

Exoplaneten für Amateure

Dipl.-Phys. Manfred Rätz

Seit sich Menschen mit dem Sternenhimmel beschäftigen, beschäftigt sie auch die Frage, ob es im Weltall weitere Sonnen mit Planeten gibt. Giordano Bruno (1548 – 1600), ein italienischer Priester, postulierte zum Beispiel ein unendliches Weltall mit unzähligen bewohnten Planeten. Unter anderem wegen dieser Ketzerei endete sein Leben auf dem Scheiterhaufen. Auch der Philosoph Immanuel Kant (1724 - 1804) beschäftigt sich im 3. Teil seiner 1755 verfassten „Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels“ mit den „Bewohnern der Gestirne“. In den 60iger und 70iger Jahre war man in Fachkreisen zu der Ansicht gekommen, dass man die ersten Exoplaneten nachgewiesen hatte. Peter van de Kamp hatte die Bewegung von Barnards Stern, dem Stern mit der größten Eigenbewegung, seit 1938 kontinuierlich verfolgt, und war an Hand der Bahnstörungen zu der Auffassung gelangt, dass Barnards Stern von zwei Planeten begleitet wird. Erst in den 80iger Jahren setzte sich dann die Erkenntnis durch, dass die Entdeckung doch durch nicht erkannte instrumentelle Fehler vorgetäuscht wurde. Ein erster großer Meilenstein in der Entdeckung extrasolarer Planeten war das Jahr 1992, als Wolszczan und Frail (1992) den Nachweis eines Exoplaneten um den Pulsar PSR1257+12 bekanntgaben. Im Oktober 1995 veröffentlichten Mayor und Queloz (1995) die Entdeckung eines Exoplanetenkandidaten um einen gewöhnlichen Hauptreihenstern (51 Pegasi). Sie entdeckten im Spektrum dieses Sterns kleinste periodische Linienverschiebungen, die sich nur durch den Umlauf eines Zweikörpersystems um einen gemeinsamen Schwerpunkt erklären ließen. Eine genaue Auswertung ergab, dass die Masse des einen Körpers so klein war, dass es kein Stern sein konnte. Diese Methode, Radialgeschwindigkeitsmethode genannt, ist bis heute die erfolgreichste Methode zum Nachweis von Exoplaneten. Diese Entdeckung leitete eine neue Ära in der Suche nach Exoplaneten ein. Man erinnerte sich auch daran, dass der Astronom Otto von Struve (1897– 1963) bereits 1952 darauf hinwies, dass die »Bedeckungsmethode« den Nachweis von Planeten fremder Sterne ermöglichen könnte. Diese, heute als Transitmethode bezeichnete Methode, erwies sich als sehr erfolgreich und ist die zweiterfolgreichste Methode. Nun begann eine Entwicklung, die dazu führte, dass die Erforschung der Exoplaneten zu einem wichtigen Teilgebiet der aktuellen Forschung wurde (Stand 13.10.2011: 693 Planeten).

Für mich als Veränderlichenbeobachter war diese Entwicklung zwar sehr interessant, aber auf Grund der Kleinheit der Effekte als Amateur nicht nachzuvollziehen (meinte ich!). Meinen ersten echten Kontakt mit der Exoplanetenbeobachtung hatte ich im September 2006 bei einem Vortrag von G. Torres vom Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (Cambridge/Boston) in der Universitätssternwarte Jena, an dem ich als Gast mit Erlaubnis des Institutsdirektors Prof. R. Neuhäuser teilnehmen konnte. Eine der erstaunlichsten Erkenntnisse aus diesem Vortrag war, mit welcher kleinen Geräten die Entdeckungen von Exoplaneten gelangen. Als dann in Jena anfangs auch nur mit dem 25-cm-Teleskop beobachtet wurde, stellte ich mir die Frage, ob auch mit meiner Ausrüstung eine erfolgreiche Beobachtung von Exoplaneten transits möglich wäre. Meine Ausrüstung bestand aus einem 8-Zoll Meade-Teleskop auf einer Astrophysics-Montierung und einer CCD-Kamera ST6. Erfahrung mit Bedeckungs-

lichtwechseln hatte ich. Seit über 30 Jahren sind meine Frau und ich Beobachter Veränderlicher Sterne und seit 1998 verfolgen wir den Lichtwechsel von Bedeckungssternen mit der CCD-Kamera. Mein Fazit - der Nachweis der Exoplaneten sollte möglich sein.

Den ersten Versuch unternahm ich dann im April 2007 – mit ernüchterndem Ergebnis. Außer Streuung war nichts zu sehen. Nach weiteren Versuchen, bei denen man schon ein Minimum erahnen konnte, gelang im September 2007 die erste verwertbare Lichtkurve eines Exoplaneten. Der Vergleich mit am selben Tag von Profis erzeugten Lichtkurven (Abb.:1) zeigte mir deutlich, woran ich arbeiten musste – an der Genauigkeit und dabei vor allem an der Reduzierung der Streuung.

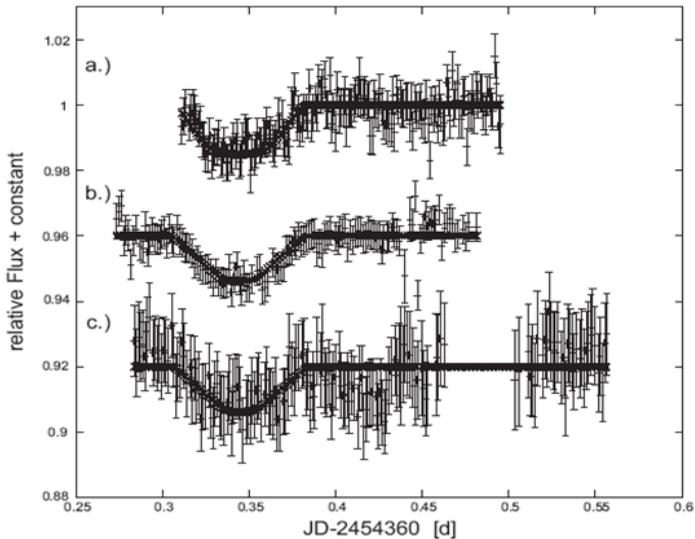


Abb. 1: TrES-2-Transit vom 16.09.2007 mit verschiedenen Teleskopen

- a) I-Band-Photometrie Universitäts-Sternwarte Jena
 - b) R-Band-Photometrie Wendelstein
 - c) Ungefilterte eigene Photometrie
- Quelle: Raetz, St. et. al (2009)

Für Veränderlichenbeobachter ist die Anwendung von exakten Dunkelfeld- und Flatfieldkorrekturen unverzichtbar, so dass ich hier dazu nichts mehr sagen möchte. Mein größtes Problem lag im Zusammenspiel meiner Ausrüstung. Die ST-6 hat einen sehr kleinen Chip. Zusammen mit der 2m Brennweite eines 8-Zöllers ergibt sich ein recht kleines Gesichtsfeld. Wenn nun die Montierung auch nicht ganz exakt nachführt, kann es dazu kommen, dass der Veränderliche mit der Zeit aus dem Gesichtsfeld verschwindet. Deshalb hatte ich mir einen Reducer zugelegt, mit dem ich die Brennweite auf ca. 1,2 m verkürzen konnte. Das Gesichtsfeld war größer und das

Objekt meines Interesses blieb im Feld. Nur hatte dies wiederum den Nachteil, dass das Licht der Sterne bei den großen Pixeln der ST-6 jeweils nur noch auf wenige Pixel fiel (Undersampling). Dies hatte eine deutlich größere Streuung der Lichtkurve zur Folge, was mich aber bei den Amplituden der Bedeckungssterne nicht störte. Anders jedoch bei den Exoplaneten.

Gegen diese Streuung gab es nur zwei Möglichkeiten – entweder wieder zur längeren Brennweite zurückkehren oder die Pixel der Kamera kleiner machen. Ersteres wäre sehr leicht zu realisieren und die zweite Methode kostete Geld. Trotzdem habe ich mich für die zweite Methode entschieden und mir eine neue CCD-Kamera zugelegt. Bei nun 9 Mikrometern Pixelgröße habe ich das Problem des Undersampling nicht mehr. Außerdem habe ich mich an einige Hinweise gehalten, die uns Dr. J. Eislöffel von der Thüringer Landessternwarte Tautenburg auf der Harthaer Tagung im Mai 2008 gegeben hat (bzgl. Extinktion u.ä.). Etwas detaillierter habe ich diesen ganzen Prozess der Steigerung der Genauigkeit in SuW 10/2011 beschrieben und möchte es hier nicht wiederholen.

Zu welchen Ergebnissen wir Amateure kommen können, möchte ich mit den Lichtkurven von TrES-1, Wasp-3 und TrES-3 zeigen. Die Lichtkurve von TrES-1 und Wasp-3 habe ich mit meinem 8-Zöller und der CCD-Kamera G2-1600 von Moravian Instruments aus Tschechien gemessen. Die Amplitude bei Wasp-3 liegt nur bei etwas über 0.01 mag und die Genauigkeit der Minimumbestimmung ist schon recht erstaunlich. Die Lichtkurve von TrES-3 habe ich zusammen mit meiner Tochter Stefanie am 60-cm-Cassegrain der Sternwarte Kirchheim aufgenommen. Als Kamera wurde hier eine STL verwendet. Die Genauigkeit dieser Kurve ist mit denen professioneller Astronomen ohne weiteres vergleichbar.

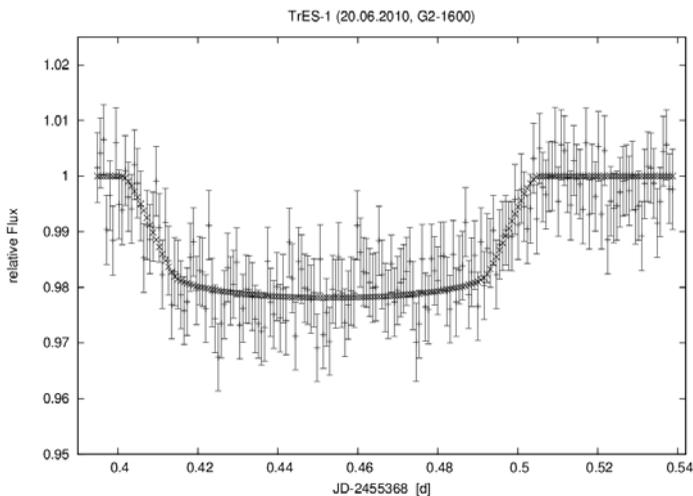


Abb. 2: Lichtkurve von TrES-1 mit 8" Meade, G2-1600 und UV/IR-Sperrfilter; Fehler in der Zeitbestimmung: 71.1 s

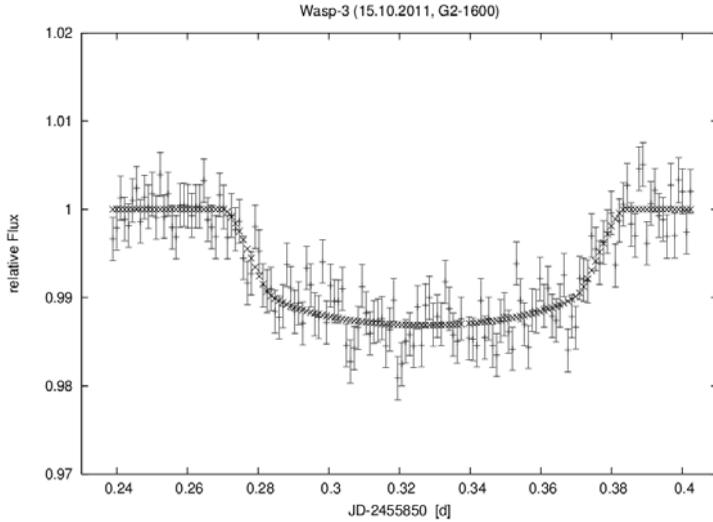


Abb.: 3 Lichtkurve von WASP-3 mit 8" Meade, G2-1600 und UV/IR-Sperrfilter; Fehler in der Zeitbestimmung: 66.5 s ; Standardabweichung vom Fit 2.7 mmag

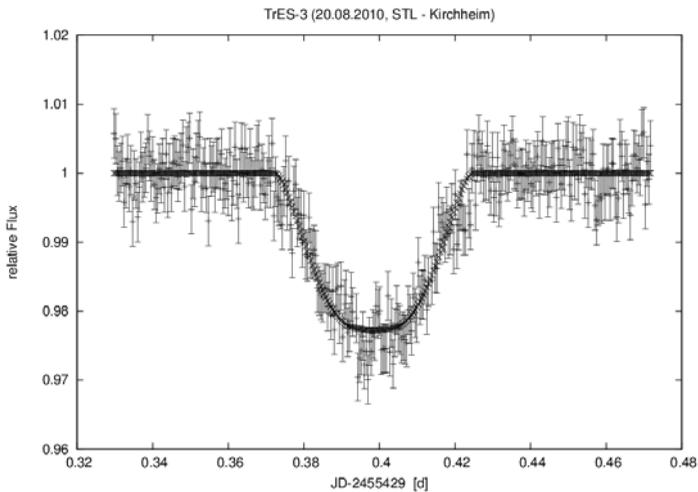


Abb.: 4 Lichtkurve von TrES-3 mit 60cm Cassegrain und SBig-STL der Sternwarte Kirchheim; Fehler in der Zeitbestimmung: 29 s; Standardabw. vom Fit 3,2 mmag

Fazit

Der Nachweis von Exoplaneten ist, wie gezeigt, schon mit einer eigentlich recht einfachen Amateurausrüstung möglich. Dabei muss es noch nicht mal eine gekühlte CCD-Kamera sein. Es gibt Amateure, denen der Nachweis von Exoplaneten auch mit digitalen Spiegelreflexkameras gelungen ist.

Wenn man den Anspruch hat, einen wissenschaftlichen Beitrag zu leisten, muss man sich ein paar Gedanken mehr machen. Eine Aufgabe für Amateure könnte sein, die Muttersterne von Exoplaneten, die mit der Radialgeschwindigkeitsmethode entdeckt wurden, zu überwachen. Oft ist nicht klar, ob es nicht doch einen Transit gibt. Dafür muss die Genauigkeit der Messung nicht ganz so hoch sein, da hier erst einmal nur der Fakt eines Transits von Interesse ist. Will man allerdings Messungen liefern, die für die Bestimmung von Transitzeitvariationen verwendet werden können, muss die Genauigkeit der Messungen deutlich größer sein.

Hierfür sind Teleskope mit Öffnungen von 0.5 m oder mehr erforderlich. Auch muss man sich dann mehr mit der Vermeidung von Fehlern bei der Helligkeitsbestimmung beschäftigen. Hierzu kann ich die sehr gute Anleitung von Bruce Gary (http://brucegary.net/book_EOA/x.htm) empfehlen.

Literatur

- Mayor, M., & Queloz, D. 1995, Nature, 378, 355
- Raetz, St., et al. 2009, Astronomische Nachrichten, 330, 459
- Raetz, St. & Raetz, M. 2011, Sterne und Weltraum, 10, 78
- Struve, O. 1952, The Observatory, 72, 199
- Van de Kamp, 1969, Astronomical Journal, 74 (8), 757
- Wolszczan, A., & Frail, D. A. 1992, Nature, 355, 145

Manfred Rätz,
Stiller Berg 6
98597 Herges-Hallenberg
mraetz.herges@t-online.de