

Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik e.V. an der Universität Rostock (IAP) / Dr. Gerd Baumgarten



Anders Peter Schultz, Statens Naturhistoriske Museum

Meteoritenfall nach Feuerkugel in Dänemark

Am 6. Februar 2016 gegen 22:07 Uhr MEZ leuchtete über Norddeutschland und Dänemark eine spektakuläre Feuerkugel oder ein Bolide auf (siehe auch S. 74). Für Sekundenbruchteile gliefste er heller

als der Vollmond, und es waren Überschallknalle zu hören.

Nur wenige Stunden später wurden einige Kilometer nordwestlich der dänischen Hauptstadt Kopenhagen, auf der Insel Seeland, Meteoriten-

bruchstücke entdeckt. Der bislang spektakulärste Fund gelang auf einem Parkplatz in der Ortschaft Herlev. Hier stieß ein Maurermeister auf Bruchstücke eines größeren Meteoritenfragments, das

beim Aufschlag auf die Betonsteine zersplittert war. Zusammen wiegen diese Bruchstücke rund ein Kilogramm, das größte Exemplar 635 Gramm. Auch in der Umgebung des benachbarten Ortes Ejby wur-

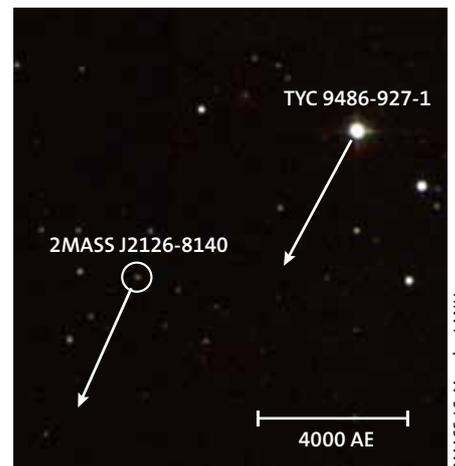
Planetare Fernbeziehung

Seit Jahren finden Astronomen immer wieder frei schwebende Planeten – Welten ohne Zentralgestirn, die in der Weite des Alls langsam auskühlen. Doch äußere Erscheinungen können täuschen: Eines dieser Objekte ist, wie jetzt eine Arbeitsgruppe um Niall Deacon von der University of Hertfordshire feststellte, nicht ganz so einsam, wie es schien. 2MASS J2126 und der Stern TYC 9486-927-1 sind beide 104 Lichtjahre von der Sonne entfernt und bewegen sich präzise in die gleiche Richtung – sie müssen zusammengehören. Die große Entfernung zwischen ihnen –

7000 Astronomische Einheiten oder rund 10^{12} Kilometer – verhinderte, dass sie in den acht Jahren seit ihrer Entdeckung als zusammengehörig erkannt wurden.

Die Masse eines solchen planetaren Objekts zu bestimmen, ist nicht einfach. Doch dank des Zentralsterns ist das jetzt möglich, auch ohne die Umlaufperiode zu

Im nahen Infraroten zeigen sich die beiden Objekte TYC 9486-927-1 und 2MASS J2126 als leuchtschwache Punkte. Die Pfeile veranschaulichen die Eigenbewegung am Himmel innerhalb der nächsten 1000 Jahre.



2MASS / S. Murphy / ANU

Am 6. Februar 2016 konnte Gerd Baumgarten mit einer Canon EOS 550D und einem 28-Millimeter-Objektiv die Feuerkugel über Dänemark von Kühlungsborn an der Ostsee aus fotografieren. Die Belichtungszeit betrug zehn Sekunden, das Bild entstand gegen 22:07 Uhr MEZ. Nur wenige Stunden nach der Feuerkugel fanden sich in der Nähe von Kopenhagen Bruchstücke des Steinmeteoriten (Inset).

den weitere Meteoriten gefunden, welche etwa die Größe eines Golfballs aufweisen.

Es handelt sich um Steinmeteoriten vom Typ der gewöhnlichen Chondriten, also der häufigsten Meteoritenklasse. Die Bruchstücke werden nun im Staatlichen Naturhistorischen Museum in Kopenhagen untersucht. Mittels der zahlreichen Bilder der Feuerkugel ließ sich die Umlaufbahn des Meteoroiden um die Sonne rekonstruieren. Das Objekt umrundete sie auf einem stark elliptischen Orbit, der weit in den Asteroidengürtel zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter hineinreichte.

Da die Meteoriten sehr rasch nach dem Fall geborgen wurden, lässt sich auch ihr Bestrahlungsalter mittels radiometrischer Methoden bestimmen. Dieses gibt an, wie lange der Meteoroid vor dem Einschlag im Sonnensystem unterwegs war, seit er von seinem größeren Mutterkörper, einem Asteroiden, abgespalten wurde.

Arbeitskreis Meteore, 15. Februar 2016

kennen. Anhand der spektroskopischen Merkmale des Sterns lässt sich sein Alter auf 10 bis 45 Millionen Jahre eingrenzen. Der Planet muss das gleiche Alter haben. Daraus und aus seiner Leuchtkraft im Infraroten berechneten Deacon und sein Team, dass das Objekt etwa 12 bis 15 Jupitermassen aufweist. Ein solcher Planet würde seinen Stern etwa alle 900 000 Erdjahre umrunden. Wie ein solches System entsteht und warum es stabil bleibt, ist bislang noch ziemlich rätselhaft.

Deacon, N. R. et al., Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, im Druck, 2016



ESA / Hubble & NA

Rund 160 000 Lichtjahre von uns entfernt, in der Großen Magellanschen Wolke, befindet sich der Kugelsternhaufen NGC 1783. Er enthält rund 170 000 Sonnenmassen an Sternen.

Wie in alten Kugelsternhaufen neue Sterne entstehen

Kugelsternhaufen gehören zu den ältesten Sternansammlungen im Universum. Sie haben sich zum größten Teil vor rund 10 bis 13 Milliarden Jahren aus Ansammlungen von Gas und Staub gebildet, wobei ihre Sterne mehr oder weniger gleichzeitig entstanden. Besonders die massereichsten und kurzlebigen von ihnen fegten mit ihren starken Sternwinden ihre Umgebung frei. Daher gibt es in Kugelsternhaufen kaum noch Gas und Staub, so dass keine neuen Sterne mehr entstehen können. Sie bestehen wegen ihrer hohen Alter nur noch aus langlebigen, massearmen Sternen.

Allerdings sind auch wesentlich jüngere Kugelsternhaufen bekannt, zum Beispiel in der Großen Magellanschen Wolke (GMW), einer Begleitgalaxie unseres Milchstraßensystems. Hier zeigte sich durch spektroskopische Untersuchungen von NGC 1783, dass dieser Kugelsternhaufen vor rund 1,4 Milliarden Jahren entstand. Zur großen Überraschung des Forscherteams um Chengyuan Li am Kavli Institute for Astronomy and Astrophysics der Peking University in China fanden sich aber in NGC 1783 zwei weitere Sterngenerationen mit einem Alter von 890 Millionen und von 490 Millionen Jahren. Vergleichbare Ergebnisse zeigten sich auch bei NGC 1696 in der GMW und NGC 411 in der Kleinen Magellanschen Wolke.

Offenbar haben sich also die Sterne in diesen Kugelsternhaufen nicht alle auf einmal gebildet, sondern in Schüben. Wie kam es aber dazu? Die Forscher um Li vermuten, dass Kugelsternhaufen, die in der Hauptebene ihrer Galaxie umlaufen, in der sich große Mengen an Gas und Staub befinden, Materie mittels ihrer Schwerkraft aufsammeln und in ihrem Inneren anreichern können. So entstehen in ihnen dichte Ansammlungen aus Gas und Staub. Diese werden schließlich so dicht, dass sie unter ihrer eigenen Schwerkraft kollabieren und dabei eine große Anzahl an Sternen gleichzeitig entsteht. Erstmals wurde diese Idee im Jahr 1952 veröffentlicht, sie konnte aber seinerzeit nicht mit Beobachtungen untermauert werden. Nun gibt es aber ernsthafte Hinweise darauf, dass die »Adoption« von Gas und Staub tatsächlich funktionieren kann und Kugelsternhaufen somit mehrere Sterngenerationen aufweisen können. Li, Ch., et al., Nature, Doi: 10.10138/nature16493, 2016

Der erste Gaia-Katalog kommt im September 2016

Um den Nutzern eine optimale Qualität beim ersten Sternkatalog von Gaia zu bieten, entschlossen sich die Projektverantwortlichen dazu, die Veröffentlichung von Mitte 2016 auf den Frühherbst zu verschieben.

LISA Pathfinder nimmt die Arbeit auf

Am 22. Februar 2016 wurden die beiden aus Gold und Platin bestehenden Testmassen im Inneren des Satelliten völlig freigegeben und unterliegen jetzt nur noch dem Einfluss der Gravitation. LISA Pathfinder erprobt nun ab dem 1. März Technologien zum weltraumgestützten Nachweis von Gravitationswellen.

Tibet als Standort für Großteleskope?

Das Hochland von Tibet eignet sich für die Errichtung von astronomischen Großteleskopen – dies ist das Fazit einer Studie. Demnach ähneln die atmosphärischen Bedingungen in der rund 4500 Meter hohen Präфекtur Ngari jenen auf dem Mauna Kea in Hawaii oder dem Paranal in Chile.

Hauptspiegel für JWST fertig montiert

Anfang Februar 2016 waren alle 18 Segmente des 6,5 Meter großen Hauptspiegels des James Webb Space Telescope (JWST) zusammengebaut. Der Start ist im Jahr 2018 geplant.

Japanischer Röntgensatellit Astro-H gestartet

Am 18. Februar 2016 brachte eine H-IIA-Trägerrakete das japanische Weltraumteleskop Astro-H ins All. Es soll den Himmel im Röntgenlicht und im Bereich der weichen Gammastrahlung beobachten. Nach dem erfolgreichen Start wurde der Satellit in Hitomi, japanisch: »Pupille«, umbenannt.

Weitere aktuelle Meldungen aus Astronomie und Raumfahrt finden Sie auf www.spektrum.de/astronomie und [www.twitter.com/Sterne_Weltraum](https://twitter.com/Sterne_Weltraum)

W I S wissenschaft in die schulen!

Der Bau der Jupitersonde JUICE beginnt

Die Europäische Raumfahrtbehörde ESA erteilte Ende 2015 dem Raumfahrtkonzern Airbus Defense and Space in Toulouse offiziell den Auftrag zum Bau und der Entwicklung der Jupitersonde JUICE, dem »Jupiter Icy Moons Explorer« (siehe SuW 12/2015, S. 28). Der Auftrag hat ein Volumen von 350 Millionen Euro. JUICE soll Mitte 2022 mit einer Trägerrakete vom Typ Ariane-5 von Kourou in Französisch-Guayana starten und wird rund siebeneinhalb Jahre benötigen, um ihr Ziel Anfang 2030 zu erreichen.

Die Sonde wiegt beim Start rund fünfeinhalb Tonnen und ist mit zwei Solarzellenauslegern mit insgesamt 97 Quadratmeter Fläche zur Stromversorgung ausgerüstet. Da auch die leistungsstärkste europäische Trägerrakete Ariane-5 JUICE nicht direkt auf eine Transferbahn zum Jupiter bringen kann, muss die Sonde vier Flyby-Manöver an Planeten im Sonnensystem durchführen, um genügend Schwung zu erhalten. JUICE wird daher dreimal an der Erde und einmal an der Venus vorbeifliegen.

Die Hauptziele der auf rund dreieinhalb Jahre im Jupiterumfeld ausgelegten Mission sind die Erkundung der drei großen eishaltigen Monde Kallisto, Ganymed und Europa sowie die Erforschung des Riesenplaneten selbst samt seinem Magnetfeld mit den intensiven Strahlungsgürteln. Bei den Monden soll die Arbeit der US-Raumsonde Galileo fortgesetzt werden, die Jupiter von 1995 bis 2003 umrundete. Da ihre Hauptantenne durch ein mechanisches Problem ausfiel, konnte Galileo nur einen Bruchteil der ursprünglich geplanten Bilder aus dem Jupitersystem zur Erde funken. Nun liegt es an JUICE, die Kartierung der drei Monde zu vervollständigen und nach indirekten Anzeichen für mögliche Lebensräume im Inneren der Monde zu suchen. Gegen Ende der Mission ist es geplant, JUICE in eine rund 500 Kilometer hohe Umlaufbahn um den Mond Ganymed einschwenken zu lassen. Damit würde die Sonde zum ersten künstlichen Satelliten eines Mondes im äußeren Sonnensystem. Zum endgültigen Schluss soll JUICE dann gezielt auf Ganymed zum Absturz gebracht werden.

ESA / Airbus Defense and Space



Airbus Defense and Space 2015

Soll Anfang 2030 Wirklichkeit werden: Die europäische Jupitersonde JUICE erkundet den Riesenplaneten und seine großen Eismonde (künstlerische Darstellung).



MEADE
INSTRUMENTS

ETX 90 OBSERVER

Tubus abnehmbar!



Qualität, Wertigkeit und Leistungsfähigkeit. Dafür stand die ETX-Serie über Jahre hinweg. Mit jedem neuen ETX Model wurden Verbesserungen und Weiterentwicklungen eingeführt. Auch das neue ETX 90 Observer wird diesen Werten gerecht.

Erfreuen Sie sich an den Anblicken des Sonnensystems und von himmlischen Objekten mit der 90mm Optik, zu jeder Zeit und an jedem Ort! Mit dem Transportkoffer und der langlebigen Stativ-Tragetasche wird der Transport des ETX 90 Observer zum Kinderspiel.

Nun mit AudioStar!



Das ETX 90 Observer ist ein hochentwickeltes, automatisiertes und transportables Teleskop. Das neue Design, mit dem abnehmbaren Tubus, ist nahezu ideal für Tages-, als auch Nachtbeobachtungen. Besondere Eigenschaften, wie die Ultra-High-Transmission Vergütung (UHTC), AudioStar und Goto-Technologie mit einer großen 30.000 Objekte umfassenden Datenbank runden das gesamte Paket ab.

Es ist das perfekte Teleskop für Campingausflüge und Freizeitaktivitäten. Sternegucken macht Spaß, ist einfach und gehört eigentlich zur Grundbildung. Mit dem ETX 90 Observer, können Sie Planeten, Sterne, Galaxien und Nebel auf Knopfdruck beobachten.

Transportkoffer und
Stativtragetasche im
Lieferumfang enthalten



MEADE Optical Instruments Europe Ltd.
Vertretungsbüro & Warenlager
Duracher Str. 11
D - 87437 Kempten
Tel.: +49-831-697 28 82 50
Email: info@meade-optical.com

www.meade.com

»Grüne Erbsen« erhellten frühes Universum

Eine der Schlüsselfragen in der Kosmologie ist die Identifizierung der Strahlungsquellen, welche für die Reionisation der Materie nach dem Urknall sorgten. Der neutrale Wasserstoff sorgte dafür, dass sich ultraviolette Strahlung nicht weit ausbreiten konnte, der Kosmos war also dunkel. Seine Reionisation ist eine der am wenigsten verstandenen Epochen der kosmischen Geschichte. Ein Team aus Astronomen unter der Leitung von Juri Isotow von der Akademie der Wissenschaften der Ukraine untersuchte

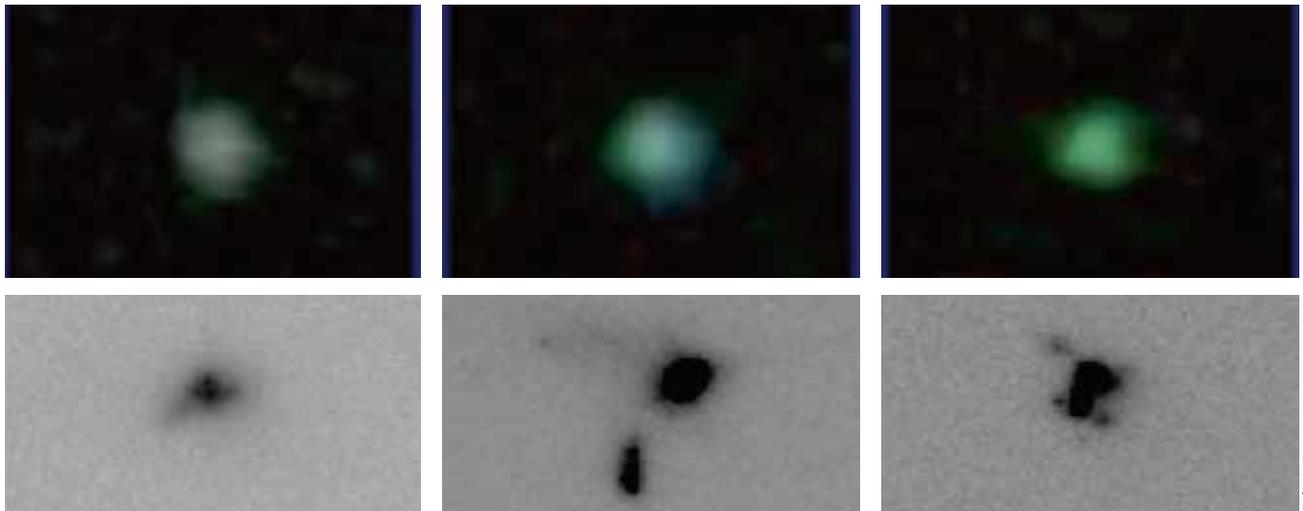
»Green Peas« ist eine scherzhafte Bezeichnung für Zwerggalaxien aus der Frühzeit unseres Universums wegen ihres grünlichen Leuchtens.

nun, wie die Green-Peas-Galaxien dabei eine Rolle gespielt haben.

Green Peas, also englisch: Grüne-Erbse-Galaxien, sind benannt nach ihrem Erscheinungsbild in astronomischen Aufnahmen. Sie können große Mengen an massereichen Sternen gleichzeitig bilden. Die Untersuchungen zeigen nun, dass die starke ultraviolette Strahlung dieser heißen Sterne ausreicht, um die Reionisierung des Kosmos zu erklären. In dieser Phase wurde ein Großteil des Wasserstoffs des frühen Universums in Protonen und Elektronen aufgespalten. Bislang wurde vermutet, dass die meiste Strahlung bereits innerhalb der Galaxien reabsorbiert wird und die Energie für eine Spaltung des intergalaktischen Wasserstoffs nicht ausgereicht hätte.

Mit dem Weltraumteleskop Hubble suchte das Forscherteam deshalb nach leuchtkräftigen Green-Peas-Galaxien in unserer kosmischen Umgebung. Insbesondere bei einer Galaxie mit der Bezeichnung J0925+1403 konnten sie nachweisen, dass tatsächlich acht Prozent ihrer UV-Strahlung in den intergalaktischen Raum entkommt. Das reicht aus, um dort Wasserstoffgas mit dem mehr als 40-Fachen der Gesamtmasse der Galaxie zu ionisieren. Die Forscher vermuten, dass Green-Peas-Galaxien tatsächlich die kosmische Reionisierung vollbringen konnten und sie deshalb eine Schlüsselrolle beim Übergang vom dunklen zum hellen kosmischen Zeitalter innehatten.

Isotow, I. et al., Nature 529, S. 178 – 180, 2016



Galaxy Zoo

»Sterne und Weltraum«-Gewinnspiel

Mit etwas Glück können Sie ein Exemplar des Bausatzes »Das Newton-Spiegelteleskop« von AstroMedia gewinnen. Damit können Sie selbst ein Teleskop zusammenbauen und seine Funktionsweise nachvollziehen.

Senden Sie die Ziffern der Fragen und den jeweils zugehörigen Buchstaben der richtigen Lösung bis zum **7. April 2016** per E-Mail mit der Betreffzeile »Alpha Centauri« an: gewinnspiel@sterne-und-weltraum.de



Frage 1: Von Alpha Centauri trennen uns rund

- a) 3,3 Lichtjahre
- b) 4,3 Lichtjahre
- c) 5,3 Lichtjahre

Frage 2: Das System von Alpha Centauri besteht aus bis zu:

- a) drei Sternen
- b) vier Sternen
- c) fünf Sternen

Frage 3: Welcher Stern ähnelt der Sonne am meisten?

- a) Proxima Centauri
- b) Alpha Centauri B
- c) Alpha Centauri A

Teilnahmebedingungen: Alle »Sterne und Weltraum«-Leser, die bis zum 7. April 2016 die richtigen Lösungen an die genannte E-Mail-Adresse senden, nehmen an der Verlosung teil. Bitte dabei unbedingt die Postanschrift angeben. Maßgebend ist der Tag des Eingangs. Ausgeschlossen von der Teilnahme sind die Mitarbeiter der Spektrum der Wissenschaft

Verlagsgesellschaft mbH und deren Angehörige. Die Preise sind wie beschrieben. Ein Tausch der Gewinne, eine Auszahlung in bar oder in Sachwerten ist nicht möglich. Der Rechtsweg ist ausgeschlossen. Mit der Teilnahme am Gewinnspiel erkennt der Einsender diese Teilnahmebedingungen an.

Ein mittelgroßes Schwarzes Loch nahe dem Milchstraßenzentrum

Mit einer Masse, die dem Hunderttausendfachen unserer Sonne entspricht, ist dieses Schwarze Loch nicht ganz so massereich wie sein bekannter Nachbar Sagittarius A* – das zentrale Schwarze Loch unserer Galaxis. Dafür kommt es umso überraschender. Denn Tomoharu Oka von der Keio Universität in Japan und seine Kollegen wollten mit Hilfe der Radioteleskope in Nobeyama in Japan und ASTE in Chile eigentlich eine außergewöhnliche Gaswolke beobachten, die sich nur etwa 200 Lichtjahre vom Zentrum unserer Galaxis entfernt befindet. Die als CO-0.40-0.22 bezeichnete Wolke bewegt sich jedoch mit extrem heterogenen Geschwindigkeiten: Ihre schnellsten und langsamsten Moleküle rasen mit einer Differenz von bis zu 100 Kilometern pro Sekunde durchs All.

Die wahrscheinlichste Erklärung hierfür ist ein Schwarzes Loch: Dessen Gravitation beschleunigt die Gase stark und zieht sie an, in der Akkretionsscheibe werden sie allerdings teilweise auch wieder abgebremst. Dagegen konnten die Wissenschaftler keine kompakten Objekte im

Infraroten oder Röntgenlicht nachweisen.

Die Simulationen ergaben jedoch auch, dass es sich weder um ein relativ kleines stellares noch ein extrem massereiches Schwarzes Loch handeln kann, sondern um eines mittlerer Masse. Dieser Typ wurde bislang nur vermutet, seine Existenz ist noch nicht zweifelsfrei belegt: Die Entdeckung von Oka und Koautoren könnte also eine Premiere sein. Schwarze Löcher der Mittelklasse enthalten zwischen 100 und einer Million Sonnenmassen. Sie bilden womöglich die Grundlage für ihre extrem massereichen Verwandten: Diese wachsen wahrscheinlich zu ihrer Größe an, indem mittelgroße Vertreter zu immer massereicheren Schwarzen Löchern verschmelzen – bis eventuell eine maximale Obergrenze erreicht ist.

Der noch unbenannte Typ in CO-0.40-0.22 deutet auf diese Art der kosmischen Evolution hin: Er liegt in der Nähe von Sagittarius A* und verschmilzt womöglich in ferner Zukunft mit diesem extrem massereichen Schwarzen Loch.

<http://arxiv.org/abs/1512.04661>



In der Gaswolke CO-0.40-0.22 befindet sich möglicherweise ein mittelgroßes Schwarzes Loch mit einer Masse von rund 100 000 Sonnenmassen (künstlerische Darstellung).



Die Rotationsperiode des Merkur

»Beim innersten Planeten sind die Gezeitenkräfte der Sonne fast zwanzigmal so stark wie bei der Erde. Man hat daher lange Zeit angenommen, daß [sie] ... seine Eigenrotation fort-

während abgebremst haben, bis schließlich – wie bei unserem Mond – die ... Rotation mit der Periode des Umlaufs um die Sonne von 88 Tagen übereinstimmte. DYCE und PETTENGILL ... gelang es vor kurzem, Radarkontakt zum Merkur herzustellen. Sie ... fanden ... eine Rotationsperiode von 59 ± 8 Tagen. ... Daraufhin [ergab eine erneute Untersuchung] ... aller ... [visuellen Beobachtungen] eine Periode von 58,65 Tagen. Dieser Wert ist gerade $2/3$ der Umlaufperiode, ... wahrscheinlich kein Zufall. ... Himmelsmechanische Rechnung zeigt bei den Periodenverhältnissen $1/2, 1, 3/2, 2, 5/2$ usw. Resonanzen, ... vor allem bei $3/2$ Warum aber stabilisierte sich die Rotationsperiode des Merkur nicht schon bei den Werten $5/2$ oder 2 (entsprechend schnellerer Rotation, also ... zeitlich vorausgehend)?«

(SuW, April 1966, S. 87)

Beim Stichwort »Merkur« mag mancher Leser an die Periheldrehung der Merkurbahn denken, bei welcher der französische Astronom Urbain Le Verrier 1859 einen unerklärlichen Anteil von 38 (heute: 43) Bogensekunden pro Jahrhundert feststellte. Albert Einstein wies schon 1916 bei einer Vorstellung seiner allgemeinen Relativitätstheorie darauf hin, dass genau dieser Anteil mit ihr erklärt wurde.

Hier dagegen geht es um die einfache Frage: wie schnell rotiert Merkur? Dazu gab es, wie gesagt, eine feste Meinung. Da der Mond uns immer dieselbe Seite zeigt, rotiert er gerade so schnell, wie er die Erde umkreist – eine natürliche Folge der durch die Gezeiten bewirkten Abbremsung. Für Merkur müsste das genauso gelten; auch visuelle Beobachtungen passten zu dieser Vorstellung. Erste Unstimmigkeiten wurden anders interpretiert. Erst nach direkten Messungen durch eine neue Technik (Radar) wurde die anderthalbfach schnellere Rotation akzeptiert. Sie macht den Merkurtag zwei Merkurjahre lang und bewirkt, dass für einen Teil des Tages die Sonne ihre Laufrichtung am Himmel umkehrt.

Die Erklärung dieser stabilen Rotation durch Gezeiten auf dem festen Merkur bereitete zunächst Schwierigkeiten. Jedoch zeigte sich, dass ihre Entstehung durch die große, langfristig veränderliche Exzentrizität der Merkurbahn sehr begünstigt wird. Noch wichtiger war der Beitrag der Raumsonde Mariner 10. Das 1974 beim Vorbeiflug völlig unerwartet entdeckte Magnetfeld legte nahe, dass Merkurs Kern geschmolzen und deshalb nicht fest an die Kruste gekoppelt ist. Neue Radarbeobachtungen und die Merkursonde Messenger haben das in den letzten Jahren bestätigt. So ist jetzt Merkurs besondere Rotation zu verstehen; sie hängt eng zusammen mit dem besonderen inneren Aufbau dieses extremen Planeten. Die nächste Sonde, BepiColombo, soll 2017 auf ihren Weg zu Merkur gehen. CHRISTOPH LEINERT