

# Über die Nachweisbarkeit von Exoplaneten in der ASAS-3 Datenbank

Stefan Hümmerich und Klaus Bernhard

**Abstract:** *Under favourable circumstances, transits of known exoplanets with large amplitudes like WASP-18 b can be observed in the ASAS-3 database. An attempt to search for exoplanets using ASAS-3 data is discussed.*

In den letzten Jahren wurde eine große Anzahl an Exoplaneten mit der Transitmethode entdeckt, wobei sowohl erdgebundene Projekte wie SuperWASP (SWASP) und HATNet als auch Satellitenmissionen wie COROT oder Kepler erfolgreich waren. Die Seite <http://exoplanet.eu/> listet mit Stand 26. Februar 2015 insgesamt 1189 mit der Transitmethode entdeckte Objekte auf, die Gesamtzahl aller bekannten Exoplaneten betrug an dem Tag 1890.

Im Zuge der Suche nach chemisch pekulieren Sternen in der ASAS-3 Datenbank (über die wir separat berichten werden) zeigte sich, dass bei relativ hellen Objekten im Bereich von etwa 8.0 bis 9.5 mag Helligkeitsänderungen von etwa 0.02 mag Amplitude eindeutig festzustellen sind.

Da dies schon im Bereich der bei Exoplaneten zu erwartenden Helligkeitsänderungen liegt, wollten wir versuchen, bekannte Exoplaneten in ASAS-3 Daten (Pojmański, 2002) nachzuweisen, um die Chancen für eine eventuelle Entdeckung neuer Exoplanetenkandidaten auszuloten. Als in Hinblick auf die Helligkeit, südliche Deklination und Amplitude geeignete Kandidaten aus obiger Liste stellten sich insbesondere die Planeten WASP-7b und WASP-18b heraus. Als Programm zur Periodenanalyse wurde Peranso (Vanmunster, 2007; [www.peranso.com](http://www.peranso.com)) verwendet, insbesondere der Algorithmus EEBLs („Edge Enhanced Box-fitting Least Squares Method“; vgl. Kovács et al., 2002), der speziell zur Suche nach Exoplanetentransits implementiert wurde.

## **WASP-7b (HD 197286; RA: 20:44:10.0, DEC: -39:13:31, J2000)**

Obwohl die Amplitude von WASP-7b laut den verfügbaren Informationen im Bereich von knapp unter 0.01 mag liegt, zeigt Peranso keinerlei Peak im Spektrogramm der ASAS-3 Daten im Bereich der bereits bekannten Periode von 4.95464 Tagen an (Abbildung 1, links). Desgleichen ist auch in der auf diese Periode reduzierten Lichtkurve bei Phase 1.0 die Bedeckung allenfalls zu erahnen, aber aus Sicht der Autoren nicht eindeutig zu identifizieren (Abbildung 1, rechts).

Zusammenfassend betrachtet hätte man WASP-7b sicherlich nicht in der ASAS-3 Datenbank entdecken können.

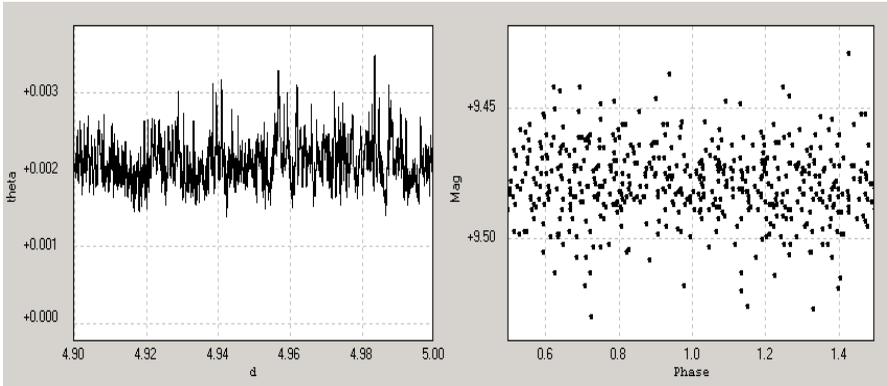


Abbildung 1: Peranso Spektrogramm der ASAS-3 Daten von WASP-7b im Bereich von  $4.9 \text{ d} < P < 5.0 \text{ d}$  (links) und die auf die Periode von  $P = 4.9546416 \text{ d}$  reduzierte Lichtkurve mit dem erwarteten Minimum bei Phase 1.0 (rechts).

### WASP-18b (HD 10069; RA: 01:37:24.95, DEC: -45:40:40.8, J2000)

WASP-18b hat gegenüber dem ersten Objekt eine deutlich kürzere Umlaufzeit von 0.94145299 Tagen, was die Nachweisbarkeit auf Grund mehrerer im Minimum liegender Datenpunkte erhöhen könnte. Des Weiteren ist die bekannte Amplitude mit etwa 0.013 mag doch etwas höher als bei WASP-7b.

Die eindeutig positiven Ergebnisse der Analyse der ASAS-3 Daten sind in Abbildung 2 dargestellt; mit Peranso werden praktisch zur Literatur identische Elemente erhalten:

$$\text{HJD (Min)} = 2451868.784 + 0.941459 * E$$

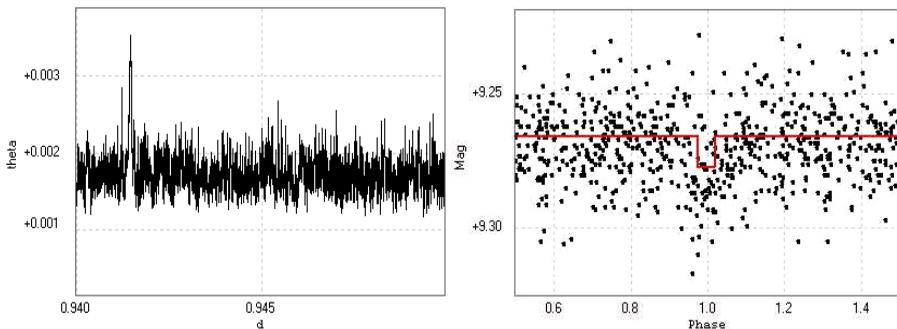


Abbildung 2: Peranso Spektrogramm der ASAS-3 Daten von WASP-18b im Bereich von  $0.94 \text{ d} < P < 0.95 \text{ d}$  (links) und die auf die Periode von  $P = 0.941459 \text{ d}$  reduzierte Lichtkurve mit dem erwarteten Minimum bei Phase 1.0 (rechts).

Demnach lassen sich die Transite von WASP-18b eindeutig mittels Peranso in den ASAS-3 Daten nachweisen. Weiters stimmt die ermittelte Periode im Rahmen der Messgenauigkeit mit der Exoplanetendatenbank überein.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass ASAS-3 in günstigen Fällen und unter Zuhilfenahme geeigneter Periodensuchalgorithmen eine Identifizierung von Exoplanetentransits erlaubt, sodass eine Suche nach neuen Exoplaneten in Angriff genommen wurde.

### **Suche nach neuen Exoplaneten in der ASAS-3 Datenbank**

Zunächst wurde eine Liste potenzieller Kandidaten erstellt. Hierzu wurden alle Tycho-2-Sterne mit einer V-Helligkeit zwischen 8.0 und 9.5 mag sowie einer für ASAS günstigen Deklination von  $\leq -10^\circ$  ausgewählt. Von den so erhaltenen, etwa 60.000 Objekten wurden noch jene entfernt, die in dichten Feldern nahe der galaktischen Ebene liegen und die für die Exoplanetensuche ungünstige Spektraltypen wie O, B, A oder M aufweisen. Nachdem noch zusätzlich Objekte mit einer geringen Eigenbewegung ausgeschieden wurden (Stichwort: Riesensterne), blieb eine Liste von etwa 24.000 helleren südlichen Kandidaten übrig, die als Grundlage für eine Analyse mit dem Algorithmus EEBS in Peranso verwendet wurde.

Schon bei der Analyse der ASAS-3 Daten der ersten Objekte fiel auf, dass die Suche nach Exoplaneten wesentlich zeitaufwändiger ist als die nach "klassischen" Veränderlichen. Ein wesentlicher Grund dafür ist, dass im Gegensatz zur Suche nach den meisten Veränderlichentypen eine rein augenscheinliche Vorauswahl der ASAS-3 Lichtkurven wegen der geringen Amplituden nicht möglich ist. Es müssen daher alle Kandidaten mit Peranso bearbeitet werden. Weiters ergaben die Versuche mit den ASAS-3 Daten von WASP-18b, dass auf Grund des zu erwartenden schmalen Minimums mit einer hohen zeitlichen Auflösung in Peranso gearbeitet werden muss, was mehrere Minuten Zeit für einen einzigen Kandidaten in Anspruch nimmt.

In einer Stunde ist mit den zur Verfügung stehenden Computerressourcen somit die Abarbeitung von etwa 20 Objekten möglich. Der Zeitaufwand, um die gesamte Liste von 24.000 Objekten abzuarbeiten, beträgt somit ~1200 Stunden. Nimmt man nun an, dass man jeden Tag etwa eine Stunde in die Suche investiert, würde es somit etwa 3 Jahre dauern, die gesamte Liste abzuarbeiten! Der Zeitaufwand ließe sich signifikant verringern, wenn die Eingabe der einzelnen Objekte und die Auswertung vollautomatisch erfolgen würde; hierfür reichen die Computer-/Programmierkenntnisse der Autoren aber leider nicht aus.

### **Ein erster Kandidat: HD 14680 (RA: 02 21 23.9, Dec: -30 56 01, J2000)**

Trotz der abschätzbaren, großen zeitlichen Dimension des Vorhabens starteten wir die Suche in der Hoffnung, dass wir vielleicht schon bei der Durchsicht eines kleinen Teiles der Kandidaten einen Glückstreffer landen könnten. Interessanterweise fand sich schon am zweiten Abend ein Kandidat für einen neuen Exoplaneten: HD 14680

(RA: 02 21 23.9, Dec: -30 56 01, J2000), mit einer Periode von 5.79427 Tagen – die Nr. 25 in unserer Liste! Die in Abbildung 3 dargestellte reduzierte ASAS-3 Lichtkurve im Phasenbereich von 0.8 bis 1.2 sieht auf den ersten Blick sehr vielversprechend aus.

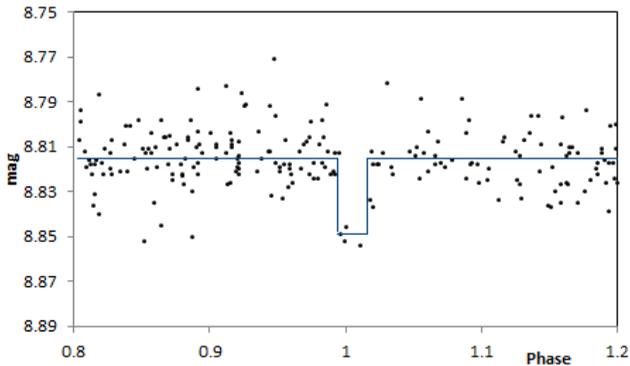


Abbildung 3: Auf die Periode von  $P = 5.79427$  d reduzierte ASAS-3 Lichtkurve von HD 14680 im Phasenbereich  $0.8 < \varphi < 1.2$  mit dem vermuteten Minimum bei Phase 1.0.

Um unsere Ergebnisse zu überprüfen, haben wir versucht, andere Surveys zu finden, deren Daten die vermutete Bedeckung verifizieren bzw. falsifizieren könnten. Erfreulicherweise wurde das Objekt auch von SWASP (Butters et al., 2010) beobachtet. Da bei SWASP Schwankungen in der Durchschnittshelligkeit auftreten können (Rainer Gröbel, persönliche Mitteilung), wurde eine Korrektur der Daten durch zwei nahegelegene Vergleichssterne durchgeführt. Die aus den ASAS-3 Daten abgeleitete Periode wurde für SWASP herangezogen und ist in Abbildung 4 dargestellt.

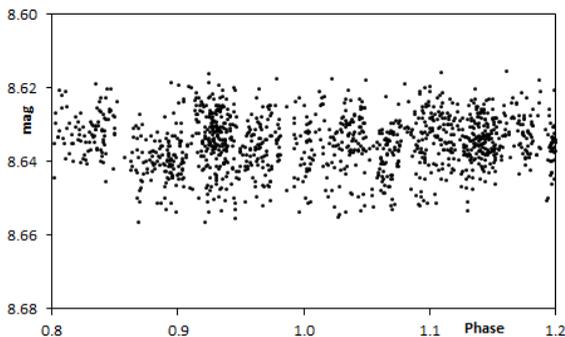


Abbildung 4: Auf die Periode von  $P = 5.79427$  d reduzierte SWASP Lichtkurve von HD 14680 im Phasenbereich  $0.8 < \varphi < 1.2$ .

Leider ist in den SWASP Daten keine Spur eines Transits zu erkennen. Da die SWASP Daten im Helligkeitsbereich zwischen 8 und 9 mag teilweise deutliche systematische Trends durch Sättigungseffekte zeigen können, ist dieses Ergebnis mit Vorsicht zu interpretieren. Wie jedoch die weitere Suche gezeigt hat, handelt es sich hierbei dennoch wahrscheinlich nur um einen scheinbaren Helligkeitsabfall in den ASAS-3 Daten.

Im Zuge der weiteren Suche, die etwa 500 Objekte und noch mehrere Wochen umfasste, konnten noch mehrere Fehlalarme, aber keine Hinweise auf einen echten Kandidaten gefunden werden, sodass wir letztendlich die Suche nach neuen Exoplaneten in der ASAS-3 Datenbank (vorläufig) eingestellt haben.

Zusätzlich hat sich im Vergleich zu anderen Surveys wie SWASP herausgestellt, dass die Wahrscheinlichkeit sehr gering ist, einen Stern mit beobachtbaren Transits zu finden. So wurden z.B. in den ~30 Millionen Sternen, die mit SWASP beobachtet wurden, insgesamt etwa 100 Exoplaneten gefunden – das ist ein Treffer auf 300.000 Objekte.

#### **Fazit:**

Wie das Beispiel von Wasp-18b zeigt, können Exoplaneten bei ausreichender Amplitude eindeutig in den ASAS-3 Daten nachgewiesen werden, was z.B. im Hinblick auf "Pre-discovery"-Transits und die Verbesserung von Elementen interessant sein kann. Die Suche nach neuen Exoplaneten ist allerdings um Größenordnungen schwieriger als die nach "klassischen" veränderlichen Sternen, sodass hier wahrscheinlich nur vollautomatisierte Suchverfahren zum Erfolg führen könnten.

#### **Danksagung:**

Für die Erstellung des Artikels wurden SWASP Daten verwendet, die über die CERIT Scientific Cloud, reg. no. CZ.1.05/3.2.00/08.0144 (Masaryk University, Czech Republic) zur Verfügung gestellt werden. Des Weiteren wurden die Datenbanken ASAS, AAVSO-VSX, SIMBAD und VIZIER und das Programm Peranso von Tony Vanmunster verwendet. Rainer Gröbel wird für seine fachlichen Hinweise zur Erstellung des Artikels herzlich gedankt.

#### **Referenzen**

Butters, O. et al., *Astronomy and Astrophysics* 2010, 520, L10  
Kovács, G., Zucker, S., Mazeh, T., 2002, *A&A*, 391, 369  
Pojmanski, G., 2002, *Acta Astronomica*, 52, 397  
Vanmunster, T., 2007, *PERANSO Period Analysis and Light Curve Software*  
(<http://www.peranso.com/>)

Stefan Hümmerich, Stiftsstr. 4, 56338 Braubach, [ernham@rz-online.de](mailto:ernham@rz-online.de)

Klaus Bernhard, Kafkaweg 5, A-4030 Linz, Österreich, [Klaus.Bernhard@liwest.at](mailto:Klaus.Bernhard@liwest.at)