



# Zum Nachdenken

## Lösung zu »Shapiro-Verzögerung: Supernova unter der Gravitationslupe« aus SuW 5/2015

**Aufgabe:** Die Zeitverzögerung  $\Delta t$ , die Licht beim Durchqueren eines Gravitationsfelds der Masse  $M$  erfährt, beschreibt approximativ die Gleichung

$$\Delta t = \frac{GM}{c^3} \cdot \left( 2 \ln \frac{D + \sqrt{D^2 - r_0^2}}{r_0} - \sqrt{\frac{D - r_0}{D + r_0}} \right).$$

Kürzen wir dies ab mit  $\Delta t = f(D, r_0)$ , dann gilt für jeweils einen bestimmten Galaxienhaufen:

$$\Delta t_{MS} = f(D_{MS}, r_0),$$

$$\Delta t_{MB} = f(D_{MB}, r_0).$$

Daraus folgt die Zeitverzögerung im Abstand  $r_0$  vom Massezentrum:

$$\Delta t(r_0) = \Delta t_{MS} + \Delta t_{MB}.$$

Durch Einsetzen der angegebenen Distanzen  $D_S = 14,4 \cdot 10^9$  Lj,  $D_{MB} = 6,65 \cdot 10^9$  Lj und  $D_{MS} = D_S - D_{MB} = 7,75 \cdot 10^9$  Lj, der Masse des Galaxienhaufens  $M = 1,7 \cdot 10^{14} M_\odot$ , sowie den Abständen der Bilder vom

Massezentrum  $r_{0Z} = 121\,000$  Lj und  $r_{0Q} = 242\,000$  Lj, ergeben sich die gesuchten Verzögerungen. **a)** Beim Vierfachbild der Supernova in der größeren Entfernung vom Haufenzentrum folgt:

$$\Delta t(r_{0Q}) = 3,85 \cdot 10^{10} \text{ s} = 1293 \text{ Jahre.}$$

**b)** Bei der Galaxie im blauen Kreis (siehe Grafik rechts):

$$\Delta t(r_{0Z}) = 4,08 \cdot 10^{10} \text{ s} = 1220 \text{ Jahre.}$$

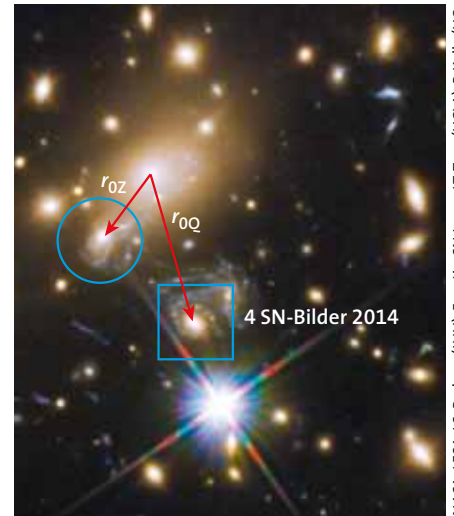
**c)** Daher ist die Zeitdifferenz zwischen den beiden Wegen durch den Galaxienhaufen:

$$\Delta t_{QZ} = 2,32 \cdot 10^9 \text{ s} = 73,6 \text{ Jahre.}$$

Ein genaueres Ergebnis lässt sich wegen der inhomogenen Masseverteilung nicht erwarten. Erst das Modellieren der Masse im Galaxienhaufen gestattet präzisere Aussagen zur Shapiro-Verzögerung. So ist es nicht weiter verwunderlich, dass die Forscher eine Zeitverzögerung von nur rund zehn Jahren berechnen. AXEL M. QUETZ

### ZUM NACHDENKEN

Die Aufgabe dieses Heftes finden Sie auf Seite 23.



Die beiden roten Pfeile bezeichnen den Abstand  $r_0$  der Supernovabilder zum Massezentrum des Galaxienhaufens MACS J1149.6+2223 in der größten Galaxie des Haufens.

NASA / ESA / S. Rodney (JHU), FrontierSN team / T. Treu (UCLA), P. Kelly (UC Berkeley), GLASS team / J. Lotz (STScI), Frontier Fields team / M. Postman (STScI), CLASH team / Z. Levay (STScI) / SuW-Grafik

### Zum Nachdenken – Richtige Lösungen sandten ein:

Andrea Blomenhofer, Redwitz a. d. Rodach; Mira Ennes, Rödental; Brigitte Lindner, A-Wien; Eva Ponick, Ratingen; Margit Zink, Wendlingen; Astro-AG, Paul-Pfinzing-Gymnasium, Hersbruck; G. Ackermann, Andechs; R. Albers, Lappersdorf; H. Baudisch, A-Wien; G. Bauer, Farchant; M. Bauer, Wuppertal; O. Bechmann, Weyhausen; K. Beier, Reichling; J. Birke, Handeloh; W. Blendin, Hünfelden-Kirchberg; A. Borchardt, Augsburg; A. Brandenberger, CH-Rorschacherberg; R. Burgmeier, Regensburg; K. Clauseker, Möckmühl; E. Compans, Langenau; A. Dannhauer, Ilsenburg; J. Dewitz, Epenwöhrden; H.-P. Distler, Henstedt-Ulzburg; J. Döblitz, Stuttgart; M. Ebert, Erding; R. Egger, CH-Adetswil; H. Fischer, A-Frauenkirchen; M. Fischer, Emskirchen; N. Forbrig, Lichtenstein; G. Forster, Heidelberg; M. Geisel, Lörrach; H. Gers, Meschede; H. Göbel, Lörrach; F. Götz, Gumpersbach; M. Gottschalk, Konstanz; R. Gottsheim, Dortmund; K. Grießer, Gengenbach; J. Th. Grundmann, Bremen; A. Güth, Bad Boll; R. Guse, Peine; A. Haag, Rodgau; R. Hagelweide, Worpsswede; J. Haller, Leverkusen; F. Hardt, Ehningen; W. Hauck, Nürnberg; D. Hauffe, Frankfurt am Main; J. Haun, Bochum; H. Hauser, Ulm; A. Heuser, Euskirchen; J. Hingsammer, Altdorf; J. Hochheim, Lutherstadt Eisleben; E. Hoffmeister, Bad Honnef; H. Holz, Neuried; T. M. Jung, Eurasburg; F. Kaul, Dittelbrunn; P. Kirsch, A-Linz; L. Kirschhock, Pommelsbrunn; M. Klein, Altdorf; F.-G. Knell, Hanau; K.-M. Köppl, Krefeld; G. Kottschlag, Siegen; H. Krambeer, Wismar; M. Kretzler, Wilhelmsfeld; B. Kuhn, Sulzbach/Main; G. Kunert, Chemnitz; O. G. Kunze, Marburg; S. Kurz, Altbach; D. Ladwig, Köln; H.-P. Lange, Massenhausen; M. Leinweber, Wetztenberg; B. Lepp, Berlin; R. Lühmann, Allens-

bach; W. Mahl, Ditzingen; B. Matzas, Eching-Dietersheim; P. Matzik, Burscheid; P. Mayer, Höslwang; S. Meißner, Duisburg; G. Minich, Reppenstedt; K. Mischke, Gärtringen; A. Moritz, Ehringshausen; F. Moser, Duisburg; H. Münz, Aalen; M. Nagel, Mainz; J. Nendwich, A-Wien; Chr. Netzel, Aachen; A. Neumer, Ludwigshafen; Chr. Overhaus, Borken; G. Pannach, Braunschweig; M. Peters, Traunstein; Chr. Petersen, Drochtersen; G. Portisch, Bretten; R. Prager, A-Gänserndorf; H. Prange, Netphen; H. Preisinger, Weimichl/Edenland; B. Quednau, Langenberg; I. Raap, Königsbrunn; J. Rahm, Münster-Sarmsheim; A. Reinders, Ravensburg; H.-W. Richter, Dortmund; W. Rockenbach, Biebern; K. Rohe, Glonn; A. Sauerwald, Bottrop; U. Schaefer-Rolffs, Rostock; F. Schauer, Kirchzarten; F. Schechter, Berlin; F. Scherie, Ennepetal; J. Schermer, Berlin; R. H. Schertler, A-Braunau am Inn; M. Schiffer, Überlingen; A. Schirmer, Munster; S. Schlundt, Kiel; B. Schmalfeldt, Aumühle; R.-G. Schmidt, Recklinghausen; J. Schnichels, Euskirchen; G. Scholz, Essingen; H.-J. Schreyer, Kehlbach; P. J. Schüngel, CH-Regensdorf ZH; S. Schuler, Püttlingen; R. Schuster, Altenkunstadt; M. Senkel, Kirchseeon; G. Spindler, Waldshut-Tiengen; R. Spurny, A-Wien; K. Strauß, Ingolstadt; E. Streeruwitz, A-Wien; K. Teichmann, Timmendorfer Strand; A. Thiele, Aachen; G. Traupe, Lilienthal; F. Treisch, Würzburg; P. Vogt, Sörup; G. Wahl, Erolzheim; C. Wangen, L-Mertert; H.-G. Wefels, Duisburg; S. Weidner, Fellbach; K. Weisensee, Glauburg; B. Wichert, Neu-Wulmstorf; N. Würfl, Sulzbach; M. Ziegler, A-Wien; C. Zille, Georgenberg; Chr. Zorn, Korntal-Münchingen; S. Zufelde, Hettstedt.

Insgesamt 140 Einsendungen, Fehlerquote: 0 %

### Sie war's im Juni:

Es war Agnes Mary Clerke (geboren am 10. Februar 1842 in Skibbereen, Irland, gestorben am 20. Januar 1907 in London). Agnes Clerke wurde gemeinsam mit ihrer zwei Jahre älteren Schwester und ihrem jüngeren Bruder ausschließlich zu Hause unterrichtet. Ihr Vater hatte am Trinity College studiert und später als Bankmanager Karriere gemacht, ihre Mutter hatte den Ursulinenkonvent in Cork besucht. Schon als Kind interessierte sich Agnes Clerke für Astronomie und vor allem für Astronomie-Geschichte, las viel darüber und benutzte, angeleitet durch ihren Vater, das häusliche Teleskop. Die zehn Jahre zwischen 1867 und 1877 verbrachte sie teilweise in Italien, gemeinsam mit ihrer älteren Schwester Ellen, und vertiefte sich dort weiter in die Astronomie. Im Jahr 1877 zog sie nach London und veröffentlichte erstmals »Kopernikus in Italien« im »Edinburgh Review«, für den sie bis zu ihrem Tod mehr als 50 Artikel verfasste.

Im Jahr 1885 erschien ihre erste große Abhandlung »A Popular History of Astronomy during the Nineteenth Century«, die sie umgehend bekannt machte. Clerke recherchierte umfassend

## Die Gewinner der 34. Runde

Mit dem Mai-Heft dieses Jahres endete die 34. Runde »Zum Nachdenken«. Alle 136 Löser, die von den zwölf Aufgaben zwischen Juni 2014 und Mai 2015 wenigstens neun richtige Lösungen einsandten, wurden bei der Verlosung der Preise berücksichtigt. Die Gewinner folgen in der Reihenfolge ihrer Ziehung durch unsere Glücksfee Diane.

**Hauptpreis: 12-Zoll-Leichtbau-Reisedobson** im Wert von 2240 € von Fa. Hofheim Instruments: *Astro-AG des Paul-Pfinzing-Gymnasiums in Hersbruck*. Wir gratulieren!

**2. Preis: Weitfeldrefraktor BRESSER Messier R-102 102/600** im Wert von 899 € von Fa. Meade Instruments: *Mira Ennes, Rödental*. Wir gratulieren!

**30 Sterne-und-Weltraum-Poloshirts (Größe XL):** *Karl Clausecker, Rüdiger Hagelweide, Joachim E. Keller, Ansgar Heuser, Günter Pannach, Cornelia Wiberg, Margit Zink, Rolf Melcher, Peter Matzik, Bertram Kuhn, Ludwig Kirschhock, Joachim Hochheim, Franz Hardt, Gerhard Fors-*

*ter, Jörg Dewitz, Kurt Beier, Günther Ackermann, Günter Breitkopf, Remo Egger, Martin Fischer, Josef Hingsammer, Peter Kirsch, Gerd Kunert, Brigitte Lindner, Holger Münz, Helmut Preisinger, Fritz Schauer, Rolf-Günther Schmidt, Paul Joachim Schüngel, Michael Senkel.*

**20 Sterne-und-Weltraum-Caps:** *Siegfried Weidner, Bodo Wichert, Christof Zorn, Werner Rockenbach, Christian Netzel, Friedrich Moser, Reinhold Lühmann, Franz-Georg Knell, Walter Hauck, Horst Gers, Raimund Burgmeier, Albert Brandenberger, Astronomie-AG der HEBO-Privatschule Bonn, Jens Döblitz, Helmut Fischer, Joachim Birke, Wolfgang Balzer, Wolfram Blendin, Manfred Geisel, Friedel Götzte.*

**30 Schlüsselanhänger:** *Achim Güth, Jens Haun, Elmar Hoffmeister, Klaus-Michael Köppl, S. Meißner, Andreas Münch, Alexander Neumer, Roman Prager, Urs Schaefer-Rolffs, Kurt Strauß, Jochen Schnichels, Ignatius Raap, Christoph Petersen, Jürgen Schermer, Bernd Schmalfeldt, Matthias Leinweber, Michael Klein, Friedrich Kaul, Ulrich Hermann, Reiner Guse, Heinz Göbel, Michael Ebert, Manfred Bauer, Rüdiger*

*Friedemann, Reinhold Gottsheim, Jan Haller, Tobias M. Jung, Heinrich Krambeer, Bernd Leps, Gerhard Minich.*

**54 Planisphären:** *Christian Overhaus, Andres Sauerwald, Manuel Schiffer, Stefan Schuler, Peter Vogt, Gerhard Spindler, Hans-Jürgen Schreyer, Klaus Rohe, Frank Scherie, Bernd Quednau, Günter Portisch, Johannes Nendwich, Klaus Mischke, Peter Mayer, Dieter Hauffe, Norbert Forbrig, Andreas Dannhauer, Olaf Bechmann, Andre Borchardt, Anette Anastasakis, Hans-Peter Distler, Maik Gottschalk, Heinz Holz, Jan Thimo Grundmann, Olaf Gottfried Kunze, B. Matzas, Max Nagel, Hartmut Prange, Alexander Reinders, Felix Schechter, Günter Scholz, Rainer Spurny, Claude Wangen, Klaus Weisensee, Manfred Ziegler, Hans-Gerd Wefels, Albrecht Thiele, Uwe Seydel, Andrea Blomenhofer, Michael Kretzler, Hans-Peter Lange, Willy Mahl, Armin Moritz, Eva Ponick, Joachim Rahm, Robert H. Schertler, Andreas Schirmer, Reinhard Schuster, S. Schlundt, Kurt Teichmann, Ernst Streeruwitz, Günter Wahl, Norbert Würfl, Claus Zille.*

Herzlichen Glückwunsch! AXEL M. QUETZ

## Agnes Mary Clerke

für ihre Bücher und las neben Astronomiegeschichte auch die aktuelle wissenschaftliche Fachliteratur. Außerdem hielt sie engen persönlichen Kontakt zu führenden Astronomen ihrer Zeit, um auf dem neuesten Stand der Wissenschaft zu bleiben. Viele ihrer Bücher wurden sehr positiv besprochen, Kritiker rühmten dabei immer wieder die Sorgfalt und intel-

lektuelle Durchdringung ihrer Darstellungen, aber auch ihren klaren, gut lesbaren Stil.

Im Jahr 1888 verbrachte Agnes Clerke drei Monate an der Sternwarte am Kap der Guten Hoffnung in Südafrika, wohin sie der Direktor David Gill persönlich eingeladen hatte. Hier arbeitete sie sich in die neu aufkommende Technik der Sternspektroskopie ein. Als aufmerksame Beobachterin und Beschreiberin verfolgte Agnes Clerke die Entwicklung zur Astrophysik mit und dokumentierte die neueren Trends in ihren Büchern, so 1903 in »Probleme der Astrophysik« und 1905 in »Moderne Kosmogonien«: »Von Jahr zu Jahr häufen sich die Details an, und es erfordert immer mehr Anstrengungen, sie geistig zu bewältigen«, schrieb sie darin. Für die »Encyclopaedia Britannica« verfasste sie zahlreiche Artikel zur Geschichte der Astronomie. Agnes Clerke wurde 1903 als die wichtigste Astronomie-Autorin ihrer Zeit Ehrenmitglied der Royal Astronomical Society – als erst dritte Frau nach Caroline Herschel und Mary Somerville. Sie starb im Alter von 64 Jahren an einer Lungenentzündung in London. A.L.

## Kreuzworträtsel

Lösung aus SuW 5/2015: Beschleuniger

	G	P	U	T	R	
U	N	I	V	E	R	S
A	L	T	A	I	S	B
	T	L	U	P	U	S
P	O	E	L	P	S	K
	K	R	I	P	P	E
U	N	E	S	S	E	N
A	L	T	E	R	O	R
	A	A	A	S	C	H
A	R	G	L	O	S	E

## Gewinner aus Heft 5/2015

**Gewinnspiel:** *Buch »Wie ich Pluto zur Strecke brachte«:* Torsten Förste, 58762 Altena. 138 richtige, 5 falsche/doppelte Einsendungen. Lösung: 1c, 2b, 3c.

**Wer war's?:** *Briefbeschwerer »Cassini«:* Harald Maier, 85567 Grafing; Achim Wöerner, 49744 Dalum; Jürgen Fraas, 92224 Amberg. 76 richtige Einsendungen.

**Kreuzworträtsel:** *Das Tisch-Planetarium* von AstroMedia: Michael Schaaf, 29227 Celle. 74 richtige Einsendungen.

Herzlichen Glückwunsch!



Agnes Mary Clerke (1842–1907)

public domain