

# Die Kepler-Sonde und die Auswertung ihrer Daten

Thomas Kaffka

## Einleitung

An unserer Volkssternwarte in Köln werden regelmäßig Vortragsreihen in Kooperation mit der Kölner Volkshochschule veranstaltet. Bei einem dieser Volkshochschul-Vorträge, „Das Licht fremder Welten – Exoplaneten und deren Sonnen“, welcher von Herrn Dr. Kaspar von Braun abgehalten wurde, kam mir die Idee, mich eingehender mit der Kepler-Sonde zu beschäftigen, die auch Gegenstand des Vortrags war.

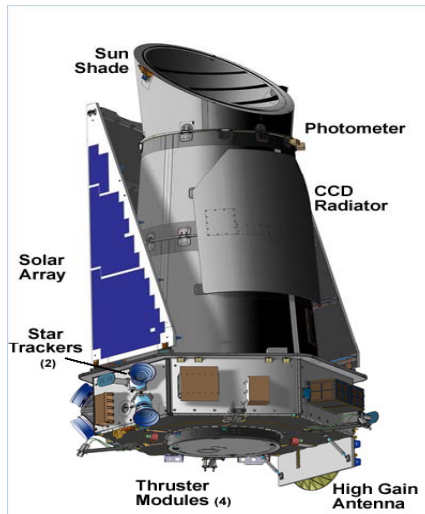


Abb 1.: Die Kepler-Sonde (Quelle: NASA Ames Research Center [1]).

Die Sonde ist am 06.03.2009 zu ihrer Mission gestartet und wurde mittlerweile abgeschaltet, da defekt. Sie ist ein Schmidt-Teleskop, welches einen riesigen Photometer einsetzt. Dieser besteht aus 42 CCD Arrays, die jeweils aus  $2.200 \times 1.024$  Pixeln bestehen.

Mit Hilfe der Kepler-Sonde soll die alte Menschheitsfrage beantwortet werden: „Gibt es da draußen noch anderen Welten wie die unsere?“ Es gibt unter den Wissenschaftlern bereits Beweise für Gas-Riesen, heiße Supererden in kurzperiodischen Orbits und Eis-Riesen. Die Aufgabe der Kepler-Sonde ist es, terrestrische Planeten (also Steinplaneten) zu finden, solche mit halben bis zum doppelten Erdumfang. Ein besonderes Augenmerk wird auf Planeten in der habitablen Zone gerichtet mit flüssigem Wasser auf der Oberfläche, auf denen es potentiell Leben geben könnte. Unter „Habitable Zone“ wird ein Bereich um einen Stern verstanden, der von der Temperatur her so ausgestaltet ist, dass Wasser auf der Oberfläche der in diesem Bereich befindlichen Planeten in flüssiger Form vorkommt. Die Kepler-Sonde soll mit photometrischen Methoden Sterne mit Planeten finden (sog. Exoplaneten).



Abb. 2: Die Kepler CCD-Kamera (Quelle: [8]).

Ein Stern wird leicht bedeckt, wenn ein Planet vor ihm vorbeizieht (man nennt dieses Verfahren auch die Transit-Methode). Das bewirkt dann in der Lichtkurve des Sterns einen kleinen Peak nach unten.

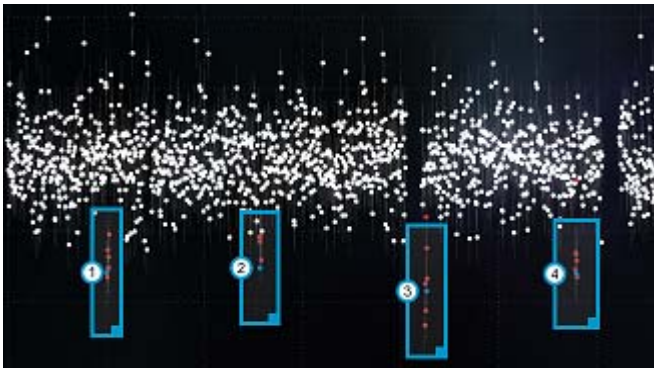


Abb. 3: Eine Lichtkurve der Kepler-Sonde, bei der ein Planet erkannt werden kann (Quelle: Planet Hunters [2]).

Die Sonde befindet sich auf einer Sonnenumlaufbahn und ist ständig auf einen bestimmten Himmelsbereich (in den Sternbildern Schwan, Drachen und Leier, also einen Bereich der Milchstraße) ausgerichtet, den sie in kurzen Abständen aufnimmt. Die Messdaten der Sonde werden in Quartalen zusammengefasst und der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Da es sehr schwierig ist, mit Computerprogrammen Planeten zu finden, wurde eine Web-Seite eingerichtet (<http://www.planethunters.org/>) über die jeder zu einem Planetenjäger werden kann. Man kann sich dort registrieren und erhält auf dieser Web-Seite eine Reihe von Lichtkurven, die man dann klassifizieren kann. Neben Planetenkandi-

daten werden die Sterne auch in Veränderlichenklassen kategorisiert. Wenn es einem gelingt, einen Planetenkandidaten zu finden, wird man namentlich als sein Entdecker veröffentlicht.

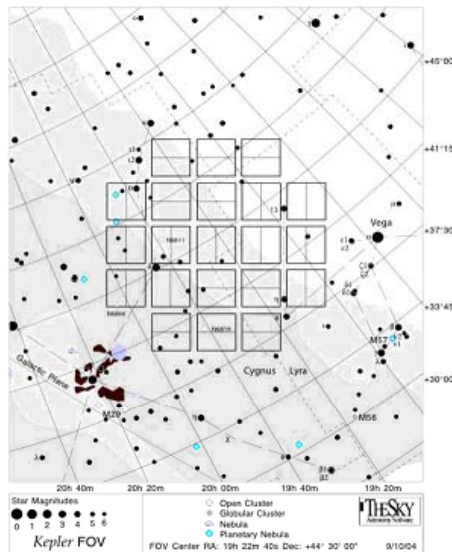


Abb. 4: Sterngebiet, auf das die Kepler Sonde ausgerichtet ist (Quelle: Kepler Manual [3]).

Ich fühlte mich – als Programmierer - in dieser Sache herausgefordert und lud mir ein paar Datenfiles herunter [7]. Ich entwickelte dann das Programm „Planet And Hunting“ (momentane Version 0.4), welches mich bei der Auswertung der Daten unterstützt. Bei meinen Analysen zeigte sich dann sehr schnell, dass neben Planetenkandidaten in den Daten eine Menge variabler Sterne zu finden sind.

### Das Projekt

Ich schlug der BAV im vergangenen Jahr ein Projekt vor, variable Sterne in den Kepler-Daten zu suchen. Meine weiteren Untersuchungen ergaben, dass einige, in der „Lichtenknecker-Database of the BAV“ vorhandene Variable, in den Kepler-Daten gefunden werden können. Das sind im Einzelnen: BR Cyg, V379 Cyg, V753 Cyg, V850 Cyg, V995 Cyg, V1580 Cyg, V2290 Cyg, WX Dra, FL Lyr, HP Lyr, UZ Lyr, V481 Lyr, V583 Lyr.

Dies gilt auch für die AAVSO-Datenbank [4] (die amerikanische Variablen-Organisation) sowie den GCVS, den General Catalogue of Variable Stars [5].

Auf eine Bitte von Herrn Professor Lienhard Pagel hin, habe ich das Kernsystem der von mir erstellten Software zum Download zur Verfügung gestellt (<https://sourceforge.net/projects/planetandhunting/>). Damit ist der Einstieg in eine eigene Programmierung erleichtert, da das Auslesen der Daten etwas schwierig ist. Es

werden insgesamt etwa 150.000 Objekte vom Photometer der Kepler-Sonde erfasst. Diese Daten werden in 10 Dateien a 5 GB pro Quartal zur Verfügung gestellt. Zu jedem Objekt finden sich in einer Datei 3 FITS Datenbereiche, diese beziehen sich auf allgemeine Angaben zum Objekt, die Lichtkurve sowie das Bild.

### Lichtkurven

Ein schöner Vertreter der Bedeckungsveränderlichen ist V850 Cyg. Die Lichtkurve zeigt, dass sich beide Komponenten umkreisen und eine unterschiedliche Größe besitzen, da man ein Haupt- und ein Nebenminimum erkennt.

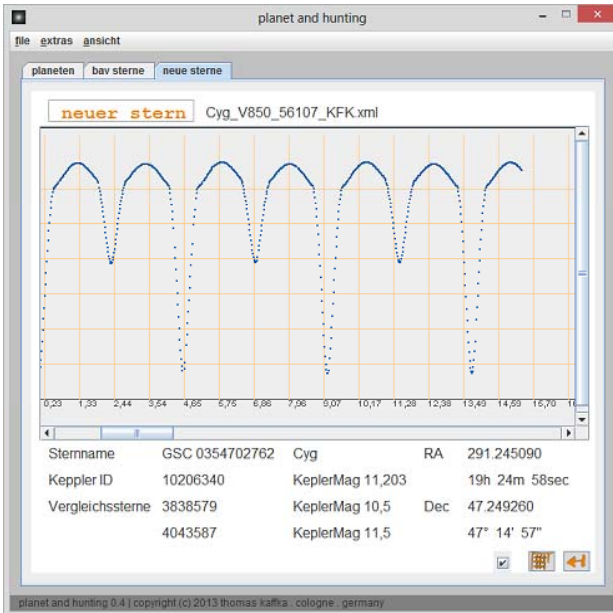


Abb. 8: Lichtkurve des Bedeckungsveränderlichen V850 Cyg (Quelle: Planet And Hunting).

Da die BAV sich bei Bedeckungsveränderlichen für das Hauptminimum interessiert, habe ich eine Funktion entwickelt, welche es erlaubt, diesen Datenbereich zu isolieren. Man sieht nun sehr schön in Abbildung 9 die einzelnen Messpunkte (blau), aus denen sich eine Messung zusammensetzt. In der oberen Grafik werden die Helligkeitsdifferenzen zweier Vergleichssterne dargestellt. Der rote Kurvenzug in der unteren Grafik ist eine Spline-Funktion, die ich heranziehe, um das Minimum der Daten zu bestimmen. Für Mathematiker: „Bei der Spline-Interpolation versucht man, gegebene Stützstellen, auch Knoten genannt, mit Hilfe stückweise stetiger Polynome, genauer Splines, zu interpolieren. Während das Ergebnis einer Polynominterpolation durch unvoreilhaft festgelegte Stützstellen oft bis zur Unkenntlichkeit oszilliert, liefert die Splineinterpolation mit nur geringem Rechenaufwand auch dann noch brauchbare Kurvenverläufe...“ [8].

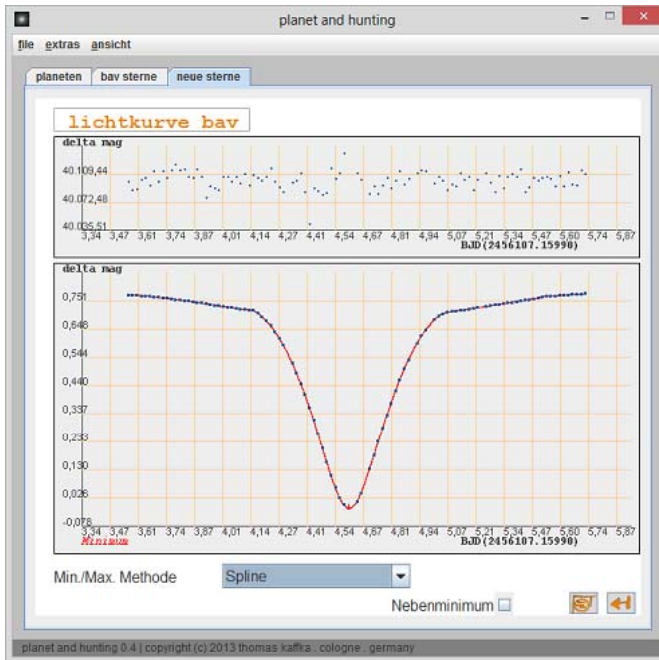


Abb. 9: Ein Hauptminimum des Bedeckungsveränderlichen V850 Cyg (Quelle: Planet And Hunting).

### Planeten in den Daten

Eigentlich soll die Kepler-Sonde ja Planeten finden. Das Kepler-Teleskop entdeckte seit seiner Indienstnahme rund 2.740 sogenannte Exoplaneten – das sind Planeten außerhalb unseres Sonnensystems, auf denen es flüssiges Wasser geben könnte. Man kann tatsächlich in den Daten Sterne finden, deren Lichtkurven auf Planeten hindeuten. Hier zum Beispiel die Lichtkurve des Sterns HST N2JO122375.

Die verschiedenen, gerade nach unten gerichteten Punktespuren könnten von einem großen Planeten stammen. Die Planetenjäger haben bereits eine ganze Reihe von Planetenkandidaten gefunden. Diese werden in verschiedenen Registern gesammelt. Transits von terrestrischen Planeten erzeugen nur einen geringen Helligkeitsverlust beim Licht des betroffenen Sterns. Dieser Lichtwechsel muss periodisch wiederkehren, um von einem Planeten zu stammen. Das bedeutet, dass alle Lichtwechsel, die von dem selben Planeten erzeugt wurden, die selbe Stärke und Periodizität haben müssen. Wenn ein Planet entdeckt wurde, kann die Größe seines Orbits und die Masse des Sterns mit Hilfe des dritten Keplerschen Gesetzes errechnet werden. Die Größe des Planeten kann aus der Lichtkurve und der Größe des Sterns abgeleitet werden. Weiterhin kann aus der Größe seines Orbits sowie der Temperatur des Sterns die Temperatur des Planeten errechnet werden. Damit hat man dann Angaben dazu, ob auf dem Planeten Wasser in flüssiger Form vorkommen kann (der Planet sich in der

habitälen Zone befindet). Nur Planeten mit moderaten Temperaturen sind Kandidaten für Leben, wie wir es von unserer Erde her kennen.

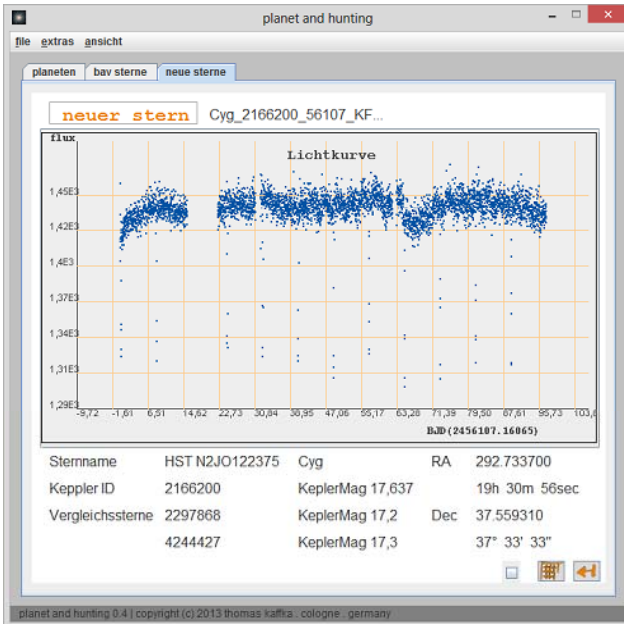


Abb. 11: Lichtkurve des Sterns HST N2JO122375 (Quelle: Planet And Hunting).

### Zusammenfassende Schlussbetrachtung

Das Projekt, die Keplerdaten auszuwerten, hat mir viel Freude gebracht. Es ist schon etwas sehr Spezielles, die Originaldaten einer Weltraumsonde auszuwerten. Ich habe mit diesem Projekt bisher etwa einem Monat verbracht und es wird mich noch einige Zeit beschäftigen. Weiterhin ist es sehr schön, dass das von mir zum Download zur Verfügung gestellte Programm einigen Entwicklern geholfen hat, eigene Auswertungen zu erstellen.

### Literatur

- [1] <http://kepler.nasa.gov/>
- [2] <http://www.planethunters.org/>
- [3] Susan E. Thompson u.a., "Kepler: A Search for Terrestrial Planets", 2012.
- [4] We acknowledge with thanks the variable star observations from the AAVSO International Database contributed by observers worldwide and used in this research.
- [5] Samus N.N., Durlevich O.V., Kazarovets E.V., Kireeva N.N., Pastukhova E.N., Zharova A.V., et al., General Catalogue of Variable Stars (Samus+ 2007-2012).
- [6] <http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/>
- [7] <http://archive.stsci.edu/pub/kepler/lightcurves/tarfiles/>
- [8] Wikipedia