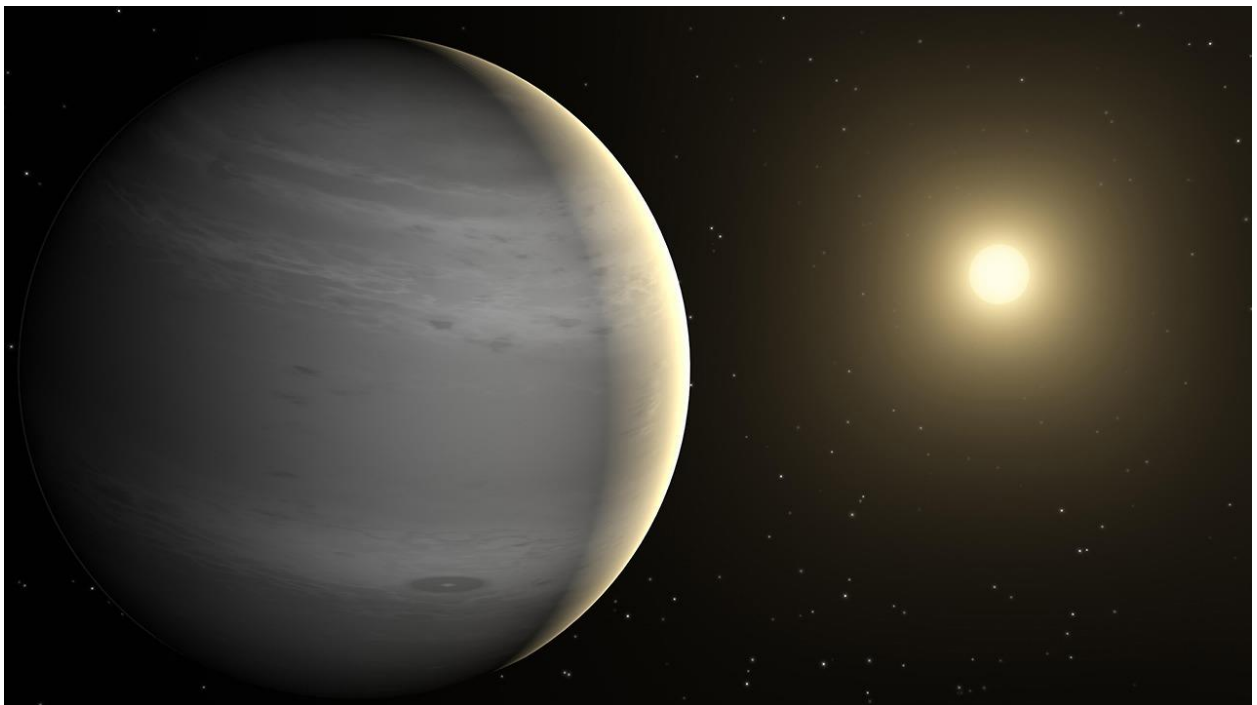


Neuvermessung der Parameter des Exoplaneten-Transits von Qatar-5b

Jugend forscht im Bereich Geo- und Raumwissenschaften
Sven de Vrieze



Carl-Fuhlrott-Gymnasium Q2 2020/2021

Abgabe 17.01.2021

Sven.devrieze@gy-cfg.de

Betreuender Lehrer: Bernd Koch



Inhalt

1 Kurzbeschreibung und Einleitung.....	3
1.1 Kurzbeschreibung	3
1.2 Was sind Exoplaneten und wie beobachtet man diese?.....	3
2 Vorgehensweise und Methoden.....	4
2.1 Transitbeobachtung	4
2.2.1 Analyse meiner und aller Transits.....	7
2.2.2 Vergleich mit vorherigen Messungen.....	8
3 Ergebnisse	10
3.1 Vergleich meiner Beobachtungen	10
5 Zusammenfassung	11
6 Danksagung	12
7 Abschlusserklärung.....	12
Literaturverzeichnis	13
Internetlinks.....	13
Bildverzeichnis.....	13

1 Kurzbeschreibung und Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung

Anfang des letzten Jahres begann ich mich in Zusammenhang mit einer Projektarbeit mit dem Exoplaneten Qatar-5b und dessen Transit vor dem Mutterstern zu beschäftigen. Schon während der Ausarbeitung jener Projektarbeit fiel mir etwas ins Auge, denn der Exoplanet Qatar-5b ist ein „heißer Jupiter“, welcher 2016 vom *Qatar Exoplanet Survey* entdeckt wurde und im Sternbild Andromeda zu finden ist. Dort umkreist er in 2,87 Tagen seinen Mutterstern Qatar-5, einen sonnenähnlichen Stern. Der Planet wurde für diese Arbeit ausgewählt, da in der *ETD Exoplanet Transit Database*, einer Datenbank in der möglichst alle beobachteten Exoplaneten Transits gesammelt werden, eine Ungenauigkeit der Transitparameter auffällig ist. Durch eine Auswertung der in ETD bis 2020 vorliegenden, sowie zweier eigener Beobachtungen in den Jahren 2019 und 2020 wird versucht, verbesserte Planetenparameter zu finden, welche diese Diskrepanz erklären. Im Verlauf der Recherche fand sich eine Veröffentlichung aus dem Jahr 2018, welche das gleiche Ziel anstrebte. Da aber auch die in dieser Veröffentlichung ermittelten Daten nicht exakt zu den vorliegenden Beobachtungen zu passen schienen, wird versucht die Parameter des Transits von Qatar-5b in dieser Arbeit mit Hilfe eigener Messungen weiter zu präzisieren. Es wird davon ausgegangen, dass entweder die erste Beobachtung des Planeten, nach welcher die Katalogwerte ausgerichtet sind ungenau war oder sich die Eigenschaften des Planeten und seiner Umlaufbahn geändert haben.

1.2 Was sind Exoplaneten und wie beobachtet man diese?

Die Frage, was ein Exoplanet ist, lässt sich recht kurz beantworten: Ein Exoplanet, auch als extrasolarer Planeten bezeichnet, ist ein Planet außerhalb unseres Sonnensystems. Also unabhängig vom Einfluss unserer Sonne, dem Stern, der unsere Leben in Tag und Nacht teilt und uns erst das Leben ermöglicht. Es gibt einige verschiedene Methoden, Exoplaneten aufzuspüren und diese nachzuweisen. Im Folgenden wird die Transitmethode erläutert, da diese Methode auch für alle in der Arbeit relevanten Beobachtungen genutzt wurde.

Für die Transitmethode wird die Helligkeit eines Sterns gemessen. Wenn die Bahnneigung nahezu 90 Grad beträgt verdeckt ein den Stern umkreisender Planet während des Transits einen Teil des Sterns. So verringert sich die Gesamthelligkeit und ist ein charakteristischer Abfall (Abb 1) in der Lichtkurve erkennbar. Dieser Lichtabfall ist zwar sehr gering; so gering, dass wir ihn selbst bei einem Transit von Merkur oder Venus vor der Sonne nicht wahrnehmen können aber mit heutigen Teleskopen messbar. Um sich sicher sein zu können, dass tatsächlich ein Planetentransit diesen Lichtabfall verursacht hat, muss dabei ein Stern über einen längeren Zeitraum beobachtet werden. Tritt dieser Lichtabfall in gleichmäßigen Abständen auf, so ist wahrscheinlich ein Planet der Grund dafür. Wenn nur ein einziger, vermutlicher Transit gemessen wird, muss das nicht heißen, dass ein Planet vorliegt, da es auch verschiedene andere Gründe gibt, weshalb ein Stern sich verdunkeln kann. Beispielsweise könnte der Stern einen braunen Zwerg als ‚Begleiter‘ haben. Das ist ein sternähnlicher Himmelskörper, welcher jedoch nicht genug Masse hat um eine Wasserstofffusion durchzuführen zu können. Diese kann ähnlich wie ein Exoplanet die scheinbare Helligkeit eines Sterns verändern. Ebenso können Sternflecken, also Bereiche geringerer Temperatur dies verursachen. [TQ1]

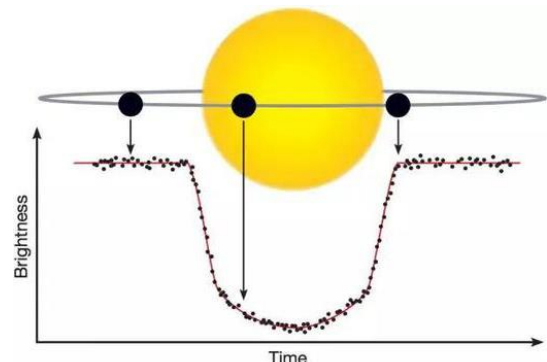


Abb 1: Lichtkurve mit Stadien des Transits [BQ8]

2 Vorgehensweise und Methoden

Mein Vorgehen lässt sich gut in zwei Abschnitte teilen, denn zuerst erfolgen die von mir durchgeführten Transitbeobachtungen und erst etwas später wurden diese dann untereinander und mit anderen vorliegenden Beobachtungen verglichen. Dies ist auch der Tatsache geschuldet, dass meine erste Beobachtung des Planeten Qatar-5b schon ein Jahr zuvor für eine Projektarbeit erfolgte.

2.1 Transitbeobachtung

Zunächst einmal stellt sich die Frage, warum genau dieser Planet zur Beobachtung ausgewählt wurde. Die Auswahl des Planeten fand über die EDT Exoplanet Internetseite [IL2] statt. Diese Seite zeigt zu einem eingegebenen Standort alle bekannten Transits an, welche zu beobachten sind. Hierbei werden also Sterne mit unter dem Horizont oder tagsüber stattfindenden Transits direkt ausgeschlossen. Dort habe ich zunächst nachgesehen, ob sich ein Planet findet, der auf irgendeine Art heraussticht. Im Laufe der Recherche fanden sich ein paar Planeten welche sich von ‚Durchschnitt‘ abgrenzten. Als nächstes musste ich überprüfen, welche der Planeten überhaupt zu beobachten sind, denn durch die Erdrotation ist nicht jedes Planetensystem zu jeder Zeit sichtbar. Aus der nun kleineren Auswahl wurde dann Qatar-5b gewählt, da dieser zu einer optimalen Zeit zu beobachten war und die bereits beschriebene Auffälligkeit in der Entwicklung des Transitbeginns aufwies. Daher war davon auszugehen, dass entweder die Planetenparameter falsch vorlagen oder etwas anderes passiert, das interessant zu erforschen wäre.

Irgendwann im Dezember passte dann so, dass die Beobachtung abends in der Schule stattfinden konnte.

	Peg	54°,SW	43°,W	32°,W				RA: 23 18 29.54 DE: +24 53 21.4
Qatar-5 b	19:03 And	71°,W	30.12. 20:31 57°,W	21:58 44°,W	174.5	12.62	0.0119	57336.758242+2.8792319"E RA: 00 28 12.94 DE: +42 03 40.9
Qatar-1 b	20:01 Dra	40° NW	30.12. 20:49 37° NW	21:38 33° NE	96.7	12.84	0.0204	55518.4102+1.4200246"E RA: 20 13 32

Abb 2: Vorhersage des Transits [BQ1]

Im Bild zu sehen sind die Daten des Planeten-Transits von Qatar-5 b am 30.12.2019, beginnend um 20:03 Uhr (MEZ) und endend um 22:58 Uhr.

Zur tatsächlichen Transitbeobachtung wird die Kamera, eine SBIG STX-16803 M [Abb 2], ans Ende des Teleskops angesetzt, gesichert und über mehrere Kabel mit dem Computer und dem Teleskop verbunden. Die Kamera hat, da sie für die Astronomie vorgesehen ist, eine besondere Funktion, welche die meisten herkömmlichen Kameras nicht haben. Denn es kann, neben den gängigen Einstellungen einer Kamera, also zum Beispiel der Belichtungszeit oder dem ISO Wert, auch die Temperatur des Sensors eingestellt werden. Für die Beobachtung ist die Temperatur von -30 Grad Celsius eingestellt worden ist.

Dieses Kameramodell kann den Sensor bis zu 40K unter Umgebungstemperatur herunterkühlen.

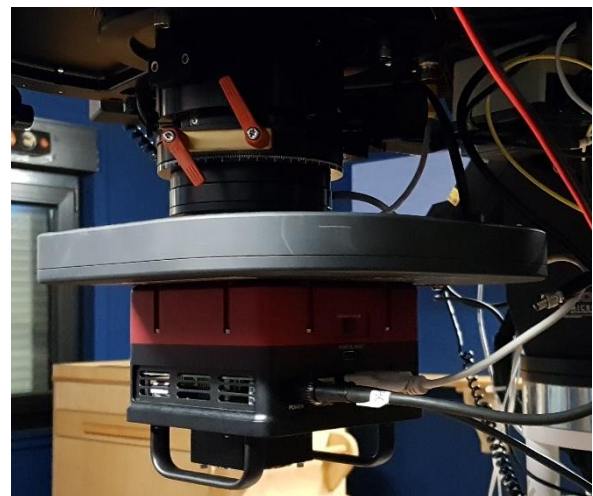


Abb 3: Zur Transitbeobachtung genutzte Kamera [BQ2]

Diese Funktion verringert das Pixelrauschen, welches besonders bei längeren Belichtungszeiten auftritt. Da bei der Astrofotografie auch Belichtungszeiten von mehreren Minuten vorkommen, und kleinste Bilddetails entscheidend sein können, ist es nötig, dass der Sensor gekühlt wird.

Dies ermöglicht auch, sogenannte „Flat-Frames“ und „Dark-Frames“ zu erstellen und damit die erstellten Bilder zu verbessern. Bei „Flat Frames“ wird entweder der Dämmerungshimmel noch ohne Sterne, wenn dieser halbwegs gleichmäßig hell ist oder eine gleichmäßig beleuchtete Fläche, in diesem Fall eine LED-Platte aufgenommen. Diese sogenannten „Skyflats“ oder „LED-Flats“ dienen dazu, den natürlichen Lichtabfall zum Rande des Bildes auszugleichen. Denn durch die Abschattung im Teleskop kommt es dazu, dass auf einem eckigen Bild die Ränder beziehungsweise die Ecken des Bildes weniger hell sind, als die Mitte. Auf einem Flat wird dieser Unterschied aufgenommen, mit dem die Rohbilder korrigiert werden.



Abb 4: Sven de Vrieze neben dem Teleskop (Abb 7) [BQ2]

Dadurch, dass die Flats durch die gleiche Linse wie die tatsächlichen Aufnahmen gemacht werden, ergibt sich dadurch noch ein Vorteil. Denn Dreck und Verunreinigungen der Linse, welche aus den fertigen Bildern nicht zu entfernen wären, können so, durch die Division eines Flats, ebenfalls entfernt werden, was dann wieder die Bildqualität der Aufnahmen steigert.

Für die Dark-Frames wurde bei Maxim DL Pro 5 [IL3], also dem Programm, mit welche die Aufnahmen angefertigt, die Einstellung ‚Dark‘ ausgewählt. Dadurch werden Bilder gemacht, die Blende der Kamera aber nicht geöffnet. Dadurch entsteht ein fast schwarzes Bild. Fast schwarz, da es das Rauschen der Kamera aufnimmt. Dieses ist auch auf den anderen Bildern abgebildet. Dadurch, dass die Kamera immer mit den gleichen Einstellungen aufnimmt, bleibt auch dieses Rauschen ebenfalls gleich und kann dann am Ende auch abgezogen werden.

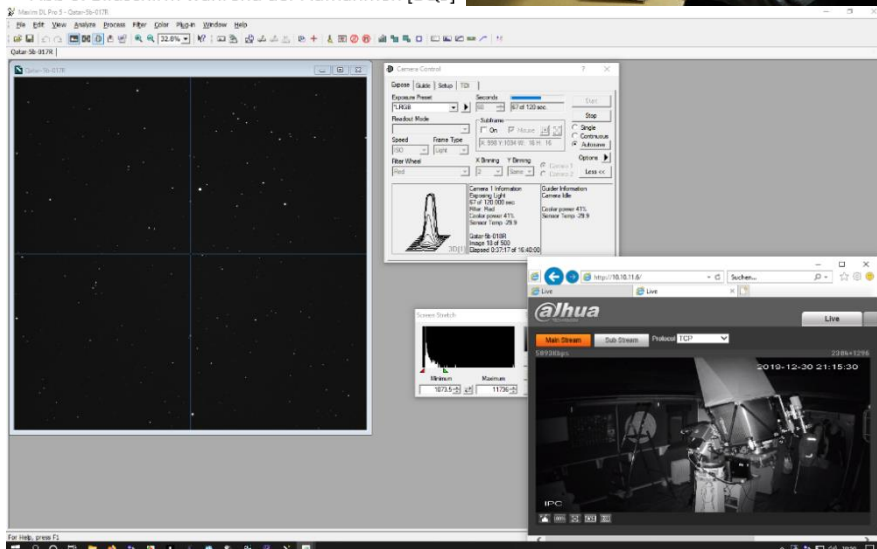
Die eigentliche Aufnahme des Transits war dann recht unspektakulär. Abbildung 5 zeigt den Autor bei der Überwachung der Aufnahmen, Abbildung 6 zeigt die Bedienelemente der Aufnahmen. Links ist das zuletzt aufgenommene Bild. In der Mitte das Feld zu



Abb 5: Sven de Vrieze am Computer [BQ2]

Abb 6: Bildschirm während der Aufnahmen [BQ3]

über welches die Kamera auch gesteuert und die Serienaufnahme gestartet wird. Rechts die Liveübertragung des Teleskops zur Kontrolle, zur Überwachung, dass dort nichts passiert, was nicht passieren soll.



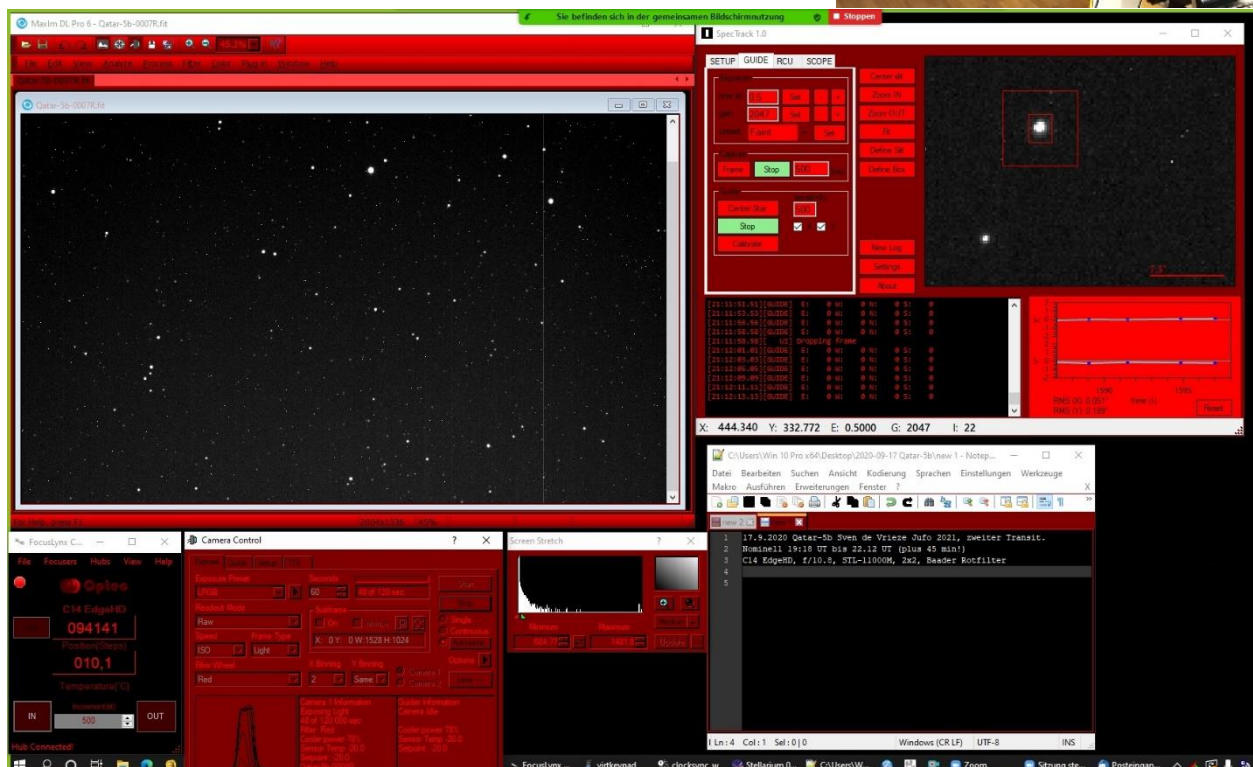
Bei dieser Übertragung ist das Bild schwarz/weiß, da die Kamera mit Infrarotlicht arbeitet, welches klare Aufnahmen auch bei Nacht ermöglicht, ohne dabei die Aufnahmen des Teleskops zu stören. Denn dieses, beziehungsweise die Kamera, welche zur Aufnahme genutzt wird, kann das Infrarotlicht nicht wahrnehmen. Zusätzlich war das Teleskop mit einem Rotfilter ausgestattet.

Die zweite Transitbeobachtung Mitte 2020 verlief ähnlich. Den größten Unterschied machte, wie bei so vielem in 2020, die Corona Pandemie. Dadurch, dass möglichst viele Kontakte gemieden werden sollten und die nächste Möglichkeit einer Transitbeobachtung sich erst gegen Mitternacht des Beobachtungstages stellte, entschieden wir uns, diese Beobachtung bei Herrn Kochs Privatteleskop per Fernsteuerung durchzuführen. In Abbildung 8 ist der Bildschirm während dieser zweiten Beobachtung zu sehen. Dort befinden sich die zuvor erklärten Bedienelemente, sowie oben rechts die Teleskopsteuerung. In roten Rechtecken ist Qatar 5 markiert, dieses Programm sorgt dafür, dass das Teleskop so gedreht wird, dass trotz seiner beziehungsweise unserer Bewegung der Stern immer im Zentrum der Aufnahme bleibt. In der unteren linken Ecke ist ein Fenster zu sehen, welches genutzt wird, um den Fokus des Teleskops manuell zu ändern.



Abb 7: Das für die Aufnahmen genutzte Planewave 0,5m f/6,7 CDK20 Teleskop auf dem Schuldach [BQ2]

Abb 8: Bildschirm während der Aufnahmen [BQ3]



2.2.1 Analyse meiner und aller Transits

Die Analyse der Rohbilder erfolgte mit dem Programm Muniwin [IL4]. Dieses Programm kann auf einem Bild erkennen, wo sich Sterne befinden und dann bei einer Reihe von Bildern, so wie in unseren Fall den jeweils etwa 120 Bildern, welche bei der Aufnahme der Transits entstanden sind, automatisch die Position des erkannten Sterns im nächsten Bild zuordnen. Das Ganze funktioniert natürlich mit weit mehr als einem Stern auf einmal. Dies ist nötig, da die Software, nachdem sie genügend Sterne erkannt hat, die Möglichkeit bietet, Sterne miteinander zu vergleichen. Dabei können dann mehrere Sterne ausgewählt werden, bei denen sich die Helligkeit nicht verändert hat und anhand derer sich die Änderung der Helligkeit eines bestimmten Sterns bestimmen lässt. Diese scheinbare Veränderung der Helligkeit eines Sterns ist was für uns den Exoplaneten Transit sichtbar macht.

Wenn genügend Sterne erkannt wurden, können, wie in Abbildung 9 zu sehen, Sterne zum Vergleich ausgewählt werden. Dabei wird versucht Sterne zu wählen, welche eine möglichst konstante Helligkeit aufweisen, zu wählen um eine eindeutige Lichtkurve des beobachteten Sterns zu erhalten. Die grün markierten Sterne stellen jene da, welche tatsächlich mit dem eigentlich beobachteten verglichen werden, die Blauen dienen dem Vergleich der Sterne untereinander um passende Vergleichssterne zu ermitteln.

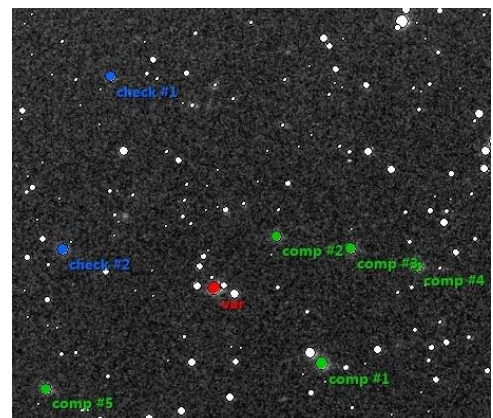


Abb 9: Ausgewählte Vergleichssterne [BQ4]

Daraus wird dann eine Lichtkurve erstellt, in der, wie in Abbildung 10 dargestellt, ein charakteristischer Abfall und Anstieg der scheinbaren Helligkeit zu erkennen, was nicht nur die Vorhandenheit des Exoplaneten bestätigt, sondern auch einige Berechnungen zu den Parametern von Qatar-5b zulässt. Hier ist die Lichtkurve meiner zweiten Transitbeobachtung von Qatar-5b.

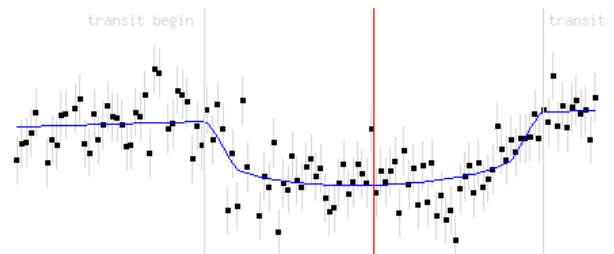


Abb 10: Lichtkurve des Planetentransits [BQ4]

Um diese Berechnungen nicht von Hand ausführen zu müssen, habe ich die Daten meine Beobachtung nach den zuvor genannten Schritten in die *ETD Exoplanet Database* [IL2] hochgeladen. Diese Website ermöglicht eine recht unaufwändige weitere Analyse eigener Aufnahmen, sowie den Vergleich der Eigenen Aufnahmen mit bereits bestehenden, sowie noch kommenden Transitbeobachtungen anderer Beobachter.

2.2.2 Vergleich mit vorherigen Messungen

Eine andere Möglichkeit meine Werte mit Katalogwerten, zu vergleichen, bietet erneut die ETD Internetseite.

Dort befinden sich die beiden in der Abbildung gezeigten Darstellungen. Diese stellen den Stern Qatar-5 mit dem von uns beobachteten Planeten dar (measured geometry). Verglichen wird hier die berechnete Umlaufbahn des Planeten um den Stern. Die Bahnneigung wird dabei aus der Dauer des Transits errechnet. Da auch hier keine exakte Angabe möglich ist, wird, wie im unteren Teil der Abbildung 11a,

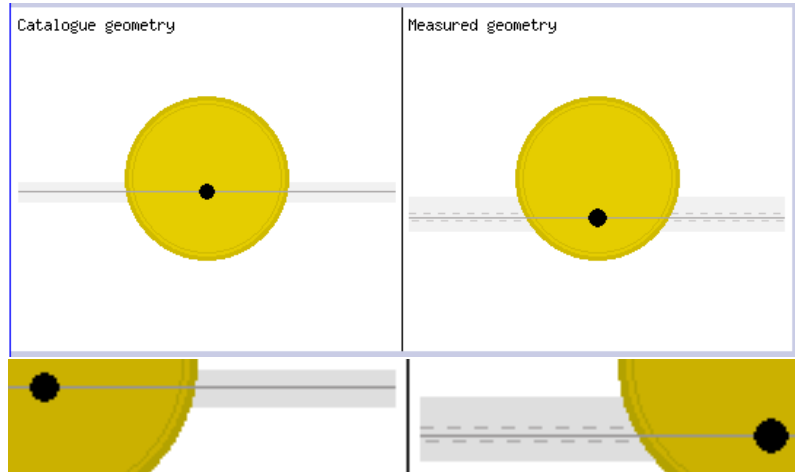


Abb 11a: Bildliche Darstellung der Umlaufbahn [BQ1]

durch Erhöhung des Kontrasts besser erkennbar gemacht, eine Art Balken eingefügt. Dieser stellt die mögliche Abweichung dar. Hier wird erkennbar, dass unsere erste Messung nicht ganz den Katalogwerten entspricht, also anders als die erste Transitbeobachtung von Qatar-5b ausfällt.

Auch die Berechnung mit den Daten meiner zweiten Messung kommt, wie in Abbildung 11b zu erkennen, zum gleichen Ergebnis. Hier entspricht das gemessene Ergebnis (measured geometry) ebenfalls nicht der ersten Berechnung (catalogue geometry). Dadurch wird die Vermutung eines Fehlers in der Entdeckungs-Transitbeobachtung bestätigt, da exakt der gleiche Fehler bei mehreren unabhängigen Beobachtungen unwahrscheinlich ist.

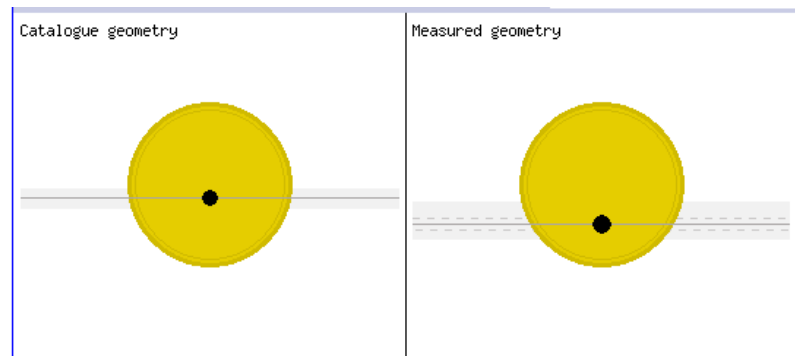


Abb 11b: Bildliche Darstellung der Umlaufbahn [BQ1]

Hier dargestellt ist einer der drei von ETD gegebenen Graphen zu Qatar-5b. In der Grafik steht jeder blaue Punkt für eine Messung. Je größer der Punkt, desto besser ist die Qualität der Daten bewertet worden. Die von mir durchgeführte Messungen sind hier rot markiert worden. Die Anordnung der Punkte ist von links nach rechts nach Datum der Beobachtung geordnet. Dargestellt ist der Beginn der Transite relativ zur Anzahl der Sternumrundungen die Qatar-5b absolviert hat als Zeitangabe (X-Achse).

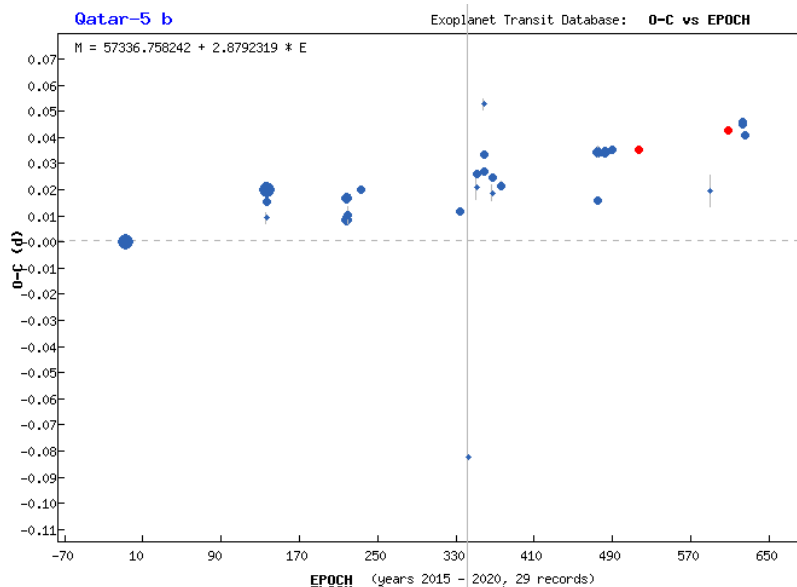


Abb 12: Diagramm des Transitbeginns in ETD [BQ5]

Die Y-Achse stellt die zeitliche Abweichung von den, mithilfe der erste Beobachtung errechneten, Katalogwerten da. Es ist nach 5 Jahren eine eindeutige Verschiebung um über 60 Minuten erkennbar. Auch bei der Dauer des Transits ist eine solche Abweichung erkennbar, auch wenn diese nicht so stark ausfällt.

Um genauer nachvollziehen zu können, wie und weshalb sich die Beobachtungen im Gegensatz zur Vorhersage verändern wurden alle bei ETD hinterlegten Daten der vergangenen 29 Beobachtungen von Qatar-5b in eine gesammelte Tabelle in Excel eingefügt. Dadurch bot sich die Möglichkeit fehlerhafte beziehungsweise sehr ungenaue Messungen zu entfernen und eine Trendlinie berechnen zu lassen.

Dadurch entstand der hier dargestellte Graph. Die Messungen Nummer 10, 15, 20 und 25 wurden entfernt und die von mir durchgeführten Beobachtungen rot gefärbt. Hier wird der Trend noch eindeutiger erkennbar. Da hier der Start des Transits in Relation zur Umlaufdauer angegeben ist, welche aus der ersten Beobachtung errechnet wurde ist davon auszugehen, dass diese erste Messung möglicherweise ungenau war. In Abbildung 14 ist die Lichtkurve der Entdeckung von Qatar-5b dargestellt, erkennbar ist, dass diese nicht vollständig ist.

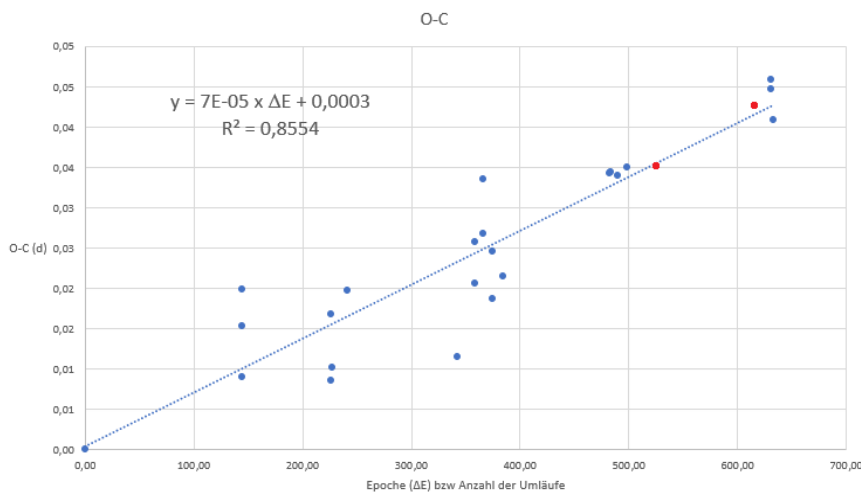


Abb 13: Diagramm mit ausgewählten Transitdaten und Trendlinie [BQ6]

Geht man also davon aus, dass die Parameter der Katalogwerte fehlerhaft sind, stellt sich nun die Frage, welche Parameter annähernd richtig sind. Nach einiger Überlegung und Recherche bin ich auf eine Veröffentlichung von Michael Mallon [IL6] gestoßen.

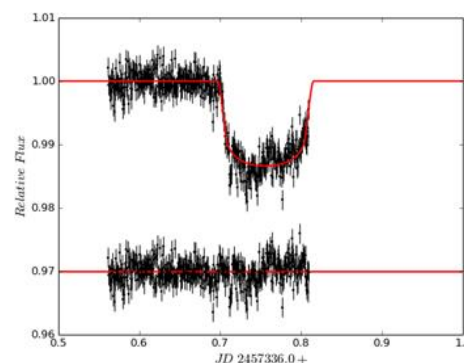


Abb 14: Lichtkurve der Entdeckerarbeit [BQ7]

3 Ergebnisse

Die Ergebnisse ergeben sich aus einem Vergleich der angegebenen Daten der ETD Exoplanet Transit Database, der Veröffentlichung „Ephemeris refinement of 21 hot jupiter exoplanets with high timing Uncertainties“ [IL6] von M. Mallon und meiner eigenen Beobachtungen. Da jetzt klar war, dass die Epoche, also die Umlaufzeit, welche der Planet benötigt um seinen Mutterstern zu umrunden, falsch berechnet worden war, muss diese neu berechnet werden. Dazu habe ich von verschiedenen Beobachtungen die verstrichene Anzahl der Umrundungen im Vergleich zur vergangenen Zeit betrachtet um damit die Dauer einer Umrundung genauer definieren zu können. Schlussendlich wurden diese neuen Werte dann mit dem korrigierten Wert von Mallon und dem bestehenden in ETD verglichen.

3.1 Vergleich meiner Beobachtungen

Nummer	Beobachter	Epoche	O-C	HJDmid	Transit Mitte	Dauer min	Tiefe mag
23	Yves Jongen	498,00	0,04	2458770,6507 +/- 0,00123	43752,15	X	0,0166 +/- 0,0019
24	Sven de Vrieze	525,00	0,04	2458848,39	43829,89	159,8 +/- 3,4	0,0147 +/- 0,0013
25	Gianluca Rossi	598,00	0,02	2459058,55817 +/- 0,006	44040,06	167 +/- 18,6	0,0088 +/- 0,0034
26	Sven de Vrieze, Bernd Koch	616,00	0,04	2459110,41	44091,90	158,9 +/- 4,9	0,0145 +/- 0,0012
27	Yves Jongen	631,00	0,04	2459153,59823 +/- 0,00125	44135,09		0,0156 +/- 0,0011

Abb 15: Tabelle einiger Transitdaten [BQ6]

Um diese Rechnung zu veranschaulichen führe ich sie hier einmal detailliert mit dem Vergleich meiner eigenen Beobachtungen durch. In der Abbildung ist die Tabelle mit allen Daten zu sehen. Relevant ist dabei die Epoche, also wie viele Umläufe der Planet absolviert hat seit er das erste Mal beobachtet wurde, sowie HJDmid, also den Zeitpunkt zu welchem die Mitte des Transits liegt in Tagen angegeben. Zuerst werden die Werte von Nummer 24 von denen von Nummer 26 subtrahiert werden um lediglich die Differenz zu erhalten.

$$2459110,41 - 2458848,39 = 262,02 \text{ [Tage liegen zwischen den Beobachtungen]}$$

$$616 - 525 = 91 \text{ [Sternumrundungen von Qatar-5b zwischen den Beobachtungen]}$$

Nun werden diese Ergebnisse dividiert um die Dauer einer Sternumrundung zu ermitteln.

$$262,2 / 91 = 2,8793126 \text{ [(Erden-)Tage pro Sternumrundung]}$$

Diese von mir errechnete Epoche kann jetzt mit dem Katalogwert von ETD, welcher 2,8792319 Tage beträgt [TQ2] und der Korrektur von Mallon, welche 2,8793105 Tage beträgt [TQ3] verglichen werden. Dazu wird erneut einfache Subtraktion angewendet.

Es wird zuerst mein Ergebnis von dem Katalogwert abgezogen.

$$2,8792319 - 2,8793126 = -0,00008073 \text{ [Tage braucht Qatar-5b nach meinen Berechnungen mehr pro Umrundung]}$$

Nun wird mein Ergebnis von Mallons korrelierter Epochendauer abgezogen.

$$2,8793105 - 2,8793126 = -0,000002137 \text{ [Tage braucht Qatar-5b nach meinen Berechnungen mehr pro Umrundung]}$$

Wandelt man diese Ergebnisse nun in Sekunden um wird klar, was die tatsächliche Aussage ist.

$$-0,00008073 * 86400 = -6,9757 \text{ [Sekunden mehr p. U. als bei ETD angegeben]}$$

$$-0,000002137 * 86400 = -0,1846 \text{ [Sekunden mehr p. U. als von Mallon errechnet]}$$

3.2 Ergebnisse

Um die Anfangsfrage zu beantworten: Der Transitbeginn des Exoplaneten Qatar-5b verschiebt sich relativ zu den, in der ETD Exoplanet Database hinterlegten Katalogwerten nach hinten, da die erste Messung des Planeten, welche als Referenz genutzt wird, nicht exakt war. Daraus ergibt sich, dass die hinterlegte Zeit, welche der Planet braucht um seinen Stern zu umrunden, etwa 7 Sekunden pro Umrundung länger dauert, als zuerst berechnet. Dadurch dass dieser Fehler lange nicht auffiel und bis heute nicht behoben wurden, liegt mittlerweile einer Diskrepanz von ca. 60 Minuten zwischen angekündigten und tatsächlichen Transitbeginn vor.

4 Ergebnisdiskussion

Trotz komplexer Gerätschaften, vielseitigen Möglichkeiten, mit verschiedensten Programmen zu Arbeiten und diversen Ansätzen und Ideen die verfolgt werden mussten, gelang es mir recht gut, den Exoplaneten zu beobachten und zu analysieren.

Die Beantwortung der Anfangsfrage hingegen gestaltete sich zuerst schwierig, da erstmal nicht klar war, woran die Veränderung des Transitbeginns liegt. Nach der Auswertung der ersten Transitaufnahme war schnell klar, dass jene Frage interessant zu beantworten sein wird, doch das ‚wie?‘ klärte sich erst recht spät.

5 Zusammenfassung

Zusammenfassend bestand, nachdem bei einer Beobachtung des Exoplaneten Transits von Qatar-5b auffiel, dass jener nicht zum Katalogzeitpunkt passt, die Frage, warum dies so ist. Im Verlauf meiner Arbeit konnte ich diese durch eine weitere Transitbeobachtung und die Analyse einiger weiterer Beobachtungen beantworten. Auch eine wissenschaftliche Ausarbeitung von Michael Mallon half dabei.

Der Transitbeginn des Exoplaneten Qatar-5b verschiebt sich relativ zu den, in der ETD Exoplanet Database hinterlegten, Katalogwerten nach hinten, da die erste Messung des Planeten, welche als Referenz genutzt wird, nicht exakt war. Daraus ergibt sich, dass die hinterlegte Zeit, welche der Planet braucht um seinen Stern zu umrunden, etwa 7 Sekunden pro Umrundung länger dauert, als zuerst berechnet. Dadurch dass dieser Fehler lange nicht auffiel und bis heute nicht behoben wurden, liegt mittlerweile einer Diskrepanz von ca. 60 Minuten zwischen angekündigten und tatsächlichen Transitbeginn vor. Um diesen Fehler zu beheben müsste in der ETD Datenbank eine andere Referenz genutzt und dadurch die Epoche neu berechnet werden. Dies ist durch die Vorhandenheit von insgesamt 28 anderen Beobachtungen des Transits durchaus möglich, sofern es gewollt ist.

6 Danksagung

Ich danke hiermit für alle Unterstützung, welche ich im Laufe dieser Arbeit erhalten habe. Der Schule, für die Möglichkeit an diesem Wettbewerb teil zu nehmen und die Teleskope und Geräte nutzen zu dürfen. Allen voran gilt Herrn Koch Dank, da dieser mir als Projektbetreuer stets zur Seite stand, Fragen beantwortete und mich ebenfalls sein Teleskop nutzen lies.

7 Abschlusserklärung

Hiermit erkläre ich, Sven de Vrieze, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe und die Stellen der Projektarbeit, die im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt aus anderen Werken entnommen wurden, mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe.

Ich bin damit einverstanden, dass diese Arbeit im Rahmen von Jugend forscht veröffentlicht wird, sowie, dass sie auf der Internetseite der Sternwarte einsehbar ist.



Unterschrift Sven de Vrieze

Literaturverzeichnis

TQ1 Astrokramkiste – Sammlung Astronomischer Informationen [Zuletzt aufgerufen 09.01.2021] <https://astrokramkiste.de/exoplaneten-entdecken>

TQ2 ETD Exoplanet Database [Zuletzt aufgerufen 09.01.2021]
<http://var2.astro.cz/ETD/etd.php?STARNAME=Qatar-5&PLANET=b>

TQ3 Astronomy and Astrophysics - Download wissenschaftlicher Arbeiten [Zuletzt aufgerufen 09.01.2021] <https://www.aanda.org/articles/aa/abs/2019/02/aa34194-18/aa34194-18.html>

Internetlinks

IL1 Schülerlabor Astronomie - Website des CFG [Zuletzt aufgerufen 09.01.2021]
<https://www.schuelerlabor-astronomie.de/projektkurs-astronomie-2020/>

IL2 ETD Exoplanet Transit Database [Zuletzt aufgerufen 09.01.2021]
<http://var2.astro.cz/ETD/predictions.php?delka=7&submit=submit&sirka=51>

IL3 Diffracton - Online Software Händler [Zuletzt aufgerufen 09.01.2021]
<https://diffractionlimited.com/product/maxim-dl/>

IL4 Sourceforge – Software Share Website [Zuletzt aufgerufen 09.01.2021]
<https://sourceforge.net/projects/c-munipack/files/>

IL5 Havard – Download wissenschaftlicher Arbeiten [Zuletzt aufgerufen 09.01.2021]
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017AJ....153..200A/abstract>

IL6 Astronomy and Astrophysics - Download wissenschaftlicher Arbeiten [Zuletzt aufgerufen 09.01.2021] <https://www.aanda.org/articles/aa/abs/2019/02/aa34194-18/aa34194-18.html>

Bildverzeichnis

[Abbildung auf dem Deckblatt] Nasa - National Aeronautics and Space Administration [Zuletzt aufgerufen 16.01.2021] <https://exoplanets.nasa.gov/exoplanet-catalog/3488/qatar-5-b/>

BQ1 ETD Exoplanet Transit Database [Zuletzt aufgerufen 09.01.2021]
<http://var2.astro.cz/ETD/predictions.php?delka=7&submit=submit&sirka=51>

BQ2 Eigene Aufnahmen von Sven de Vrieze

BQ3 Selbst angefertigter Screenshot aus dem Programm „Maxim DL Pro 5“

BQ4 Selbst angefertigter Screenshot aus dem Programm „Muniwin“

BQ5 ETD Exoplanet Transit Database [Zuletzt aufgerufen 09.01.2021]
<http://var2.astro.cz/ETD/etd.php?STARNAME=Qatar-5&PLANET=b>

BQ6 Selbst angefertigter Screenshot aus dem Programm „Excel“

BQ7 Havard – Download wissenschaftlicher Arbeiten [Zuletzt aufgerufen 09.01.2021]
<https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2017AJ....153..200A/abstract>

BQ8 Tech Sina – Chinesische Raumfahrtberichterstattung [Zuletzt aufgerufen 13.01.2021]
<http://tech.sina.com.cn/d/2018-04-19/doc-ifyuwqfa4324964.shtml>