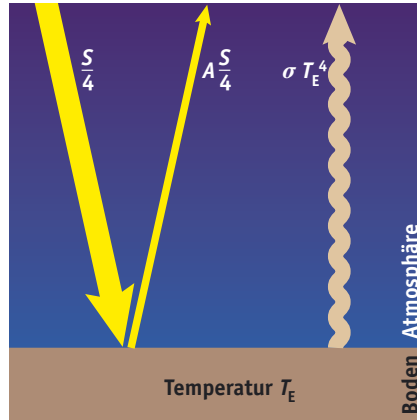


Anthropogener Treibhauseffekt

In diesem Heft richten wir erneut den Blick auf unseren Planeten. Von jenseits der Mondbahn ab S. 20 und von ihrer Oberfläche selbst zur Betrachtung von Klimaänderungen in der Vergangenheit (ab S. 31) und in der Gegenwart (ab S. 40).

Mit einiger Sicherheit kann heute behauptet werden, dass gewisse von uns Menschen in die Atmosphäre eingebrachte Gase auf die mittlere Temperatur der Oberfläche einen erhöhenden Einfluss ausüben. Im gerade zu Ende gegangenen Oktober wurde der 23. Tropische Sturm »Beta« zum Hurrikan hochgestuft – der 13. in diesem Jahr. Die vorgesehene Menge an Namen für Tropische Stürme ging mit »Wilma« zur Neige – Rekord! Es wird weitergezählt mit »Alpha« und »Beta«.

Insbesondere Kohlendioxid, CO_2 , und Methan, NH_4 , sind als »Klimakiller« bekannt geworden. Seit der Industrialisierung hat etwa die CO_2 -Konzentration der Atmosphäre von 280 ppm auf 375



ppm zugenommen. Im Folgenden soll die durch eine CO_2 -Zunahme bedingte Temperaturerhöhung abgeschätzt werden.

Aufgabe 1: Solarkonstante S nennt man den durch die Sonnenstrahlung gelieferten Energiefluss außerhalb der Erdatmosphäre: $S = 1370 \text{ W/m}^2$. Die Erde sammelt dies mit ihrer Querschnittsfläche $F_0 = \pi R^2$ auf, wobei ihr durch das Rückstrahlvermögen, die Albedo, der Anteil $A = 0.3$ entgeht, und strahlt nach Erreichen einer Gleichgewichts-

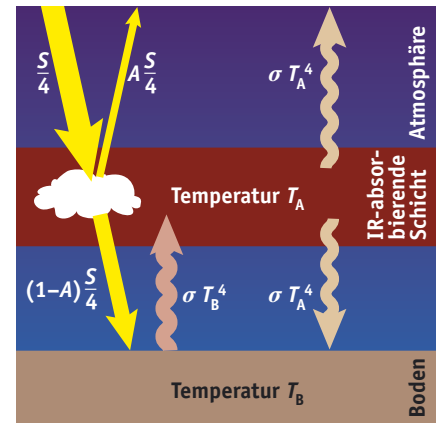


Abb. 1: Strahlungsbilanz der Erde ohne (links) und mit absorbieren-der Atmosphärenschicht (rechts).

temperatur T_E über ihre gesamte Oberfläche $F_0 = \pi R^2$ die Energie $E(T_E)$ gemäß dem Stefan-Boltzmannschen Strahlungsgesetz ab: $E(T_E) = F_0 \sigma T_E^4$. Man ermittle die Gleichgewichtstemperatur in Abwesenheit von durch die Atmosphäre verursachten Komplikationen. Die Strahlungskonstante ist $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$.

Lösung der Aufgabe aus dem Oktober-Heft 2005

Aufgabe: Mit den Angaben der Tabelle in SuW 10/2005, S. 103, finden sich unter Verwendung der den Durchmesser, die absolute Helligkeit und die Albedo verbindenden Gleichung:

$$D = \frac{1329}{\sqrt{p}} 10^{-0.2 H/\text{mag}} \text{ km} \quad (1)$$

die in nebenstehender Tabelle aufgelisteten Werte. Wegen der zum Teil sehr großen Unsicherheit in der Albedo dürfen die berechneten Durchmesser bei diesen Kuiper-Gürtel-Objekten nur als grobe Richtwerte verstanden werden.

In den eingesandten Lösungen tauchte oft die Frage nach der Herkunft des Faktors 1329 auf. Deshalb soll an dieser Stelle die Herleitung der Gleichung (1) vorgeführt werden.

Gemäß der Definition der Größenklasse, 5 Magnitudines (mag) Helligkeitsunterschied Δm bei einem Intensitätsunterschied I/I_0 um den Faktor 100, gilt:

$$\Delta m = 2.5 \text{ mag} \lg \frac{I}{I_0}.$$

Bezeichnen nun $H_{\odot}$ die absolute Helligkeit des Mondes, $m_{\odot} = -12.7 \text{ mag}$ die scheinbare Helligkeit des Vollmondes, $A_{\odot} = 0.12$ die Albedo, $r_{\odot} = 384\,400 \text{ km}$ seine Distanz und $D_{\odot} = 3476 \text{ km}$ seinen Durchmesser,

Kuiper-Gürtel-Objekt	Durchmesser D [km]
Pluto	2719
Charon	1379
Sedna	1442
Quaoar	1262
Ixion	481
2002 AW ₁₉₇	963
Varuna	541
2003 UB ₃₁₃	3487
2005 FY ₉	2007
2003 EL ₆₁	1830

dann lässt sich mit $I \propto A (D/r)^2$ folgern:

$$m_{\odot} - H_{\odot} = 2.5 \text{ mag} \lg \left[\left(\frac{r_{\odot}}{1 \text{ AE}} \right)^2 \left(\frac{1}{A_{\odot}} \right) \right],$$

da die absolute Helligkeit im Sonnensystem auf 1 AE bezogen wird. Daraus folgt die absolute Helligkeit des Mondes zu:

$$H_{\odot} = +0.25 \text{ mag}.$$

Gemäß dieser Kalibration ergibt sich für beliebige (nicht selbstleuchtende) Körper ohne Berücksichtigung irgendwelcher Phaseneffekte:

$$H - H_{\odot} = 2.5 \text{ mag} \lg \left[\left(\frac{D_{\odot}}{D} \right)^2 \left(\frac{A_{\odot}}{A} \right) \right]. \quad (2)$$

H, D und A sind absolute Helligkeit, Durch-

messer und Albedo des Körpers. Gleichung (2) lässt sich nach D auflösen:

$$D = D_{\odot} \sqrt{\frac{A_{\odot}}{A}} \text{ dex} \left(\frac{H_{\odot}}{5 \text{ mag}} \right) \text{ dex} \left(\frac{-H}{5 \text{ mag}} \right) \\ = 1351 \sqrt{\frac{1}{A}} \text{ dex} \left(\frac{-H}{5 \text{ mag}} \right) \text{ km},$$

wobei $\text{dex } \alpha = 10^{\alpha}$ gilt. Die erhaltene Gleichung entspricht genau Gleichung (1). Der geringfügig abweichende Vorfaktor ist auf etwas abweichende Bedingungen im Falle unseres Kalibrationsmaßstabes, des Mondes, zurückzuführen. AMQ

Richtige Lösungen sandten ein:

Anette Anastasakis, D-69207 Sandhausen; Eva Ponic, D-38678 Clausthal-Zellerfeld; Ulrike Saher, D-40629 Düsseldorf; Katrin Stauch, D-01640 Coswig; Sieglinde Übermayer, A-2253 Weikendorf; Christine Zerbe, D-86179 Augsburg; M. Baldus, D-59519 Möhnesee; Th. Berg, D-55127 Mainz; G. Beyers, D-85058 Ergoldsbach; W. Blendin, D-65597 Hünfelden-Kirberg; A. Borchardt, D-86356 Neusäß / OT Steppach; G. Breitkopf, D-13156 Berlin; W. Christ, D-65824 Schwalbach; 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; A. Fichtel, D-86975 Bernbeuren; R. Fischer, D-50858 Köln; G. Forster, D-69120 Heidelberg; M. Geisel, D-79540 Lörrach; J. Glattkowski, D-76571 Gaggenau; 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. Huss, D-70599 Stuttgart; B. Hußl, A-4542 Nußbach; Th. Inghoff, D-34355 Stauferberg; G. Jürgens, D-29549 Bad Bevensen; M. Juhl,

Man sieht dabei, dass die Erde nur ein Viertel des Betrages G als Wärmestrahlung emittiert, den sie aus der Sonnenstrahlung erhält. Der Strahlungsfluss am Boden ist deshalb: $G = \sigma T_E^4 = (1 - A) S/4$.

Aufgabe 2: Man berechne nun in dem etwas verbesserten Atmosphärenmodell (Abb. 1 rechts) die Temperatur T_B des Erdbodens. Dazu stelle man die Bilanzgleichungen für die IR-absorbierende Schicht und für den Erdboden auf. Die eingetragenen Größen bezeichnen die relevanten Strahlungsflüsse.

Die Temperaturdifferenz der beiden Modelle veranschaulicht den Treibhauseffekt. die mittlere Bodentemperatur T_m liegt zur Zeit in Wahrheit bei $T_m = 288 \text{ K} = 15^\circ \text{C}$.

Zusatzaufgabe: Nach Svante Arrhenius (Veröffentlichung: 9.1.1901) gilt für den Zusammenhang zwischen der Erhöhung der CO_2 -Konzentration K und dem auch Solarantrieb genannten Strahlungsfluss G : $dG \approx \Delta G = \alpha \ln K/K_0$, mit dem spezifischen Antrieb $\alpha = 5.35 \text{ W/m}^2$ für CO_2 . Man bestimme aus $G = \sigma T_m^4$ die Ableitung dG/dT und daraus die Temperaturerhöhung $\Delta T \approx dT$ für eine Verdopplung der CO_2 -Konzentration $K/K_0 = 2$. **AMQ**

D-73527 Täferrot; 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; F.-G. Knell, D-63457 Hanau; K.-M. Köppl, D-47805 Krefeld; R. Kohl-schütter, A-5071 Wals bei Salzburg; H. Kuchler, A-8960 Öblarn; H.-P. Lange, D-85376 Massenhausen; S. Laudwein, D-33615 Bielefeld; M. Leinweber, D-35435 Wetttenberg; G. Lenssen, D-54470 Bernkastel-Kues; A. Leonhardt, D-90559 Burghthann; B. Leps, D-13507 Berlin; A. Lichtfuß, D-93161 Singing; 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; K. Mischke, D-71116 Gärtringen; F. Moser, D-47167 Duisburg; K. Mottl, D-82538 Geretsried; S. Mrozek, D-25358 Horst; Chr. Netzel, D-52080 Aachen; J. Nußbaum, D-80689 München; 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; Chr. Quast, A-4320 Perg; K. Rohe, D-85625 Glonn; A. Schäfer, D-71711 Steinheim/Murr; 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; B. Schmal-feldt, D-21521 Aumühle; 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. Stefanescu, D-80807 München; T. Stein, D-14197 Berlin; P. Stoffer, CH-3507 Biglen; A. Thiele, D-52066 Aachen; A. Trutschel-Stefan, D-83714 Miesbach; G. Tyckowski, D-47057 Duisburg; G. Wahl, D-88453 Erolzheim; H.-G. Wefels, D-47239 Duisburg; H. Wember, D-22525 Hamburg; A. Wendt, D-69488 Birkenau; B. Wichert, D-21629 Neu Wulmstorf; G. Woysch, D-70435 Stuttgart; A. Zeh-Marschke, D-76344 Eggenstein-Leopoldshafen; M. Ziegler, A-2460 Bruckneudorf; Chr. Zorn, D-70825 Korntal-Münchingen; W. Zumach, D-86163 Augsburg.

Insgesamt 103 Einsendungen, Fehlerquote: 0 %.

Kreuzworträtsel

VON FRED GOYKE

Abk. für Millimeter	Form der Finsternis vom 3.10. 2005	wider-legte Erdfigur			mong. König	Planet	Klein-planet Nr. 14	...labium, ...metrie
4					Jupiter-mond			
Stern, über-strahlt NGC 404	Mondkran-ter im Mare Imbrium	Spektrogr. am 3,6-m-Teleskop auf La Silla					Submilli-meter-Teleskop	
...-Nebel (NGC 2359)			6		deutscher Astronom (1571-1630)	Nachbar-sternbild von Vela (int. Abk.)	2	
		südl. Sternbild (lat. Bez.)		Kometen-region (1. Wort)				7
...-Nebel (NGC 6302)	Merkur-krater, norw. Schriftst.		10			Nebel (NGC 3372, 1. Wort)	UV-Filter der Erd-atmo-sphäre	
				Stern-diagramm	Gruppe von Planeten			Sternbild des Eulen-nebels (int. Abk.)
Autor von »Der Südstern«	Symbol von Radium	CCD-Auf-nahme zur Fehler-korrektur				Symbol von Tantal		
Infrarot-satellit	Standort von Geo 600		8		Uhrentyp			5
		Sternbild v. Arrakis (int. Abk.)		1		griech. Vorsilbe (wieder, hinauf)		

Lösung des Kreuzwort-rätsels aus SuW 10/2005

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



lensträgern sehen das komplette Gesichtsfeld). Viel Spaß beim Knobeln!

Die Lösung des Kreuzworträtsels in Heft 10/2005 lautet: **Protostern**. Der glückliche Gewinner des Porro-Fernglas Bresser Saturn 15×60 (bei 112 richtigen, 2 falschen und 4 zu spät eingetroffenen Einsendungen) ist schon wieder: **János Pirtti**, Kisberki 17, H-8800 Nagykanizsa. *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 H α -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.

