sechs 68°-Weitwinkel-Okularen mit augenphysiologisch optimalem Gesichtsfeld in den Brennweiten: 3,5 mm, 5 mm, 8 mm, 13 mm, 17 mm und 21 mm, jeweils mit 1¼"- und 2"-Steckfassung, sowie zwei integrierten Systemgewinden zur Adaption des Okulars an fast jede digitale Kamera – dazu werden 16 verschiedene digitale T-Ringe optional angeboten. Der modulare Aufbau der bis zum Gesichtsfeldrand hervorragende Farbtöne garantierenden Okulare erlaubt den Betrieb als photographisches Projektiv sowohl an allen 1¼"-Okularauszügen, als auch an allen 2"-Steckvorrichtungen. Die Entspiegelung der zehn optischen Glas/Luftflächen erfolgt in höchster Qualität mit in Deutschland entwickelten Beschichtungssystemen. Das Ergebnis ist ein streulichtfreies Linsensystem mit sehr hohem Kontrast. Gestiftet von Fa. Baader Planetarium. www.baader-planetarium.de.