

# Fünfzehn Fragen zur Astronomie

Diese Fragen wurden im Zusammenhang mit einer virtuellen Unterrichtsstunde der vierten Klasse der Donatusschule in Bonn von den Schülerinnen und Schülern gestellt und von Norbert Junkes, Max-Planck-Institut für Radioastronomie (MPIfR), beantwortet.

Eine Reihe von Abbildungen aus allen Bereichen der Astronomie gibt es auf der Webseite „Astronomy Picture of the Day“ (APOD) der NASA, auf der seit 1995 jeden Tag ein neues Bild aus der Astronomie zu sehen ist:

<http://apod.nasa.gov/apod/astropix.html>

Ein Online-Vortrag zum 50jährigen Jubiläum des 100-m-Radioteleskops Effelsberg ist über die folgende Adresse abrufbar:

<https://www.youtube.com/watch?v=zoECGyA3jCs>

## Wer hat das Radioteleskop erfunden?

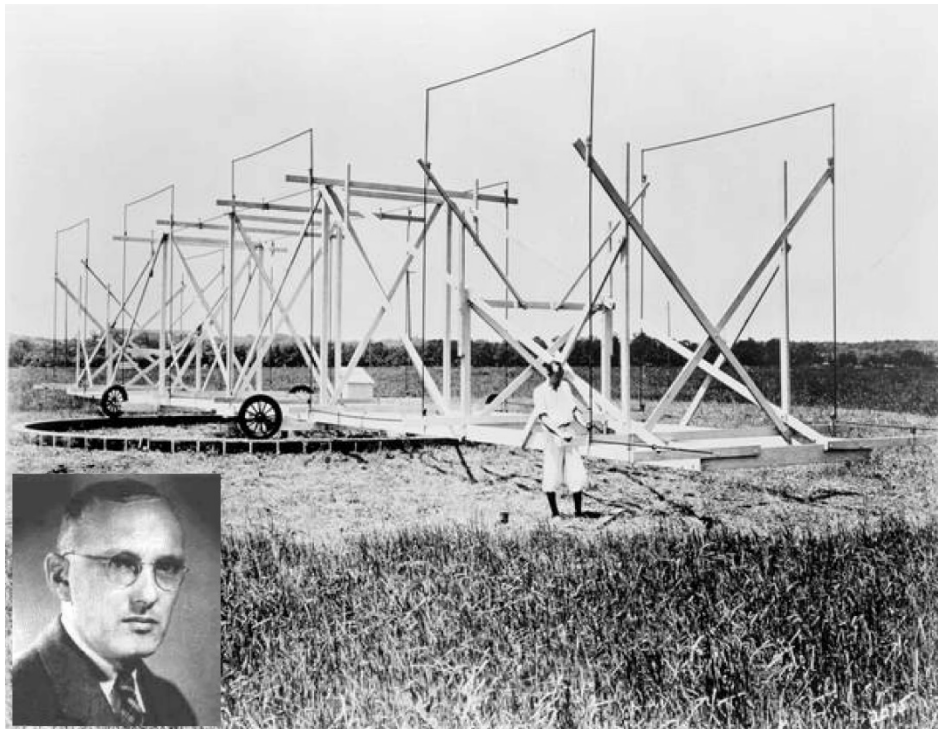
Das war der Ingenieur **Karl Jansky**, der im Jahr 1932 als Mitarbeiter der Bell Laboratories in New Jersey/USA den Auftrag hatte, herauszufinden, wo die Störsignale herkommen die den transatlantischen Funkverkehr zwischen Amerika und Europa heftig störten. Um erstmal überhaupt herauszufinden, woher diese Störungen kamen, baute er einen großen Radioempfänger, der sich auf Rädern (von einem Ford Model T!) drehte, und mit dem man die Richtung dieser Störsignale ermitteln konnte. Was er nun herausfand, war folgendes: ein Teil dieser Störungen kam von der Erde, z.B. die Blitze ferner Gewitter, ein Teil war aber eindeutig nicht von dieser Welt, sondern kam aus dem Weltall, aus der Richtung zum Sternbild Schütze (oder Sagittarius). Wie wir heute wissen, ist das die Richtung zum Zentrum unserer Milchstraße, und die Entdeckung Janskys markierte die Geburtsstunde der Radioastronomie und damit einen völlig neuen Zugang, um das Weltall durch die von dort auf der Erde eintreffende Radiostrahlung zu erforschen.

Nur wenige Jahre später, 1937, wurde von **Grote Reber** in Illinois/USA das erste Radioteleskop gebaut, das mit einem Parabolspiegel von knapp 10 m Durchmesser schon so ähnlich aussah wie heute das Radioteleskop Effelsberg.

Das Radioteleskop Effelsberg mit seinem Durchmesser von 100 Metern kam nochmals 30 Jahre später. Es hatte fast drei Jahrzehnte lang einen Weltrekord als größtes voll bewegliches Radioteleskop der Erde, bis dann im Jahr 2000 in West Virginia/USA mit dem Green-Bank-Teleskop ein noch etwas größeres und ebenfalls voll bewegliches Radioteleskop fertiggestellt wurde.

Bei der Planung und dem Bau des Radioteleskops Effelsberg haben Astronomen und Ingenieure der beteiligten Firmen Krupp und MAN zusammengearbeitet. Auf Seiten der

Astronomen waren es vor allem **Otto Hachenberg**, der Gründungsdirektor des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie, und **Sebastian von Hoerner**, auf den eine spezielle Art der Konstruktion für das 100-m-Teleskop, die sogenannte Homologie, zurückgeht.



**Abb. 1:** Das Bild zeigt das weltweit erste Radioteleskop im Jahr 1932. Die Konstruktion stammt von dem Ingenieur Karl Jansky, der damit die Ursache von Störungen im transatlantischen Funkverkehr herausfinden wollte. Dabei fand er Radiostrahlung aus dem Kosmos und begründete damit die Radioastronomie (Fotos: NRAO).

**Wie entwirft man ein Radioteleskop – Die Geschichte der Homologie** (Hans Jürgen Kärcher), Wissenschaft in Schulen; Sterne und Weltraum 3/2011, S. 42-52.

<http://www.wissenschaft-schulen.de/alias/material/wie-entwirft-man-ein-radioteleskop/1064254>

### **Wie lange dauert es ein Radioteleskop zu bauen?**

Der Bau des 100-m-Radioteleskops Effelsberg hat über drei Jahre gedauert, von 1967 bis 1971. Es waren umfangreiche Erdarbeiten erforderlich und es musste sogar ein Bach umgeleitet werden. Die Betonsäulen, die später ein Teleskop von über 3000 Tonnen Gewicht tragen sollten, wurden 4 bis 11 m tief in die Erde gesetzt. Das Bild zeigt die Grundstruktur des Teleskops, wobei allerdings der Reflektor (die „Schüssel“) noch komplett fehlt. Auf der linken Seite ist das Montagefeld zu sehen, auf dem Einzelteile für das Teleskop zu größeren Strukturen zusammengesetzt wurden, ehe sie an Ort und Stelle montiert werden konnten.

Am 12. Mai 1971 erfolgte schließlich die Eröffnung des Teleskops, so dass 2021 das Jahr des 50jährigen Jubiläums darstellt.

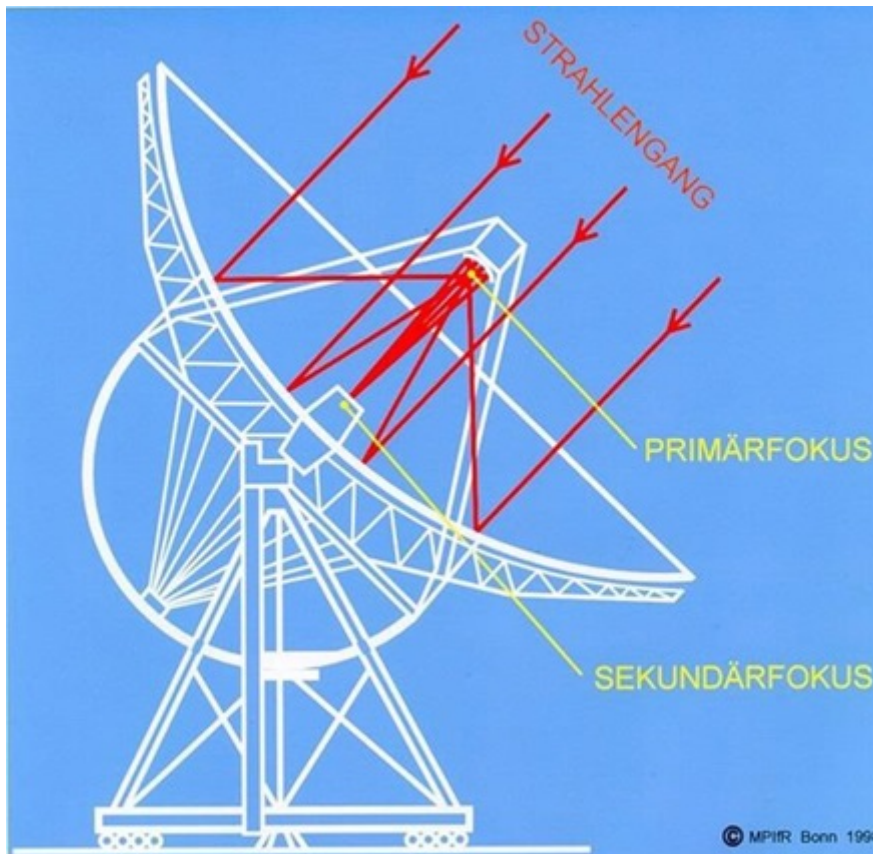


**Abb. 2:** Das 100-m-Radioteleskop Effelsberg im Bau. Der steile Abfall des Hügels von links oben bietet heute mit einem Zickzack-Weg einen einfachen Zugang bis zum Aussichtsplateau direkt vor dem großen Teleskop (Foto: MPIfR/Arge Krupp/MAN).

### **Warum braucht man eine Schüssel zum Messen?**

Der Reflektor („Schüssel“) nimmt die Radiosignale selbst nicht auf, sondern lenkt sie um und spiegelt oder reflektiert die Signale auf einen bestimmten Punkt, den Brennpunkt oder Fokus des Teleskops. An dieser Stelle, in 30 Meter Höhe über der Oberfläche der Schüssel sitzt der eigentliche Empfänger, der das Radiosignal aufnimmt. Im Empfänger wird das Signal verstärkt und dann über eine längere Kabelstrecke bis zum Gebäude des Observatoriums weitergeleitet. Dort wird es mit Computern für die weitere Datenverarbeitung gespeichert.

Beim Radioteleskop Effelsberg gibt es aber noch eine Besonderheit. Die Empfangssysteme für unterschiedliche Wellenlängen der Radiostrahlung sitzen nämlich nicht nur an einer Stelle, sondern an zwei verschiedenen Stellen im Teleskop. Zunächst ist das der eigentliche Brennpunkt oder Primärfokus hoch oben an der Spitze der vier Stützbeine. Es gibt aber noch einen weiteren Brennpunkt, nämlich den Sekundärfokus im Zentrum der großen Schüssel. Dazu werden die Radiosignale über einen zweiten Spiegel („Subreflektor“) von 6,50 m Durchmesser ein weiteres Mal umgelenkt. Der Umlenkspiegel sitzt direkt hinter dem Primärfokus und lenkt die Signale bis in die Mitte der 100-m-Schüssel. Dort im Sekundärfokus befinden sich weitere Empfänger für das Radioteleskop.



**Abb. 3** Strahlengang des 100-m-Radioteleskops mit Empfangssystemen im Primär- und im Sekundärfokus (Bild: MPIfR).

**Empfangssysteme** (Schülerpraktikum 2002 am MPIfR):  
[https://www.mpifr-bonn.mpg.de/412729/daniel\\_verscharen](https://www.mpifr-bonn.mpg.de/412729/daniel_verscharen)

### Wieviele Quadratmeter hat die Schüssel?

Das 100-m-Radioteleskop Effelsberg hat einen Reflektor in Parabelform (die „Schüssel“), der sich aus insgesamt 2360 Einzelteilen, den sogenannten „Paneelen“, zusammensetzt. Jedes dieser Paneelen ist 3 m lang und zwischen 1,20 m und 1,40 m breit. Insgesamt ergibt das eine Fläche von 9090 Quadratmetern. Das ist ein gutes Stück größer als ein Fußballfeld von 7140 Quadratmetern (105 m lang und 68 m breit). Aber auf der gekrümmten Oberfläche der Schüssel lässt sich auch nur schwer Fußball spielen.

### Wie wird das Regenwasser aus der Schüssel geholt?

Das Regenwasser braucht nicht aus der Schüssel geholt zu werden. Insgesamt sieht der Reflektor zwar aus wie ein zusammenhängendes Teil, aber zwischen den einzelnen Paneelen, die die Oberfläche bilden, gibt es schmale Lücken (Dehnungsfugen), durch die das Regenwasser gut ablaufen kann. Ein Problem stellt allerdings der Schnee dar. Auch eine nur fünf Zentimeter dicke Schicht von nassem pappigem Schnee auf der ganzen Schüssel bedeutete ein Zusatzgewicht von vielen Tonnen, das nicht mehr durch das Gegengewicht ausgeglichen wird. Für die Kippbewegung des Teleskops, also ein Kippen der gesamten

Schüssel um bis zu 90 Grad, gibt es vier Motoren. Das sind die sogenannten Elevations- oder Kippmotoren in 20 Meter Höhe über dem Boden. Jeder dieser Motoren hat eine Antriebsleistung von 17,5 kW oder umgerechnet knapp 24 PS. Also zusammen unter 100 PS für ein Gewicht des Teleskop-Kippteils von fast 2000 Tonnen! Das geht natürlich nur, wenn das Ganze sehr genau ausbalanciert ist. Mit zusätzlichem Schnee wäre das nicht mehr möglich.

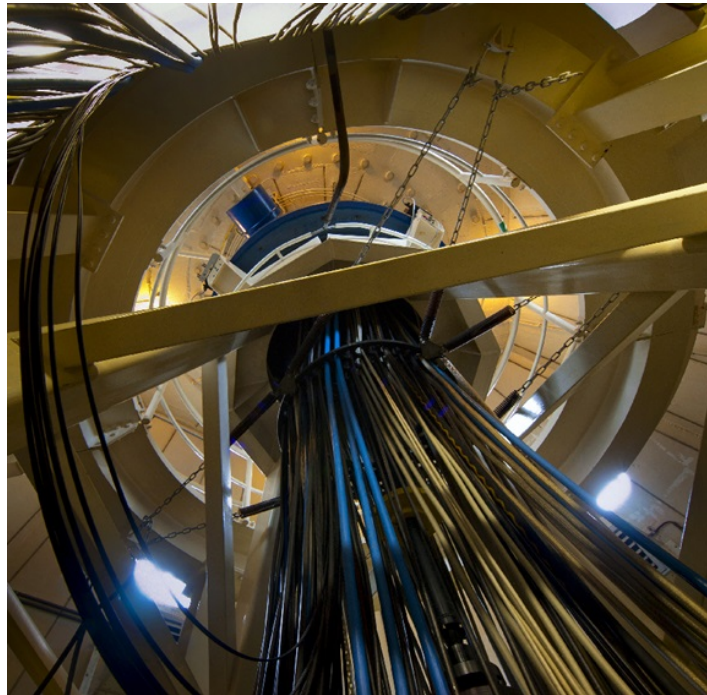
Bei Schneefall muss der verantwortliche Operateur die Messung unterbrechen und das Teleskop in eine schneesichere maximal gekippte Stellung bewegen. Andere wetterbedingte Unterbrechungen ergeben sich bei zu starkem Wind oder während eines Gewitters.



**Abb. 4:** Das Bild zeigt einen Teil der Oberfläche des Radioteleskops, die sich aus 2360 „Paneelen“ von je 3 m Länge zusammensetzt. Es sind insgesamt 9090 Quadratmeter Oberfläche, die eine Schüssel von 100 m Durchmesser bilden. Empfänger zur Aufnahme der Radiosignale sitzen an zwei verschiedenen Stellen im Teleskop. Ein Teil der Empfänger sitzt oben im Brennpunkt, an der Spitze der vier Stützbeine 30 m über der Schüssel, ein weiterer Teil in der Kabine im Zentrum der Schüssel – mit einer Person direkt rechts daneben für den Größenvergleich (Foto: Norbert Tacke).

## Wie viele Meter Kabel sind im Radioteleskop verlegt?

Das Radioteleskop hat an zwei verschiedenen Stellen Empfänger, die die einfallenden Radiosignale aufnehmen. Es ist eine ganze Menge von Kabeln, die die Empfänger in den beiden Teleskopkabinen (Primär- und Sekundärfokuskabine) mit dem Gebäude des Observatoriums verbinden. Insgesamt sind es ungefähr 150 Kabel. Alles in allem dürften über 20.000 Meter oder 20 km Kabel im Radioobservatorium Effelsberg zusammenkommen.



**Abb. 5:** Genau unter dem Zentrum des Radioteleskops befindet sich ein besonderer Raum, der Königszapfenraum. Hier kommen über 150 einzelne Kabel (Stromkabel und Datenleitungen) aus dem Drehbereich des Teleskops in den festen Bereich. Die Konstruktion erlaubt eine Drehung um maximal 480 Grad, das ist mehr als eine volle Umdrehung (Foto: Norbert Tacke).

## Wie teuer war das Radioteleskop?

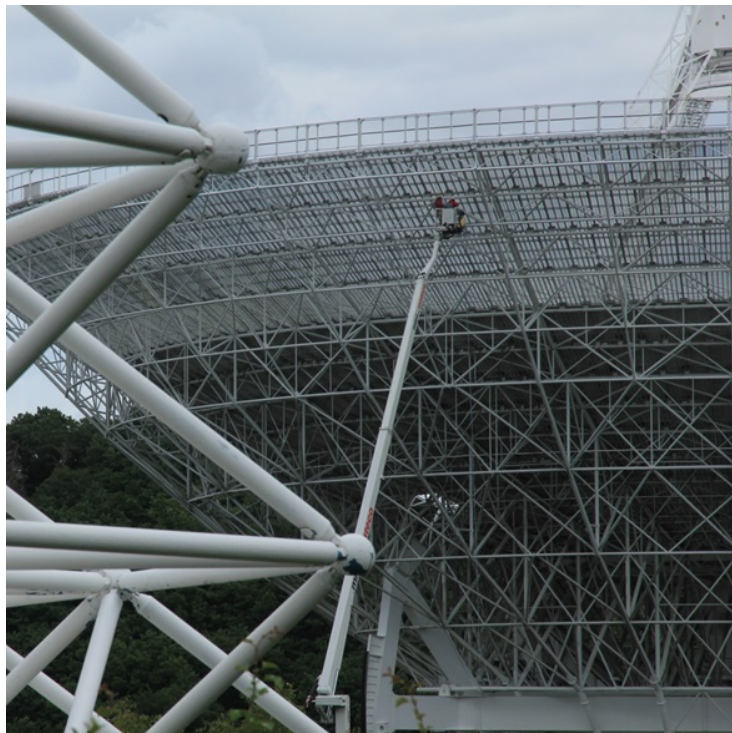
Das Radioteleskop selbst wurde für einen Betrag von 34 Millionen DM gebaut, und zwar mit Mitteln der Volkswagenstiftung. Das ermöglicht jetzt im Nachhinein einen schönen Vergleich. Für den Betrag nach heutigem Geld muss man das Ganze natürlich umrechnen, einerseits wegen der Umstellung von DM auf Euro, andererseits wegen der Geldentwertung (Teuerungsrate) im Lauf der Jahre. Nehmen wir zum Vergleich eine Summe von 100 Millionen Euro. Mit diesem Preis wäre das Radioteleskop Effelsberg auf Platz 11 (!) der teuersten Transfers im Fußball und kostete weniger als einen halben Neymar (der bisher teuerste Fußballspieler mit einer Ablösesumme von 222 Millionen Euro). Das Radioteleskop Effelsberg spielt allerdings schon für viele Jahre in der Champions League von radioastronomischen Beobachtungen!

## Wieviel Volt braucht die Schüssel?

Die Stromversorgung für das Radio-Observatorium beginnt mit 20.000 V, die über zwei Trafos auf 400 V gewandelt werden. Der Strom kommt dabei aus zwei unterschiedlichen Kreisläufen, um eine größere Sicherheit bei eventuellem Stromausfall zu haben. Für einen Totalausfall gäbe es zur Sicherheit auch einen Satz von Batterien, die sofort einspringen könnten, sowie einen Dieselgenerator als Notstromaggregat, der die Stromversorgung über einen längeren Zeitraum sicherstellen kann. Der monatliche Verbrauch für das gesamte Observatorium liegt bei ca. 165.000 kWh. Das ist aber nicht nur für das Radioteleskop selbst, sondern auch für eine ganze Menge weiterer Geräte (z.B. Computer) im Observatorium.

## Wie lang dauert es, das Radioteleskop zu streichen?

Das hört nie auf! Tatsächlich finden jeden Sommer acht Wochen lang tagsüber Anstreicharbeiten am Radioteleskop Effelsberg statt. Das Arbeitsprogramm für das Radioteleskop ist dann so gelegt, dass tagsüber keine astronomischen Beobachtungen und damit Bewegungen des Teleskops in verschiedene Richtungen stattfinden dürfen. Montags bis freitags von 7:00 Uhr morgens bis 19:00 Uhr abends steht das Teleskop damit für die Anstreicharbeiten zur Verfügung. Nachts und am Wochenende, wenn die Maler frei haben, übernehmen wieder die Astronomen für ihre Forschungsarbeit. Die Anstreicharbeiten werden in einem Jahr längst nicht fertig. Jedes Jahr ist ein weiterer Teil des Teleskops an der Reihe und eine komplette Runde der Malerarbeiten dauert mehr als fünfzehn Jahre! Danach geht das Ganze wieder von vorne los.



**Abb. 6:** Jedes Jahr im Sommer finden für insgesamt acht Wochen tagsüber Anstreicharbeiten am Radioteleskop Effelsberg statt. Im Sommer 2020 arbeitete der Anstreicher in einem Teleskopkran in bis zu 80 m Höhe an der Stützstruktur des Teleskops (Foto: Norbert Junkes).

**Der Anstreicher von Effelsberg** (Lokalzeit Köln 2014):

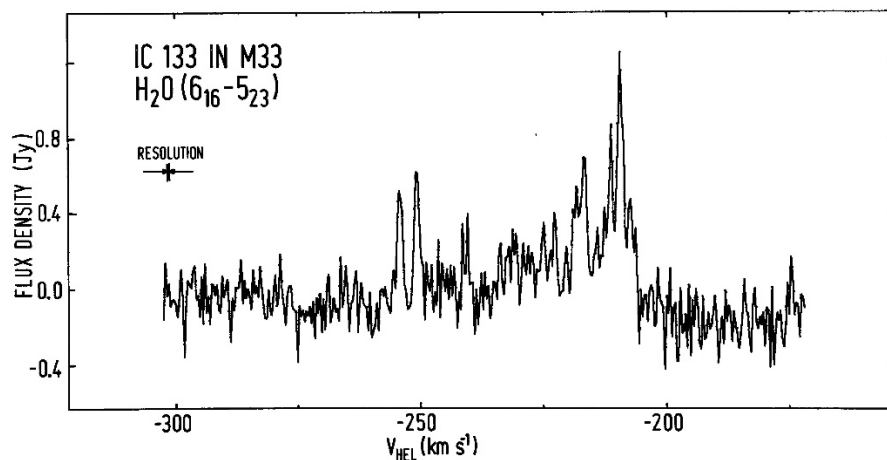
<https://www.youtube.com/watch?v=WSCNd7ktWjg>

### Wie viele Liter Farbe braucht man?!

Wenn man den Jahresverbrauch vom Jahr 2020 hochrechnen, dann werden etwa 25.000 Liter Farbe für den Anstrich des kompletten Teleskops benötigt. Allein die Farbe für das Radioteleskop Effelsberg wiegt damit mehr als 25 Tonnen! Der Anstrich ist aufgeteilt auf zwei Grundierungen und zwei Schichten mit weißer Farbe.

### Was wurde alles schon mit dem Radioteleskop entdeckt?

Im Lauf der Jahre wurden eine Reihe von schönen Entdeckungen mit dem Radioteleskop Effelsberg gemacht. So wurden zum ersten Mal Moleküle wie Wasser ( $\text{H}_2\text{O}$ ) oder Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) in anderen Galaxien gefunden und auch die Magnetfelder in fremden Galaxien erforscht. Das Magnetfeld der Andromedagalaxie hat es sogar schon einmal auf eine Briefmarke geschafft. Eine Zusammenstellung interessanter Entdeckungen und wichtiger Wegmarken aus der 50jährigen Geschichte des Radioteleskops Effelsberg zeigt der vierte astronomische Wanderweg am Observatorium, der unter dem Namen „Zeitreiseweg“ im Sommer 2021 eröffnet wird.



**Abb. 7:** Das Bild sieht sehr unspektakulär aus, zeigt aber eine tolle Entdeckung aus dem Jahr 1977. Damals konnte man mit dem 100-m-Teleskop zum ersten Mal ein Radiosignal von Wasser aus einer anderen Galaxie nachweisen. Mit Radiosignalen bei ganz bestimmten Wellenlängen, sogenannten spektroskopischen Linien, kann man Atome und Moleküle im Weltall so eindeutig identifizieren wie Menschen anhand ihrer Fingerabdrücke. Und dieses Bild zeigt den allerersten Fingerabdruck von Wasser aus einer anderen Galaxie, die in über zwei Millionen Lichtjahren Entfernung liegt (Bild: Ed Churchwell & Team 1977).

**Zeitreiseweg:** Stationen mit Entdeckungen und besonderen Ereignissen in der 50jährigen Geschichte des Radioteleskops Effelsberg

<https://www.mpifr-bonn.mpg.de/6039515/zeitreise>

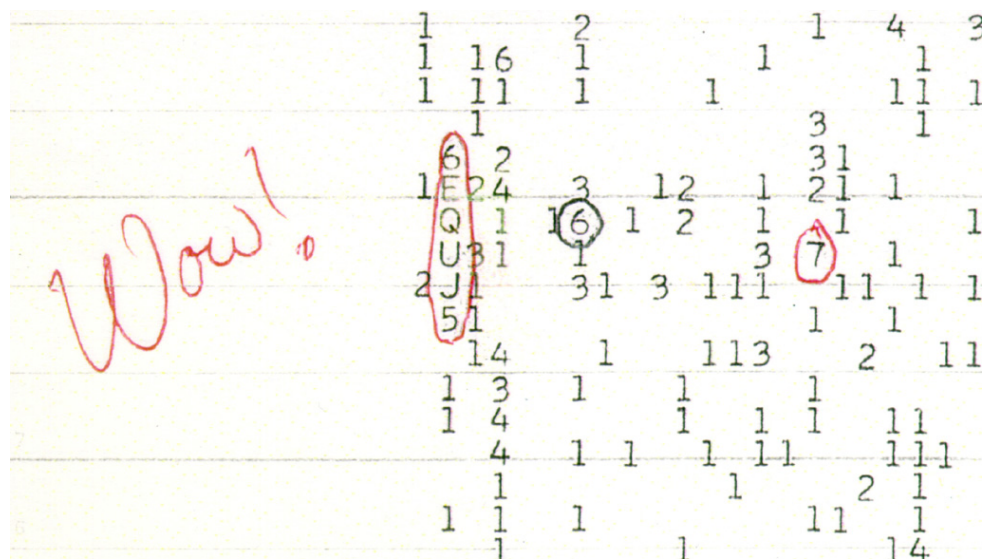


## Haben Sie schon mal Signale von Aliens empfangen?

Nein. Tatsächlich hat noch kein Radioteleskop der Erde kosmische Signale empfangen, die eindeutig künstlichen Ursprungs waren und von anderen intelligenten Lebensformen („Aliens“) ausgesandt werden. Programme zur Suche nach solchen Signalen (SETI, das ist die Abkürzung für „Search for Extraterrestrial Intelligence“) gibt es allerdings schon seit langem.

Schon im Jahr 1960 hat der amerikanische Astronom Frank Drake eine erste Suche dieser Art in Richtung von zwei Sternen in der Nachbarschaft der Sonne (Tau Ceti und Epsilon Eridani) durchgeführt. Inzwischen sind Tausende von Sternen angepeilt worden, aber bisher noch ohne Erfolg. „E.T.“ hat sich noch nicht auf der Erde gemeldet.

Zu einer gewissen Berühmtheit gelangte das „Wow“-Signal aus dem Jahr 1977. Im Rahmen eines SETI-Suchprogramms mit dem „Big Ear“-Radioteleskop in Ohio wurde ein sehr starkes Radiosignal gefunden. Es war so stark, dass der diensthabende Astronom, Jerry Ehman, es einkringelte und mit der Aufschrift „Wow!“ versah. Ein künstlicher Ursprung (von Aliens) konnte aber nicht bestätigt werden. Das Signal kam aus Richtung Weltraum, aber Jerry Ehman war später selbst der Ansicht, dass es sich um eine Reflexion irdischer Signale, z.B. an Weltraumschrott, gehandelt haben dürfte.



**Abb. 8:** Das berühmte „Wow“-Signal von 1977. Bei Messungen zur Suche nach künstlichen Radiosignalen aus dem Kosmos (SETI – Search for Extraterrestrial Intelligence) mit einem Teleskop in Ohio/USA wurde ein so starkes Signal gefunden, dass der diensthabende Astronom, Jerry Ehman, voller Begeisterung „Wow!“ auf das Messprotokoll schrieb (Foto: Jerry Ehman).

„Wow“-Signal (Bericht von Jerry R. Ehman zum 30jährigen Jubiläum, in englischer Sprache):

<http://www.bigear.org/Wow30th/wow30th.htm>

## Kann ein Schwarzes Loch einen Stern oder einen Planeten auffressen?

Das Wort „auffressen“ trifft es nicht so ganz. Es vermittelt ein bisschen den Eindruck, als ob die Schwarzen Löcher Jäger auf der Reise durchs Universum seien, immer auf der Suche nach Sternen und Planeten, die sie sich einverleiben könnten. Diese Vorstellung erinnert an das alte Computerspiel „Pacman“, wo sich die Fressmaschine durch die einzelnen Level frisst.

Das ist natürlich im Weltraum bei den Schwarzen Löchern nicht der Fall. Allerdings wirken Schwarze Löcher durch ihre Schwerkraft nach außen. Und wenn ein anderer Himmelskörper, z.B. auch ein Stern oder ein Planet, auf seiner Bewegung im Universum einem Schwarzen Loch zu nahe kommt, kann er durchaus auch „verschluckt“ werden. So etwas wurde bei dem Schwarzen Loch im Zentrum unserer Milchstraße, das mehr als vier Millionen Mal schwerer ist als unsere Sonne, auch schon beobachtet. Das allerdings in einem „Sicherheitsabstand“ von über 25.000 Lichtjahren – denn soweit ist das Zentrum der Milchstraße von der Erde entfernt.

Tatsächlich sind es nicht nur Schwarze Löcher, bei denen so etwas passiert. Auch andere Himmelskörper wirken durch ihre Schwerkraft nach außen. Wenn ein Komet auf seiner Bahn unserer Sonne zu nahe kommt, stürzt er auf die Sonne ab. Und der Erde kann man sogar nachts bei klarem Himmel beim „Fressen“ zuschauen. Sternschnuppen sind nämlich winzige Himmelskörper (von der Größe eines Steins), die mit der Erde kollidieren und bereits hoch oben in der Atmosphäre verglühen. Durch die Kollision mit anderen Himmelskörpern wird unsere Erde so beständig schwerer.



**Abb. 9:** Das Bild des supermassereichen Schwarzen Lochs im Zentrum der Galaxie M87 in 55 Millionen Lichtjahren Entfernung. Dieses Bild wurde erzeugt durch die Zusammenschaltung von acht über die ganze Erde verteilten Radioteleskopen, mit denen man in der Verbindung so scharf hinsehen konnte wie mit einem einzelnen Radioteleskop von der Größe der Erde (Bild: EHT-Kollaboration 2019).

**Astronomen zeigen erstes Bild eines schwarzen Lochs**, Presseinformation des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie vom 10. April 2019.

<https://www.mpifr-bonn.mpg.de/pressemeldungen/2019/4>

## Wie oft passt die Erde in die Sonne?

Das lässt sich über die Größe von Erde und Sonne berechnen. Wir können beide als Kugeln ansehen und die Abweichungen, zum Beispiel bei der Erde durch hohe Berge und tiefe Ozeane, erst einmal vernachlässigen. Die Sonne hat einen Durchmesser von 1.392.700 Kilometern und die Erde einen Durchmesser von 12.740 km. Wenn man beide Zahlen durcheinander teilt, erhält man die Zahl 109,3. Die Sonne ist also 109mal größer im Durchmesser als die Erde.

Wenn wir nun wissen wollen, wie oft die Erde in die Sonne passt, brauchen wir den Inhalt oder das Volumen, also Länge mal Breite mal Höhe. Es ist ja auch so, dass ein Dezimeter (das sind 10 Zentimeter) 10mal in einen Meter passt. Ein Quadratdezimeter (10 mal 10 Dezimeter) passt aber schon 100mal in einen Quadratmeter, und ein Kubikdezimeter (10 mal 10 mal 10 Dezimeter) passt 1000mal in einen Kubikmeter. In einen Würfel von je einem Meter Länge, Breite und Höhe passen also 1000 kleinere Würfel von je einem Dezimeter Länge, Breite und Höhe hinein.

So ähnlich müssen wir es auch bei den Kugeln angehen, die eine Ausdehnung in allen drei Richtungen mit Länge, Breite und Höhe haben. Von der Länge her ist die Sonnenkugel 109mal größer als die Erdkugel. Von der Breite und der Höhe kommt die Zahl 109 noch zweimal dazu. Vom Volumen her ist die Sonne also 109 mal 109 mal 109 mal größer als die Erde. Das ergibt insgesamt die Zahl 1.295.029, also ein gutes Stück mehr als eine Million. Die Erde passt somit fast 1,3 Millionen mal in die Sonne.

## Was würde mit der Erde passieren, wenn der Mond so groß wäre wie die Erde?

Man kann es nicht einfach erklären, aber tatsächlich würde so etwas nicht funktionieren. Ich habe erstmal selbst nach einer Information dazu suchen müssen und habe sie im Astronomie-Blog von Florian Freistetter gefunden. In dem Eintrag „Ein Planet löst sich auf“ vom Februar 2012 schreibt er, dass ein solcher „Doppelplanet“ nicht funktioniert, weil die Umlaufbahn von beiden gleichgroßen Himmelskörpern nicht stabil bleiben würde. Das haben Astronomen mit Hilfe von Computerprogrammen berechnet.

Aber unser Erde-Mond-System ist ja selbst schon eine ziemlich ungewöhnliche Konstellation. Im Vergleich zum Mutterplaneten hat die Erde den größten Mond im ganzen Sonnensystem. Die Jupitermonde Ganymed, Kallisto und Io und auch der Saturnmond Titan sind zwar größer als der Erdmond, haben aber auch wesentlich größere Mutterplaneten, die sie umkreisen. Mit einem Durchmesser von 3474 km beträgt der Monddurchmesser 27% des Durchmessers der Erde (12740 km).

Für die Entwicklung des Lebens auf der Erde war das sehr wichtig. Unser im Vergleich zur Erde großer Mond stabilisiert die Erdachse, ermöglicht gleichbleibende Jahreszeiten, und führte damit letztendlich auch zu Entstehung und Erhalt von höheren Lebensformen auf der Erde.

**Die Bedeutung des Mondes für die Erde**, (Volker Möckel und Wolfgang Gerber),  
Geographie, Friedrich-Verlag  
[Unterrichtsmodul \(7./8. Klasse\)](#)

**Ein Planet löst sich auf**, Astronomie-Blog von Florian Freistetter, 6. Februar 2012  
<https://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2012/02/06/ein-planet-lost-sich-auf/>

**Zwei weitere Webseiten mit Fragen zur Astronomie und zum Radioteleskop Effelsberg**

**Fragen zur Astronomie** (Grundschule, 4. Schuljahr 2016):  
<https://www.mpifr-bonn.mpg.de/3576483/Fragen-II.pdf>

**Fragen zum Radioteleskop Effelsberg** (Vorbereitungskurs Physik, 10. Schuljahr, 2016):  
<https://www.mpifr-bonn.mpg.de/3537614/Fragen-zur-Astronomie-2016.pdf>