



Daniel Eisele

Einen Mondregenbogen fotografierte im Jahr 2018 Daniel Eisele über der Bucht von Onnason auf Okinawa, Japan.

Das Phänomen ist an sich gut bekannt, aber es wird wirklich selten beobachtet. Ein Foto aus dem Leserbildarchiv von SuW ist links wiedergegeben. Ein weiteres – aus Hawaii – ist auf der Leserbriefseite von SuW 11/2013, S. 8, abgedruckt. Dort sieht man sogar Sterne, da der Bogen nicht vor Wolken, sondern vor klarem Himmel stand.

Bei Anfragen zu atmosphärischen Effekten verweise ich die Leser eigentlich immer auf die wunderbare Webseite

www.meteoros.de des »AK Meteore e.V.«, alias Fachgruppe »Atmosphärische Phänomene« der Vereinigung der Sternfreunde, e. V. (VdS). In diesem Fall war ich aber ganz überrascht, dort keinerlei Mondregenbögen oder Mondhalos zu finden.

ULRICH BASTIAN

Mond-Regenbogen

Am Abend des 22. Dezember 2018 um 18:30 Uhr MEZ holte mich meine Enkelin: »Komm Opa, da ist ein Mondregenbogen.« – Ich staunte nicht schlecht. Ein ganz schöner Regenbogen im Westen. Der gesamte Bogen war sehr

deutlich, mit Farben zu sehen. Der volle Mond, fast ganz in Erdnähe, stand im Osten rund 30 Grad über dem Horizont.

Meine Frage an Sie: Hat jemand in ihrer Leserschaft schon mal einen solchen Mondregenbogen gesehen

oder gar fotografiert? Ich bin 78 Jahre alt und betreibe schon 35 Jahre Astronomie (genauso lange beziehe ich Ihre Zeitschrift), aber so etwas habe ich noch nie gesehen.

WILFRIED ÖHLER,
AICHHALDEN

Mondentfernung selbst messen

Die drei im Artikel von Udo Backhaus in SuW 1/2019, S. 78, vorgestellten Methoden zur Bestimmung der Mondentfernung möchte ich um eine weitere ergänzen: Bei ihr kann man ohne Partner und in kurzer Zeit zu einem Ergebnis kommen. Dazu muss man allerdings etwas tiefer in die Werkzeugkiste der Physik greifen (siehe Kasten unten). Die dort gezeigte Gleichung besagt, dass sich der Abstand des Mondes allein durch Messung

seiner Winkelgeschwindigkeit am Himmel bestimmen lässt. Bei der Beobachtung von der Erde aus wird die Umlaufbewegung des Mondes aber von der Erdrotation überlagert. Will man diesen Parallaxeneffekt vermeiden, muss man den Mond fotografieren, während man sich (fast) genau auf ihn zu- oder von ihm wegbewegt, also zum Zeitpunkt seines Ost- beziehungsweise Westdurchgangs.

Am 23. November 2018 habe ich den Mond um 18:21 Uhr und 19:20 Uhr MEZ am Osthimmel fotografiert. Durch Überlagerung je einer kurz und einer länger belichteten Aufnahme konnte ich mit Hilfe des Programms nova.astrometry.net die Positionen des Mondes relativ zu Sternen messen und daraus seine Winkelgeschwindigkeit zu 0,61 Grad pro Stunde berechnen. Die daraus bestimmte Entfernung von 358 000 Kilometern ist nur um drei Prozent kleiner als derjenige der Software Stellarium für jenen Abend angegebene Wert.

Systematische Fehler entstehen bei dieser Methode, da Mond und Erde den gemeinsamen Schwerpunkt umlaufen, der nicht im Erdmittelpunkt liegt. Zudem bewegt sich der Mond auf einer elliptischen Bahn, das heißt außer im Perigäum und im Apogäum auch auf die Erde zu oder von ihr weg. Beide Effekte haben entgegengesetzte Wirkung auf die Mondentfernung; der erstere, der zu kleine Entfernungen bewirkt, überwiegt jedoch.

ALFRED KNÜLLE-WENZEL, BOCHUM

Virialsatz und Mondentfernung

In gebundenen Systemen gilt der Virialsatz, der besagt, dass die potenzielle Energie von Objekten gleich dem doppelten Wert der kinetischen Energie ist: $2E_{\text{kin}} = -E_{\text{pot}}$. Daraus kann man durch Einsetzen der bekannten Beziehungen für E_{kin} und E_{pot} im Gravitationsfeld die folgende Gleichung für die Mondentfernung (R_M) herleiten:

$$\frac{R_M}{R_E} = 3 \sqrt{\frac{g}{\omega_M^2 R_E}}$$

Hier wird neben der zu messenden Winkelgeschwindigkeit (ω_M) und dem Erdradius (R_E) lediglich die Kenntnis der Schwerebeschleunigung an der Erdoberfläche (g) benötigt.

Weitere Einsendungen finden Sie auf unserer Homepage unter www.sterne-und-weltraum.de/leserbriefe, wo Sie auch Ihren Leserbrief direkt in ein Formular eintragen können. Zuschriften per E-Mail: leserbriefe@sterne-und-weltraum.de

Die Energie des Blazar-Neutrinos: eine Zusatzfrage

Vielen Dank für die aufschlussreiche Antwort von Herrn Reichert auf meine Leserfrage zu dem kosmischen Neutrino mit der wahnwitzigen Energie (siehe SuW 11/2018, S. 7). Jetzt ist mir allerdings noch Folgendes aufgefallen, und vielleicht können Sie so freundlich sein, mir dies ebenfalls zu erklären:

Einer der Jets des Blazars TXS 0506+56 muss ja in Richtung Erde zeigen; hier wird ja auch die Gammastrahlung beobachtet, die mit dem Neutrino zusammen abgesandt wurde.

Und wenn das Neutrino – wie Herr Reichert im Novemberheft auf S. 7 schreibt – auf die Trümmer eines schnellen Protons in dem Jet des Blazars zurückzuführen ist, dann müsste im Ruhesystem des Protons das Neutrino ausgerechnet in die Richtung des Jets geschleudert werden. Ist das nicht etwas seltsam?

JÜRGEN BECK,
BERG AM STARNBERGER SEE

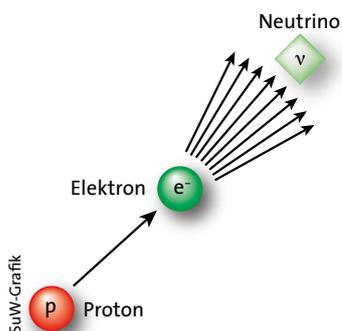
Die Antwort ist physikalisch sehr klar, aber keineswegs naheliegend. Insofern ist die Frage berechtigt. Wenn ein, sagen wir, 300000-Teraelektronvolt-Proton durch irgendeine Reaktion mit seiner Umgebung ein 300-Teraelektronvolt-Neutrino erzeugt (siehe Abbildung unten), dann kann dieses Neutrino

im Ruhesystem des Protons in jede beliebige Richtung abgeschickt werden. Es wird in unserem Ruhesystem und im Ruhesystem des Blazars immer praktisch genau in derselben Flugrichtung unterwegs sein wie das Proton. Der Fachausdruck für diesen Effekt heißt *relativistic beaming* oder *relativistic boost*.

Eine anschauliche (allerdings nichtrelativistische) Erklärung ist die folgende: Stellen Sie sich einen Raumflugkörper vor, der mit einer Geschwindigkeit von 70 Kilometern pro Sekunde an der Erde vorbeifliegt und plötzlich durch eine chemische Verpuffung an Bord explodiert. Die Trümmer fliegen dann aus der Sicht des armen darin sitzenden Astronauten mit 0,5 bis höchstens 2 Kilometer pro Sekunde in alle Richtungen auseinander. Von der Erde aus gesehen fliegen sie aber alle mit rund 69 bis 71 Kilometer pro Sekunde in ziemlich genau die selbe Richtung weiter (innerhalb von einem Grad) wie der intakte Flugkörper zuvor.

Und noch etwas Wichtiges folgt nebenbei aus dieser Erklärung: Das Neutrino braucht im Ruhesystem des Protons – oder der das Neutrino erzeugenden Reaktion – gar keine große Energie zu haben, um bei uns mit seinen aberwitzigen 300 Teraelektronvolt anzukommen. U.B.

Wenn ein schnelles Proton des Blazar-Strahls mit einem anderen Teilchen, zum Beispiel mit einem Elektron der Umgebung zusammenprallt, dann entsteht eine Vielzahl von neuen Teilchen, darunter auch Neutrinos. Alle diese Teilchen fliegen dann fast genau in Richtung des ursprünglichen schnellen Protons.



Gedanken zu dem interstellaren Besucher

Mit großem Schwung kam aus der Ferne,
II/Oumuamua von einem andren Sterne.

Es sprach des Schiffes Oumuamuas Kommandant,
»Dieser blaue Planet erscheint mir int'ressant.
Es scheint, als könnte es dort geben
vielleicht sogar intelligentes Leben.

Richten wir auf den Planeten die Antennen
und lernen ihn genauer kennen.«

Nach kurzer Zeit hat man sich ein Bild gemacht
und über die Kontaktaufnahme nachgedacht.
»Man nennt sie »Menschen«, und »Erde« heißt ihr Planet,
und wir sehen, wie es um ihre Entwicklung steht.

Sie können zu anderen Planeten reisen
und dort Aminosäuren und Wasser nachweisen.
Sie können bis an den Rand des Weltalls seh'n,
sind in der Lage, Quanteneffekte zu versteh'n.
Doch wie ist es bei ihnen daheim bestellt,
in ihrer empfindlichen kleinen Welt?

Sie impfen die Luft mit Schadstoffen und Abgasen,
die sie in Massen in die Atmosphäre blasen.
Sie roden achtlos ihre gewachsenen Wälder,
verseuchen mit Pestiziden ihre Felder,
erzeugen durch Massentierhaltung Keime, die multiresistent
und damit Krankheiten, gegen die man kein Mittel kennt.

Es scheint zu sein ihres Lebens wichtigster Sinn,
immer nur zu machen maximalen Gewinn.
Sie führen Kriege, bauen immer neue Waffen,
um eigene Artgenossen beiseite zu schaffen.
In ihrem Streben ist Macht und Geld
viel wichtiger als die Erhaltung ihrer Welt.

Das können keine intelligenten Wesen sein,
die lassen wir lieber mit sich allein.«
Und schnell stellt man den Sender stumm
nach einer Runde um die Sonne rum.
Mit erhöhtem Schwung, schneller ging es kaum
flog Oumuamua weg in den interstellaren Raum.
Und deshalb ist es auf der Erde so gekommen,
dass man keinerlei Signal hat wahrgenommen.

Lutz Muche, Freiberg

Voyager-Fluchtrichtung

Ist es nicht eigentlich ein Glück, dass die beiden Voyager-Sonden, wohl bedingt durch die Planetenkonstellationen, gerade in die eingeschlagene Richtung ihre Forschungen absolviert und nun die Heliosphäre verlassen haben? Andernfalls hätten die Sonden diese Grenze wohl erst in Jahrzehnten oder überhaupt nie erreicht und uns schon gar nicht darüber Daten übermitteln können. Oder ist diese Richtung aus irgendeinem Grund doch zwangsläufig und logisch so günstig?

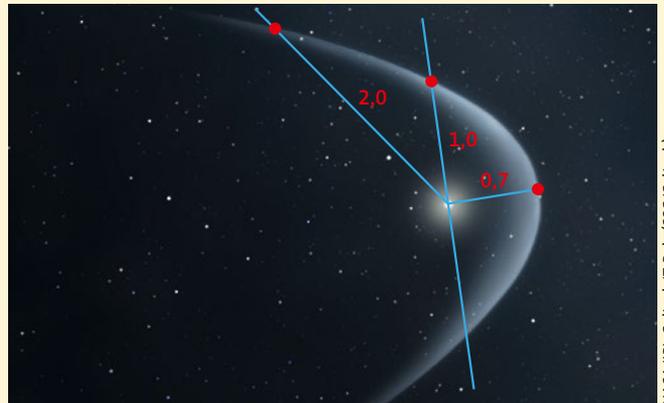
ALBERT BLAUENSTEINER, WIEN

Die Heliosphäre ist die Gasblase, die vom Sonnenwind in das allgemeine interstellare Medium der Milchstraße geblasen wird. Sie endet in einer Stoßfront, in welcher der von unserem Zentralgestirn ausgehende Sonnenwind mit Überschallgeschwindigkeit mit dem umgebenden Gas in der Milchstraße zusammenstößt.

Die Flugrichtungen der beiden Voyager-Missionen wurden, wie Herr Blauensteiner richtig vermutet, ausschließlich durch die Konstellation der Gasplaneten in den 1970er und 1980er Jahren bestimmt. Die Sonden sollten an möglichst vielen Planeten vorbeifliegen, ohne gewaltige Mengen an Raketentreibstoff für Bahnänderungen zu benötigen. Das legte ihren Pfad durch das Sonnensystem komplett fest. Insbesondere besuchte Voyager 2 alle vier Gasplaneten (siehe Grafik unten).

Ihre Flugrichtungen in den interstellaren Raum unterscheiden sich um rund 90 Grad. Ein besonderes Glück ist es trotzdem nicht, dass beide Sonden auf diesen Bahnen die Grenze der Heliosphäre in begrenzter Zeit erreicht haben. Eher wäre es umgekehrt Pech gewesen, wenn eine der beiden zufällig ziemlich genau in Richtung des »Schweifs« der Heliosphäre gelaufen wäre. Denn wählt man einfach zufällig eine beliebige Flugrichtung relativ zur Richtung des »Schweifs«, dann variiert die Länge der Strecke bis zur Grenzfläche für mehr als 80 Prozent aller Fälle nur innerhalb eines Faktors 2 (siehe Grafik rechts oben).

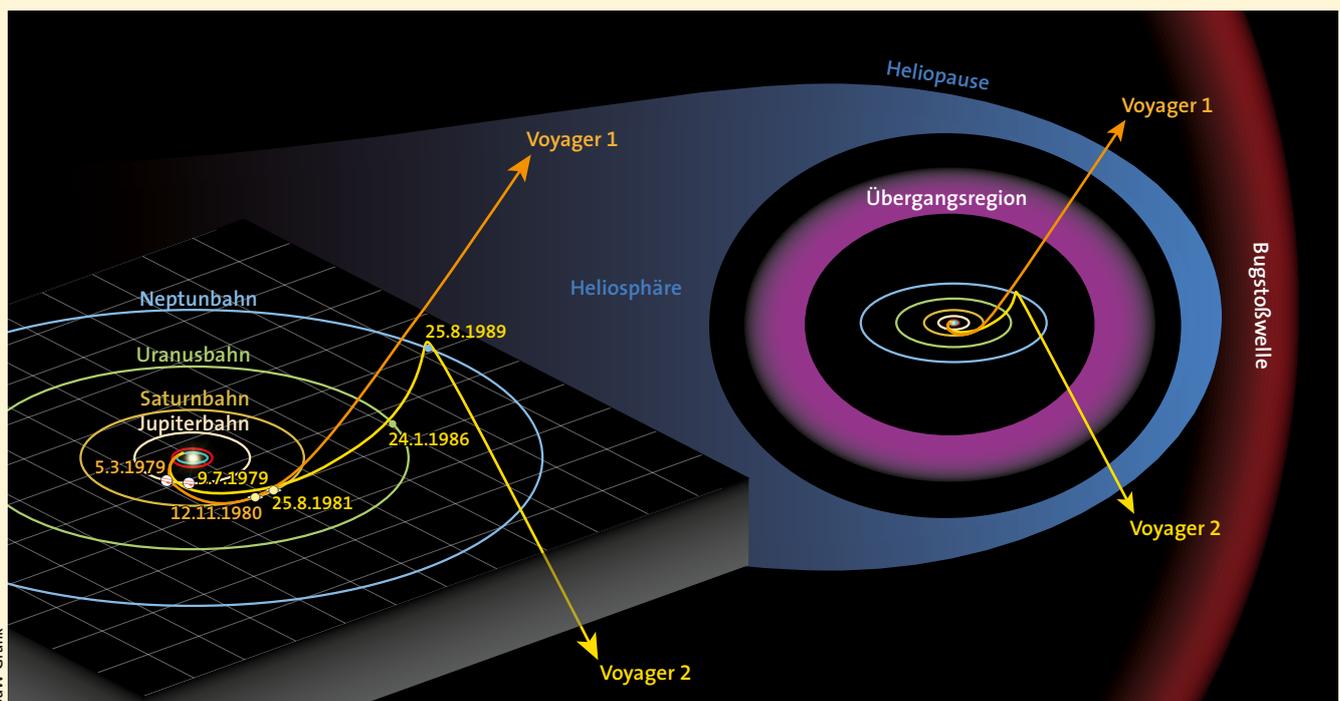
TILMANN ALTHAUS



NASA/JPL-Caltech/T. Pyle (SSC/Caltech)

Die Bugstoßwelle der Heliosphäre ist in Bewegungsrichtung der Sonne zu einer Kuppe eingedrückt und wird in der Gegenrichtung zu einem Schweif ausgezogen. Die beispielhaft in Rot eingetragenen Abstände von der Sonne zur Stoßfront (in relativen Einheiten) zeigen an, dass diese nur in 20 Prozent aller Raumrichtungen mehr als doppelt so groß sind wie quer zur Bewegungsrichtung.

Die beiden Voyager-Raumsonden erkundeten von 1979 bis 1989 alle vier Gasplaneten, bevor sie in die Heliopause vordrangen, die als eine der äußeren Grenzen des Sonnensystems gilt.



SuW-Grafik

Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um Antwort und stellen die interessantesten Beiträge vor.

Tapetenwechsel? Wir stellen ein!

Das Team von Astroshop sucht Verstärkung in verschiedenen Bereichen. Schauen Sie in unsere Stellenangebote und bewerben Sie sich.

Wir freuen uns auf Sie!

Fachberater/-in Astronomie

Sowohl Junior Berater für den Einsteigerbereich als auch Senior Berater für High End Produkte & Sternwarten gesucht.

Category Manager/-in Astronomie

Einkauf, Kontakt zu Lieferanten, Beschäftigung mit Produkten verschiedener Marken, Neuanlage und Pflege des Contents.

Category Manager/-in Sportoptik

Einkauf, Kontakt zu Lieferanten, Beschäftigung mit Produkten verschiedener Marken, Neuanlage und Pflege des Contents.

Arbeitsort ist je nach Position in Landsberg am Lech oder München.
Initiativbewerbungen auf nicht ausgeschriebene Stellen sind ebenfalls willkommen!

Mehr Infos unter www.nimax.de/karriere

 **Astroshop.de**