

# ASTRONOMY MONTHLY

## Voyager 2: Zwischen zwei Sternen

Vor kurzem hat die Raumsonde Voyager 2 nach 42 Jahren das Sonnensystem verlassen. Dabei wurden natürlich Messdaten an die Erde gesendet. Die Ergebnisse aus dem äußersten Rand der Heliosphäre sind gleichsam erstaunlich wie überraschen:

## SpaceX und Boeing

Diese beiden Raumfahrtunternehmen bereiten sich auf bemannte Missionen zur internationalen Raumstation vor.

## Lagunennebel

Messier 8 / NGC 6523

Dieser Haufen aus Nebel und Staub im Sternbild Schütze ist Heimat vieler protoplanetaren Wolken. Zum Leuchten bringt ihn der Sternhaufen NGC 6530.

# Voyager 2: Zwischen zwei Sternen

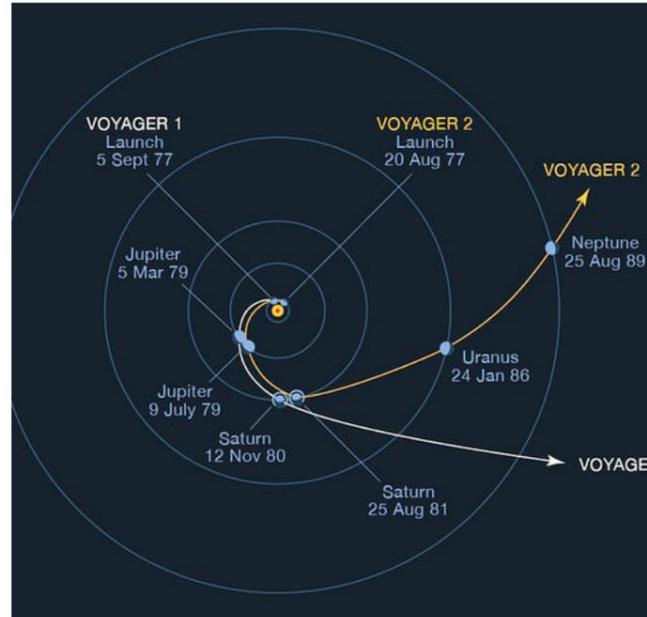
Vor einem Jahr schrieb Voyager 2 wieder einmal Raumfahrtgeschichte. Nach mehr als vier entdeckungsreichen Jahrzehnten im All durchquerte die Sonde der US-Weltraumbehörde Nasa am 5. November 2018 den Grenzbereich der sogenannten Heliosphäre zum interstellaren Raum. 2012 war das schon ihrer Zwillingssonde Voyager 1 gelungen, allerdings konnten damals einige wichtige Messungen nicht durchgeführt werden. Das holte Voyager 2 nach. Nun legen Astrophysiker in gleich fünf Studien in „Nature Astronomy“ die ersten Datenauswertungen dieser bemerkenswerten Passage vor – und berichten von Hinweisen auf bisher unbekannte Prozesse.

Die Heliosphäre ist so etwas wie eine riesige Blase, die durch den stetigen Teilchenstrom der Sonne erzeugt wird. Im Einflussbereich dieses Sonnenwinds wird die Materie aus dem interstellaren Raum verdrängt, galaktische kosmische Strahlung wird zu einem erheblichen Teil abgelenkt. Dadurch hat die Heliosphäre eine wichtige Schutzfunktion für die Planeten, die innerhalb dieser Blase liegen – auch für uns Erdenbewohner.

Die äußerste Grenze der Heliosphäre, genannt Heliopause, markiert den Übergang zum interstellaren Raum. Zwar übt die Sonne auch darüber hinaus gravitativen Einfluss auf Asteroiden und Kometen aus, deshalb endet mit der Heliopause nicht das Sonnensystem. Aber anstelle des Sonnenwinds und des solaren Magnetfelds dominieren hier Materie, Strahlung und Magnetfelder aus dem Raum zwischen den Sternen – Wissenschaftler sprechen vom interstellaren Medium. Die Daten von Voyager 2 zeigen nun, dass die Sonde diese Grenze in nur einem einzigen Tag passiert hat.

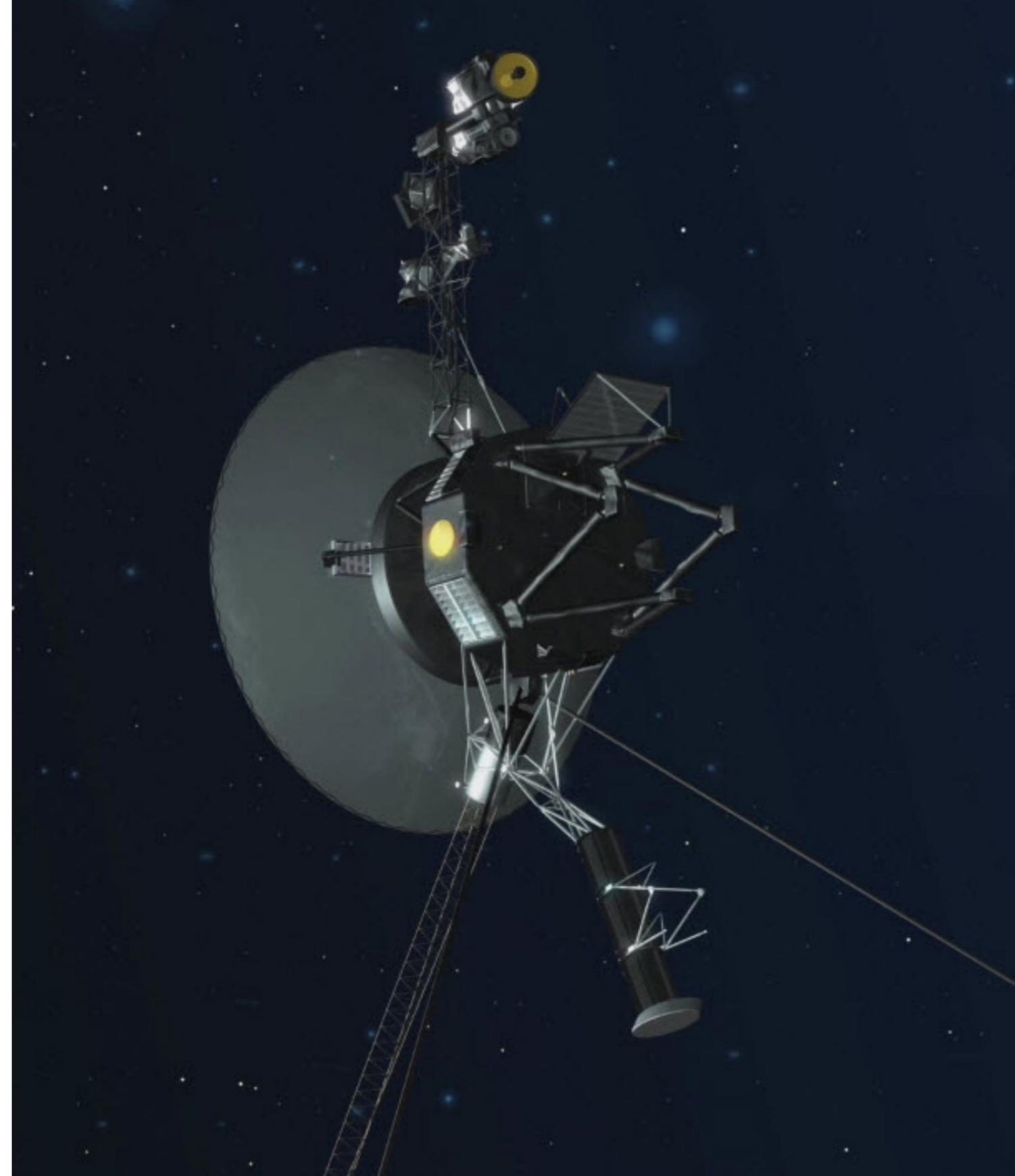
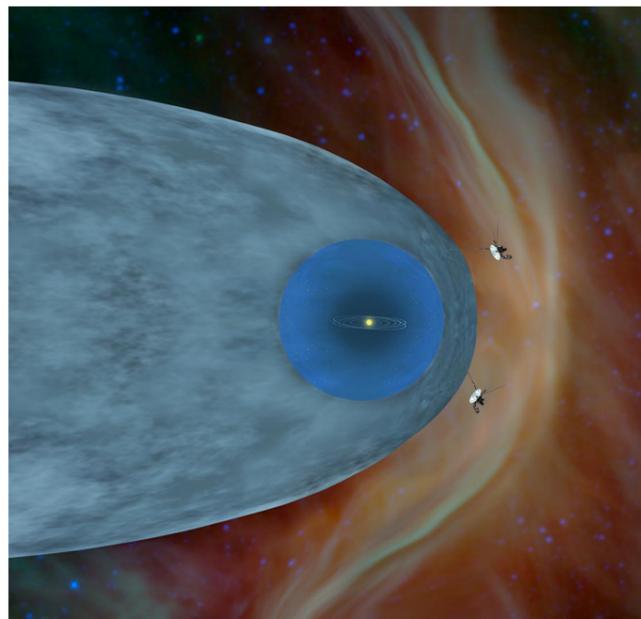
## Undichte Außengrenzen

Der Übergang ist offenbar dünner und nach außen hin weniger abgeschirmt als gedacht: Denn anders als ihre Zwillingssonde fand Voyager 2 Hinweise darauf, dass mehr Material aus der Sonnenblase in die galaktischen Weiten hinausdringt als vermutet. Ihre Instrumente konnten Informationen über die Temperatur, Dichte und Geschwindigkeit der Teilchenströme sowie über die Magnetfelder sammeln, innerhalb wie außerhalb der Heliosphäre.



*Voyager 2 und Voyager 1 auf ihren Routen durch das Sonnensystem  
Quelle: Daily Express*

*Voyager 2 (unten) und Voyager 1 (oben) verlassen das Sonnensystem  
Illustration: NASA*



*Voyager 2 im Weltraum  
Die Raumsonde befindet sich auf dieser künstlerischen Darstellung gerade auf ihrem Weg von der Erde zum Rand unseres Sonnensystems.  
Illustration: NASA*

# SpaceX am Weg zur ISS



*SpaceX macht sich bereit, eine bemannte Rakete zur Internationalen Raumstation zu schicken. Derzeit finden noch einige Tests mit unbemannten Kapseln statt.  
Quelle: Florida Today*

# Endstadien der Sternentwicklung

## Wenn Sterne sterben.

Nichts hält ewig, ebenso wenig die Sterne. Nun gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie ein Stern untergehen kann, z.B. eine Supernova oder als Schwarzes Loch. Supernova und Schwarzes Loch sind Begriffe, die zwar jeder von uns kennt, doch was man genau darunter versteht, ist viel komplizierter als man aufgrund des normalen Gebrauchs dieser Wörter im täglichen Leben glauben könnte.

Das Hertzsprung-Russell-Diagramm trägt die effektive Farbtemperatur von Sternen ihrer absoluten und relativen Helligkeit auf. Als Referenz dient unsere Sonne. Sie ist ein sehr durchschnittlicher Stern und hat eine Oberflächentemperatur von 5.778 K (5.505 °C), was einer Spektralklasse von G2V entspricht.

Die Helligkeit von Sternen steht in einem logarithmischen Zusammenhang zu ihrer absoluten Helligkeit.

## Weißer Zwerg und Planetarischer Nebel

Weißer Zwerge haben eine Masse von ungefähr 0,6 Sonnenmassen und einen Radius von 0,01 Sonnenmassen, woraus sich eine durchschnittliche Dichte von  $0,84 \cdot 10^9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$  ergibt.

Welche Endstadien der Sternentwicklung gibt es?

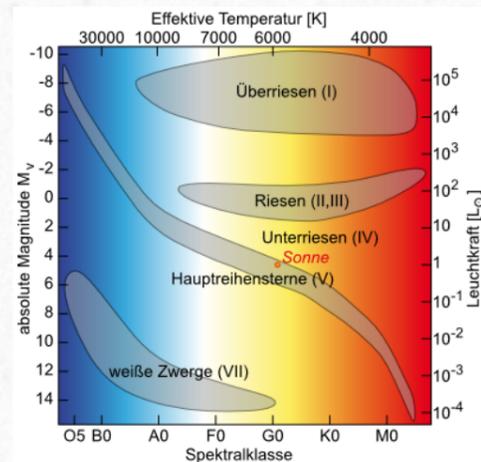
Bei einem Weißen Zwerg handelt es sich meistens um den kollabierenden beziehungsweise kollabierten Kern eines Roten Riesen. Seine äußeren Hüllen wurden abgesprengt und sind noch in Form eines planetarischen Nebels zu beobachten.

Der Stern, der sich in der Mitte eines planetarischen Nebels befindet, ist der heißeste Stern, der existiert. Mit einer Temperatur von teilweise weit mehr als 100.000 Kelvin ist er sogar jenseits der linken Seite des Hertzsprung-Russell-Diagramms vorzufinden.

Bei einem planetarischen Nebel handelt es sich um die abgesprengten Überreste eines Roten Riesen. Übrig bleibt nur, wie bereits im Kapitel über Weiße Zwerge erwähnt wurde, ein Weißer Zwerg. Ein planetarischer Nebel besteht hauptsächlich aus Wasserstoff und Helium. Er umgibt den Weißen Zwerg.

## Nova / Supernova

Eine klassische Nova ist eine thermonukleare Explosion, die entsteht, wenn die starke Gravitation eines Weißen Zwerges in einem Doppelsystem mit einem Hauptreihenstern letzteren verformt und diese



Das Hertzsprung-Russell-Diagramm zeigt die Farbtemperatur von Sternen gegenüber ihrer relativen Helligkeit. Quelle: Georg-August-Universität Göttingen

## Neutronenstern / Pulsar

Tropfenform dann den Lagrange Punkt L1 überschreitet. Der Wasserstoff des Hauptreihensterns ro- tiert dann in einer Scheibe um den Weißen Zwerg und explodiert. Die chinesischen Astronomen nannten die Novae (Sg. Nova = neuer Stern) wegen ihrer abrupten Erscheinung am Himmel und ihres (für astronomische Verhältnisse) raschen Verschwindens, Gaststerne. Seit Jahrhunderten beeindruckte ihre Helligkeit die Menschen.

Die drei Kategorien einer Nova lauten: 1. klassische Nova, 2. Zwergnova, 3. rekurrende Nova.

Aufgrund der außergewöhnlichen Helligkeiten und langen Beobachtbarkeit der Gaststerne, die in den Jahren 1054, 1572 und 1604 festgehalten wurden, nannte man diese Supernovae (Sg. Supernova). In erster Linie unterscheidet sich diese von der klassischen Nova dadurch, dass eine Supernova mehrere Milliarden Mal heller als unsere Sonne leuchtet. Außerdem kann sie nur einmal stattfinden, da die Masse des Sternes annihilert wird.

Es gibt zwei Klassen von Supernovae: 1. Typ I - a. Typ Ia, b. Typ Ib, c. Typ Ic, 2. Typ II

Die Supernova des Typus II verklingt langsamer als die des Typus I, außerdem ist sie weniger hell.

Die Postulierung eines Neutronensterns fand kurz nach der Entdeckung des Neutrons statt. Walter Baade und Fritz Zwicky nahmen an, dass ein Stern bei einer Supernova nicht vollständig vernichtet werden würde, sondern nur dessen Kern kollabieren würde, der dann in Form eines Neutronensterns, der gänzlich aus Neutronen besteht, weiterbestehen würde. Dieser hätte eine hohe Dichte und wäre sehr klein. Übersteigt bei einer Supernova der kollabierende Kern eines Sternes eine gewisse Masse, so ist die Gravitation des Kerns für den nach außen gerichteten Druck der entarteten Elektronen zu stark, und die Elektronen werden in die Atomkerne hineingedrückt, wo sie gemeinsam mit den Protonen zu Neutronen werden. Ein solcher Neutronenstern hat einen Radius von zwölf Kilometern, was in etwa der Größe von New York City entspricht. Wie bereits erwähnt haben Neutronensterne eine sehr hohe Dichte, die mit der von Neutronen vergleichbar ist:

„A teaspoon full of this material would weigh about 5 billion tons.“  
- Kenneth R. Lang

## Schwarzes Loch

Bereits vor über zwei Jahrhunderten schlug John Michell die Existenz von Sternen vor, deren Gravitation so groß sein müsse, dass nicht einmal Licht seiner Schwerkraft entkommen könnte. In der Publikation von Pierre-Simon de Laplace, *Exposition du système du monde* (dt: Darstellung des Weltsystems), ist die Rede davon, dass bei kompakten Sternen die Materie so konzentriert sei, dass sich das Licht nicht schnell genug fortbewegen könne, um der daraus resultierenden starken Gravitation zu entkommen. Mit der Entdeckung der endlichen Lichtgeschwindigkeit von ungefähr 300.000 km\*s<sup>-1</sup> durch Ole Roemer schlussfolgerte man, dass die maximale Fluchtgeschwindigkeit eines sichtbaren Sternes gleich der Lichtgeschwindigkeit sein müsse, anderenfalls könnte man ihn nicht beobachten, da das Licht seiner Schwerkraft nicht entkommen kann. Somit lässt sich sagen, dass ein Schwarzes Loch ein Objekt ist, dessen Fluchtgeschwindigkeit größer als die Lichtgeschwindigkeit ist. Wenn durch den Kollaps eines Sternes dieser komprimiert wird, erhöht sich auch dessen Fluchtgeschwindigkeit.

Schwarz ist es, weil kein Licht je davon ausgehen wird. Bei dem Begriff „Loch“ handelt es sich allerdings um eine Metonymie, denn ein Loch im eigentlichen Sinne ist es ja nicht. Es verschlingt nur alle Materie, die sich ihm zu sehr nähert, wie ein Loch. Im Inneren eines Schwarzen Loches befindet sich eine Singularität. Unter einer Singularität versteht man jenen Punkt in der Raumzeit, an dem die Raumzeitkrümmung unendlich wird.

# Quiz des Monats

1. Wie nennt man die Lotrichtung eines beliebigen Punktes?
2. Wieviele Sonnenmassen müssen Sterne mindestens haben, damit sie zu einem Schwarzen Loch werden?
3. Welche Farbverschiebung tritt häufiger auf: Rotverschiebung oder Blauverschiebung?
4. Am Abend des 11. November 1572 war ein dänischer Astronom gerade am Heimweg. Dann viel ihm im Sternbild Kassiopeia ein ungewöhnlich heller Stern auf, der zuvor noch nie gesehen war. Mehrere Wochen lang war dieser Stern sogar tagsüber zu sehen. Erst langsam verblasste der Planetarische Nebel und verfärbte sich dabei. Wer war dieser Astronom und welchen Nebel hat er beobachtet?
5. Wie nennt man das Auslöschen von Teilchen und deren Antiteilchen?
6. Vor wievielen Jahren fand der Urknall statt?
7. Wie lautet die korrekte Reihenfolge der acht Planeten unseres Sonnensystems?
8. 2006 erfuhr der Planet Pluto ein Downgrade in seinem Status. Als was wird er nun gewertet?
9. Wieviele Monde hat der Planet Uranus zusätzlich zu seinem Ringsystem?
10. Pluto, dem griechischen Gott Hades entsprechend, ist der Gott der Unterwelt. Nach der Figur, die die Toten über die Fluss Styx in die Unterwelt bringt, wurde auch der Mond des Pluto benannt. Wie heißt Plutos Mond?

## Lösung des letzten Monats:

1. Azimut
2. Sirius
3. Bellatrix
4. Andromeda
5. Mayonnaise
6. Blauverschiebung
7. Polo
8. Christiaan Huygens
9. Spezielle Relativitätstheorie
10. 42

## IMPRESSUM

Die Graphische - Höhere Graphische Bundes-Lehr- und Versuchsanstalt  
Leyserstraße 6, 1140 Wien  
Robin Leeb, BSc.  
robin.leebe@graphische.net  
+43 (0) 1 982 39 14 - 0