

"Was suchen die eigentlich?"

Hier der Versuch einer (LANGEN) Antwort.

Dazu steht natürlich einiges auf den Seiten der SETI@home-Leute (<http://setiathome.ssl.berkeley.edu> und Folgeseiten), aber erstens auf Englisch und zweitens ist es vielleicht nicht jedermanns Sache. Eventuelle Unverständlichkeiten bitte ich zu entschuldigen, ich hab' versucht, es einigermaßen allgemeinverständlich zu halten. Nachfragen zeigen mir, daß es schlecht erklärt war, dann versuche ich es nochmal. Die eigentliche Antwort auf die Frage kommt ungefähr erst ab "Wonach wird gesucht?", aber der Anfang hilft evtl. beim Verständnis.

Woher kommen die Daten?

Die Daten, die bei SETI@home zu "verrechnen" sind, stammen von einem großen (ich glaube dem größten) Radioteleskop auf Puerto Rico. Es ist so groß (ca. 300m Durchmesser), daß es nicht mehr hin- und her bewegt oder geschwenkt werden kann. Es ist quasi in ein kleines Tal hineingebaut. Deshalb kann es im großen und ganzen nur "direkt nach oben" sehen/hören. Da es ja ein Radioteleskop ist, paßt weder "sehen" noch "hören" wirklich.

Es nimmt jedenfalls Radiowellen auf, die von direkt über ihm kommen. Das "Blickfeld", d. h. der Ausschnitt, den es am Himmel sieht, ist sehr klein. Der Durchmesser des Mondes würde am Himmel fünfmal so groß erscheinen wie der Ausschnitt, den das Teleskop sieht. Das ist zwar sehr wenig, aber man muß folgendes bedenken:

Die Erde dreht sich, damit auch das Teleskop. Es sieht so im Laufe von 24 Stunden einen Kreis am Himmel. Die Breite der Kreislinie wäre immer noch nur 1/5 des Monddurchmessers, wenn wirklich alles starr wäre. Ist es aber nicht. Die Empfangsantenne ist über dem großen, starren Teleskop (dies ist eigentlich nur ein Reflektor) angebracht. Diese Antenne kann man so bewegen, daß man insgesamt etwa 1/3 des Gesamten Himmels "abhören" kann (unter Ausnutzung der Drehung der Erde).

Jeder SETI@home-Teilnehmer erhält nun Datenpäckchen, die nur ein winziger Bruchteil dessen sind, was das Teleskop im Laufe der Zeit alles zu hören bekommt. Wie man z. B. in der Windows-Version des SETI-Programms sehen kann, ist die Aufzeichnungslänge pro Datenpaket ca. 107 Sekunden. Innerhalb dieser 107 Sekunden bewegt sich der Fleck, den das Teleskop am Himmel sieht, um etwa seinen sechsfachen Durchmesser in Richtung der Erddrehung. Man bekommt also die Daten aus einem kleinen Streifen am Himmel, das 1/5 des Mondes breit und etwas mehr als 1 Monddurchmesser lang ist.

Wo genau die Daten herkommen, d. h. Welcher Streifen am Himmel abgehört wurde, ist bei jedem Päckchen angegeben, aber nicht allzuleicht zu verstehen (Erklärung gerne später).

Welchen Anteil der Daten erhält man?

Neben der zeitlichen Auswahl (den 107 Sekunden) wird die Datenmenge, die jeder erhält, noch weiter eingeschränkt. Das SETI-Programm nimmt nämlich sehr viele Frequenzen gleichzeitig auf, so als ob man viele Radiosender gleichzeitig hört oder einem Klavier zuhört, auf dem alle Tasten gleichzeitig gedrückt werden. Dieses "Frequenzband" wird in 256 Teile aufgeteilt. So ein 107 Sekunden langes 256stel der Daten erhält nun jeder.

Wonach wird gesucht?

Wenn man irgendwo Signale von intelligenten Lebewesen finden will, muß man sie von solchen unterscheiden, die auch ganz natürlich irgendwo erzeugt werden. Deshalb hört man zum Beispiel einen Frequenzbereich ab, in dem störende, natürliche Hintergrund"geräusche" möglichst schwach sind. Dies ist bei Radiofrequenzen um ca. 1.4 GHz (Gigahertz, 1.4 Milliarden elektrische bzw. magnetische Schwingungen pro Sekunde) der Fall. Hier dürfen zum Glück übrigens auch keine irdischen Sender senden - eine Art internationales "Naturschutzabkommen". Außerdem glaubt man, daß intelligente Lebewesen wahrscheinlich aus dem einen oder anderen Grund diesen Frequenzbereich zum Versenden ihrer Nachrichten verwenden würden. Erstens ist es hier "relativ leise/dunkel am Himmel" (wie schon erwähnt), zweitens ist dies in der Nähe einer physikalisch interessanten Frequenz, die vom häufigsten Element des Universums (Wasserstoff) ausgesandt wird. Man hofft also, daß sich jemand dort bemerkbar machen würde, wo jemand anderes (WIR) auch am ehesten hinhören würde. Ob diese Annahme nun gerechtfertigt ist, läßt sich schwer sagen.

Angenommen, es würde nun jemand etwas senden. Was würde man dann erwarten zu empfangen?

Wie schon gesagt, muß man die natürlichen Signale "ausblenden". Natürliche Signale nehmen fast immer einen großen Frequenzbereich ein. Wenn man Schall als Vergleich benutzt: ein Knall (etwa Donner) oder Rauschen (von Bäumen im Wind) enthält sehr viele Frequenzen. So ist es auch bei natürlichen Radiosignalen. Wenn man nun also Signale findet, die nicht über einen breiten Frequenzbereich, sondern bei einer ganz bestimmten Frequenz ausgesendet werden, dann kann man hoffen, daß sie künstlich erzeugt sind. Unsere Radiosender senden ja auch bei ganz bestimmten Frequenzen.

Deshalb zerlegt der Rechner nun das Datenpaket in weitere kleine Teile. Dazu nimmt er sich einen bestimmten Zeitbereich heraus, z. B. ca. 13 Sekunden von den 107 Sekunden, und errechnet so genau wie möglich, welche Stärke die Signale bei jeder einzelnen Frequenz haben. Wie gut er "einzelne Frequenzen" trennen kann, hängt aufgrund des Rechenverfahrens von der Länge dieses Zeitbereichs ab. Der längste Zeitbereich (ca. 13 Sekunden) erlaubt die beste Frequenzauflösung, d. h. es können auch sehr nah beieinanderliegende Frequenzen getrennt werden. Dies hat den Vorteil, daß man auch zwei "Radiosendungen" trennen könnte, die fast auf der selben Frequenz ausgestrahlt werden. Dies hat aber einen entscheidenden Nachteil:

Wenn man nur schaut, ob in diesen 13 Sekunden bei einer ganz bestimmten Frequenz überhaupt irgendein Signal da ist, das stärker ist als das Hintergrundrauschen, dann weiß man noch nicht, ob es nicht vielleicht ein "Knackser" im Empfänger oder etwas ähnliches war. Wenn man erwartet, daß irgend jemand bei einer bestimmten Frequenz kontinuierlich sendet (immer die gleiche Intensität, beim Vergleich Licht also die ganze Zeit die Lampe brennen läßt, beim Schall z. B. einen Dauerton pfeift), dann würde sich ein charakteristischer Signalverlauf ergeben, d. h. die "Lautstärke" oder "Helligkeit" würde zunächst zunehmen, wenn der Sender ins Blickfeld des Teleskops wandert. Dann würde er wieder leiser/dunkler werden, wenn der Sender wieder aus dem Blickfeld hinauswandert. Dies würde einen Intensitätsverlauf ergeben, wie er als durchgezogene, geschwungene Linie im Diagramm auf der Seite <http://setiathome.ssl.berkeley.edu/sciencepaper.html> zu sehen ist.

Dummerweise dauert dieses Lauter- und Leiserwerden ca. 12 Sekunden. Wenn ich also nur höre, ob innerhalb von 13 Sekunden überhaupt ein Signal da ist, nicht aber, ob es lauter und leiser wird, dann hilft mir das nicht. Dies kann man nur entscheiden, wenn man die Signalstärke in kürzere Zeitbereiche unterteilt, die (möglichst viel) kleiner sind als 12 Sekunden. Damit verliert man aber die Möglichkeit, die Frequenzen gut zu trennen (das liegt nun mal am Rechenverfahren und an der aufgenommenen Datenmenge). Weil jeder Kompromiß seine faulen Ecken hat, versucht das SETI-Programm beides. Es nimmt sich zum einen große Zeitbereiche und erhält eine gute Frequenzauflösung, dann nimmt es kleinere Zeitbereiche (also eine bessere Zeitauflösung) auf Kosten der Frequenzauflösung.

Wenn die zeitliche Auflösung gut genug ist, sucht es nach den oben beschriebenen lauter und leiser werdenden Signalen. Die Kurvenform bezeichnet man übrigens als Gauss-Kurve (nach dem Mathematiker, der auf dem 10 DM-Schein abgebildet ist - zusammen mit der Gauss-Kurve!), daher zeigt das Programm ein "gaussian" an, wenn es den so etwas gefunden hat.

Bei dieser Suche nach wahrscheinlich künstlichen Signalen gibt es aber noch einige andere Schwierigkeiten. Zum Beispiel, daß ein eventuell künstliches Signal sicher von sehr weit her kommt und damit sehr schwach sein dürfte. Damit kann man nicht erwarten, daß man eine schöne Gauss-Verteilung der Signal-Intensitäten messen kann, weil sich das Grundrauschen oder Hintergrundrauschen sehr störend bemerkbar macht (neben einer Autobahn klingt Vogelgezwitscher nicht besonders klar).

Deshalb weichen die einzelnen Intensitätswerte, die pro Zeitabschnitt gemessen werden, mehr oder weniger stark vom idealen Verlauf ab. Je stärker das Gesamtsignal und je besser der Gauss-Verlauf erfüllt ist, desto eher kann man hoffen, daß ein künstliches Signal am Himmel gefunden wurde. Dies geben die Werte "power" (Stärke) und "fit" (schwer, eine gute Übersetzung zu finden, z. B. "passen" oder "Anpassung") an. Je größer power und je kleiner fit, desto besser. Je kleiner deshalb, weil fit die Abweichung vom Gauss-Verlauf ausdrückt.

Das, was man in den Statistik-Seiten von SETI als "score" für einen "gaussian" findet, ist wohl einfach "power" geteilt durch "fit". Dies ist im Prinzip schon fast alles, was ich zur Funktionsweise und zu den erwarteten Signalen sagen kann.

Eins fehlt allerdings noch. Es ist nicht zu erwarten, daß irgendwer anders dort draußen sich relativ zu uns in Ruhe befindet, d. h. sich nicht relativ zu uns bewegt. Schließlich dreht sich die Erdoberfläche mit der Erde, die Erde um die Sonne und die Sonne mit all ihren Planeten irgendwie um das Zentrum der Milchstraße herum. Irgendwer anderes wird ein ähnliches Karussell bewohnen. Deshalb kommt bei der Suche nach den Signalen noch ein bestimmter Effekt zum Tragen, der als "Doppler-Effekt" bezeichnet wird. Dies hat nichts mit verdoppeln zu tun, sondern ist nach einer Person benannt, die nun mal so hieß. Der Doppler-Effekt tritt im Zusammenhang mit Wellen (wie z. B. Schall) auf, wenn Sender und Empfänger sich relativ zueinander bewegen.

Klassisches Beispiel ist ein pfeifender Zug, der an einem vorbeifährt. Kommt er auf uns zu, klingt der Ton hoch, fährt er an uns vorbei und entfernt sich wieder, klingt er tiefer. Dies liegt daran, daß sich die Schallwellen nur mit einer bestimmten Geschwindigkeit ausbreiten können. Sie kommen also nicht schneller am Ohr des Betrachters/Hörers an, auch wenn sie vom fahrenden Zug stammen. Dafür aber kommen Wellentäler und Wellenberge öfter pro Zeit am Ohr des Hörers an. Dies entspricht einer höheren Frequenz, also einem höheren Ton.

Licht und Radiosignale sind elektromagnetische Wellen, so daß hier der Effekt ebenfalls auftritt. Beim Licht bedeutet eine Frequenzveränderung, daß man einen anderen Farbton sehen würde. Daß man diesen Effekt auf der Erde beim Licht praktisch nie erlebt, liegt daran, daß die Stärke des Effekts (wieviel höher oder tiefer der Ton erscheint, oder wieviel blauer oder roter Licht erscheinen würde) vom Verhältnis der Geschwindigkeit (des Senders/Empfängers) zur Geschwindigkeit der Wellenausbreitung abhängt.

Klingt kompliziert, ist es aber nicht. Schall ist ca. 330-340 Meter pro Sekunde schnell. Das sind umgerechnet ca. 1200 Kilometer pro Stunde. Ein Zug, der 120 km/h fährt, hat damit schon ein zehntel der Schallgeschwindigkeit. Da kann man den Effekt deutlich hören. Licht und alle anderen elektromagnetischen Wellen sind viel schneller, nämlich 300.000 Kilometer pro Sekunde!!! Ein Zug, der 120 km/h fährt, ist daher nur etwas schneller als ein Zehnmillionstel der Lichtgeschwindigkeit, der Effekt beim Licht ist daher etwa eine Million mal schwächer als beim Schall und damit für das Auge nicht zu sehen. Die Geschwindigkeiten der Sterne und Planeten durch den Raum sind aber beträchtlich.

So bewegt sich allein die Erde mit ca. 30 Kilometer pro Sekunde um die Sonne. Das ist immerhin schon ein Zehntausendstel der Lichtgeschwindigkeit. Die Sonne bewegt sich noch schneller um das Milchstraßenzentrum, und wenn ein außerirdischer sich ähnlich schnell bewegt, ergibt das zusammen schon eine beachtliche Geschwindigkeit. Daher muß man den Doppler-Effekt bei den Radiosignalen berücksichtigen. Wenn sich der Sender nun kontinuierlich (mit gleicher Geschwindigkeit) auf uns zu oder von uns weg bewegen würde, würde man das praktisch gar nicht merken, weil man ja nicht weiß, mit welcher Frequenz er eigentlich sendet.

Erst wenn sich seine (oder unsere) Geschwindigkeit ändert, ändert sich auch die Frequenz der Radiosignale. Dies ist tatsächlich in den meisten Fällen so, da die Erde sich immer auf gekrümmten Bahnen bewegt (um die Sonne etc.) Dadurch wird die Geschwindigkeit auf einen bestimmten Punkt am Himmel zu (oder von ihm weg) periodisch größer und kleiner.

Innerhalb der kurzen Zeit, aus der die Radiosignale im Datenpaket stammen, macht das nicht viel aus, aber doch immerhin soviel, daß man es messen kann und berücksichtigen muß.

Es ist sogar so, daß jedes Signal, daß keine Doppler-Drift aufweist, als mit hoher Wahrscheinlichkeit von der Erde stammend angesehen wird. Deshalb sind "gaussians", die bei einer Doppler-Drift von 0.000 Hz/s entdeckt werden, verhältnismäßig uninteressant. Aber alle anderen beinhalten die winzige Chance, daß sie von anderem intelligenten Leben im All ausgesandt wurden.

Dies war ein sehr langer Sermon, aber ich hoffe, er hilft. Man sucht also bei weitem nicht nach irgendwelchen "Nachrichten", die uns jemand senden will, sondern erst einmal, ob überhaupt jemand irgend etwas sendet. Wenn man etwas interessantes gefunden hat, wird man nachsehen, was es ist. Botschaften von ET sind also als direktes Ergebnis von SETI@home nicht zu erwarten. Das heißt aber nicht, das es keine geben kann.

Arne Langhoff

Autor: Arne Langhoff
<mailto:arne.langhoff@tu-clausthal.de>
<http://home.tu-clausthal.de/~pcala/> ©1999
Für SETI@home team sachsen
<http://www.fundig.de/seti>