www.sternfreunde.de

JOURNAL FÜR ASTRONOMIE

Nr. 84 1/2023 Zeitschrift der Vereinigung der Sternfreunde e.V.

Astroprojekte für Jugendliche

AMATEURTELESKOPE Die Eieruhr-Barndoor-Montierung

ASTROFOTOGRAFIE Die Galaxie M 96 im Löwen

ASTRONOMISCHE VEREINIGUNGEN Goldener Herbst zur VdS-Tagung in Halle

ISSN 1615-0880

Auf der Suche nach Außerirdischen

von Reiner Guse

Im Rahmen einer Städtepartnerschaft besuchten Schülerinnen und Schüler der achten Klassen einer Partnerschule die Achtklässler des Ratsgymnasiums in Peine, um an einem eintägigen Projekt teilzunehmen. Aufgrund eines zu geringen Angebotes an Projekten wurde ich als Leiter der Astronomie-AG am Ratsgymnasium gebeten, ein astronomisches Thema anzubieten. Dabei musste ich von folgenden Bedingungen und Anforderungen ausgehen:

- Für das Projekt stand ein Tag mit zwei Zeitstunden am Vormittag und zwei weiteren Zeitstunden am Nachmittag zur Verfügung.
- Bei der Durchführung sollten die Achtklässler aus den beiden Schulen in Gruppenarbeit mit möglichst viel eigenständiger Tätigkeit etwas erarbeiten, zu einem Ergebnis kommen und dieses am Ende präsentieren. Dabei war zu berücksichtigen, dass die Ergebnisse auch ohne größeren mathematischen Aufwand erzielt werden können; ideal wären verschiedene Lösungswege mit unterschiedlichem Schwierigkeitsgrad.
- Das Thema sollte ansprechend und motivierend sein, wobei keinerlei Informationen über Vorkenntnisse bezüglich der Astronomie eingeholt werden konnten und auch die erwartete Teilnehmerzahl nicht vorhersehbar war, da die Schülerinnen und Schüler die Projekte auswählen konnten.

Nachdem ich alle möglichen Themen durchdacht hatte, bin ich schließlich bei den Exoplaneten gelandet. Als Aufgabenstellung sollte mit den Daten eines Exoplaneten ermittelt werden, ob auf diesem intelligentes Leben wie auf der Erde möglich wäre. Als Titel habe ich dann „Auf der Suche nach Außerirdischen“ gewählt. Der Exoplanet sollte real existieren und möglichst einen Stern umkreisen, der in etwa unserer Sonne entspricht; außerdem müsste der Durchgang möglichst in der Mitte des Sterns bei einer Inklination von 90° erfolgen. Bei Kepler 302c ist das der Fall und Kepler 302 ist auch mit 1,02-facher Sonnenmasse und 1,2-fachem Sonnenradius bei einer Oberflächentemperatur von 5740 K unserer Sonne sehr ähnlich. Für den Ablauf hatte ich zwei Teile vorgesehen:

- **Teil 1:**
  Welche Eigenschaften muss ein Planet haben, damit es intelligentes Leben wie auf der Erde geben kann?
- **Teil 2:**
  Welche Eigenschaften hat der gewählte Exoplanet, und wäre intelligentes Leben auf ihm möglich?

Für die Durchführung hatte ich Fotos und Animationsprogramme für den Einsatz eines Beamers ausgewählt und Informationsblätter und Aufgabenblätter für jeden Teilnehmer vorbereitet.

1 *Venustransit am 06.06.2012 um 05:25 Uhr; Aufnahme mit Refraktor Borg ED 101 in Peine*

Projektdurchführung

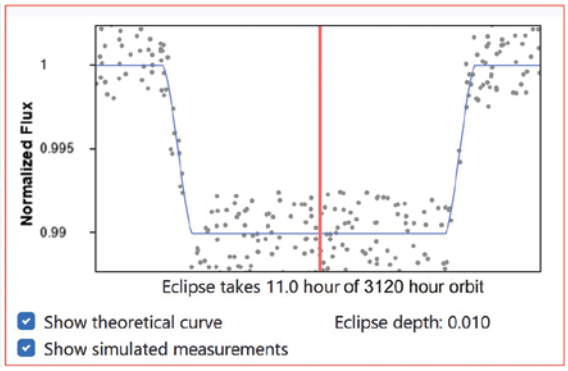
Nachdem im Vortragsraum der Sternwarte des Ratsgymnasiums alles vorbereitet war, erwartete ich gespannt die Schülerinnen und Schüler, die sich für mein Projekt entschieden hatten. Mit 32 Teilnehmern hatte ich dann die größte Projektgruppe, was einerseits erfreulich war, andererseits jedoch noch zusätzliche Plätze im Vortragsraum erforderlich machte. Schließlich wurden acht Arbeitsgruppen mit je vier Schülerinnen und Schülern gebildet.

Teil 1: Unser Sonnensystem

Auf diesen Teil, der Voraussetzung für Teil 2 war, möchte ich hier nur kurz eingehen. In einer Informationsphase mit Schülerbeteiligung wurde unser Sonnensystem mit den acht Planeten vorgestellt. Anschließend erhielten die Achtklässler in einer Erarbeitungsphase die Aufgabe, die Bedingungen für intelligentes Leben wie auf der Erde zu

Kepler-302

System parameters	
Primary system name	Kepler-302
Alternative system names	KOI-1486, KIC 7898352
Right ascension	19 37 16.0722
Declination	+43 37 45.5312
Distance [parsec]	1712
Distance [lightyears]	5585
Mass [M_{Sun}]	1.02±0.09
Radius [R_{Sun}]	1.2±0.2
Age [Gyr]	N/A
Metallicity [Fe/H]	N/A
Temperature [K]	5740^{+107}_{-7}
Spectral type	N/A
Visual magnitude	N/A



Daten des Muttersterns Lichtkurve des Exoplaneten 302c (Simulation)

2 *Daten von Kepler-302 [1] und Lichtkurve [2]*

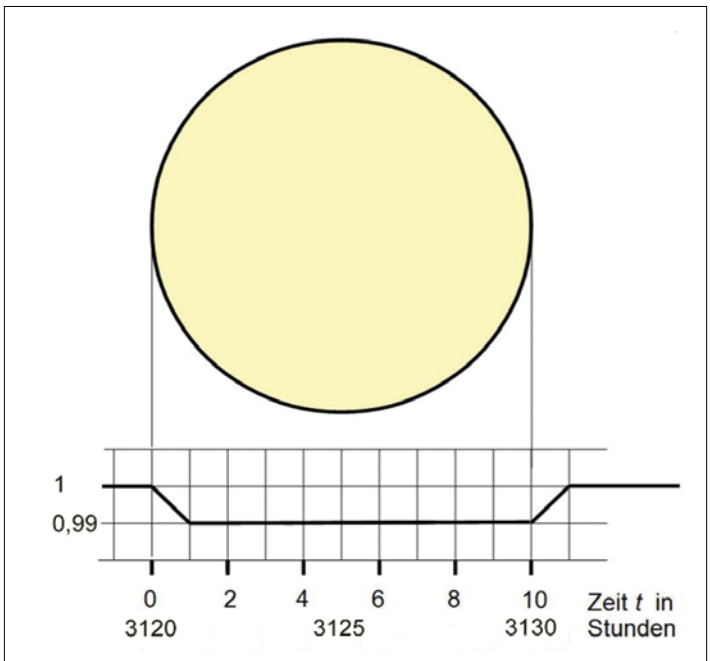
$$\frac{A_{302c}}{A_{302}} = 1 - 0{,}99 \Rightarrow \frac{d_{302c}^2}{d_{302}^2} = 0{,}01$$

$$\Rightarrow d_{302c} = d_{302} \cdot \sqrt{0{,}01} = 0{,}1 \cdot d_{302}$$

$$d_{302c} = 0{,}1 \cdot 1{,}2 \cdot d_{\text{Sonne}} = 166920\text{km}$$

$$d_{302c} = 1{,}19 \cdot d_{\text{Jupiter}}$$

3 *Rechnerische Lösung zur Bestimmung des Planetendurchmessers*



Das Bild zeigt den Helligkeitsverlauf während der Planetenbedeckung mit dem Zeitmaßstab. Der Kepler Satellit liefert nur die Lichtkurve, die hier schon linearisiert wurde. Zur Auswertung wurde der Stern in entsprechender Größe über der Kurve eingezeichnet. Der Sterndurchmesser beträgt 1,68 · 10^6 km (1,68 Millionen km) und ist damit 1,2 mal größer als der unserer Sonne. Der Zeitverlauf bezieht sich auf die rechte Kante des Planeten; das heißt zum Zeitpunkt 0 berührt die rechte Kante des Planeten scheinbar die linke Kante vom Stern und es findet noch keine Bedeckung statt.
Nach 3120 Stunden wiederholt sich dieser Ablauf.
Wie aus dem Helligkeitsverlauf zu erkennen ist, durchläuft der Planet den Stern genau in seiner Mitte.

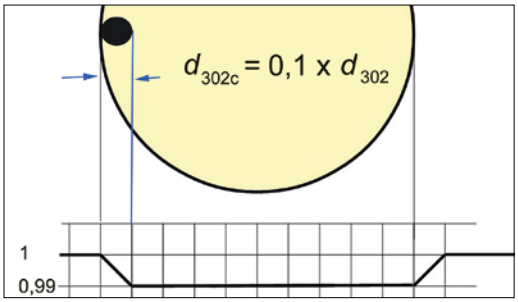
4 *Auszug aus dem Arbeitsblatt zur zeichnerischen Lösung der Planetengröße*

erarbeiten. Nach einer Zusammenfassung der Ergebnisse wurde an alle Teilnehmer ein Informationsblatt ausgegeben mit allen für die weitere Arbeit erforderlichen Daten unseres Planetensystems wie Planetengröße, Abstände von der Sonne in AE, Temperaturen und Umlaufzeiten.

Teil 2: Eigenschaften des Exoplaneten Kepler 302c

Nachdem zunächst die Probleme beim Aufsuchen von Exoplaneten u. a. aufgrund der Nähe zu ihrem wesentlich helleren Stern erörtert wurden, stellte ich das Doppler-Verfahren und etwas ausführlicher das Transit-Verfahren zum indirekten Nachweis eines Planeten vor. Zur Erläuterung des Transit-Verfahrens wurden Animationsprogramme und Fotos eingesetzt, u. a. das Foto eines Transits in unserem Sonnensystem (s. Abb. 1).

Anschließend erfolgten, u. a. mit dem Einsatz des Beamers, Erläuterungen zur Kepler-Mission und danach die konkrete Aufgabenstel-



5 *Zeichnerische Lösung zur Bestimmung des Planetendurchmessers*

Abschätzung mit Tabelle:

$$t_{\text{Umlauf_Tage}} = \frac{t_{\text{Umlauf_Stunden}}}{24} = \frac{3120\text{h}}{24} = 130\text{d}$$

zwischen Merkur und Venus, etwas dichter an Merkur:

$$d_{302c} = 0{,}5\ \text{AE}$$

Planet	Durchmesser *D*	Umlaufzeit *T* um die Sonne	Temperatur von bis und mittlere in Klammern	Entfernung zur Sonne
Merkur	*4878* km	*88 Tage*	*- 170°C bis 500°C (167°C)*	*0,387* AE
Venus	*12 104* km	*224 Tage*	*437°C bis 497°C (464°C)*	*0,723* AE
Erde	*12 756* km	*1 Jahr*	*-60°C bis 58°C (15°C)*	*1* AE

Berechnung mit Formel:

$$d_{302c_in\ AE} = \sqrt[3]{T^2_{U_inJahren}} = \sqrt[3]{0{,}356^2} = 0{,}502\text{AE}$$

$$t_{\text{Umlauf_Jahre}} = \frac{130\text{d} \cdot \text{a}}{365{,}25 \cdot \text{d}} = 0{,}356\text{a}$$

6 *Vereinfachte und rechnerische Lösung für die Entfernung zum Stern*

lung: Mit Hilfe von ermittelten Daten dieser Mission (s. Abb. 2) sollte durch Bestimmung der Exoplanetengröße und des Abstands vom Mutterstern Kepler-302 entschieden werden, ob intelligentes Leben auf diesem Planeten möglich wäre. Dazu wurde ein entsprechendes Arbeitsblatt ausgegeben.

Exoplanetengröße:

Zur Bestimmung der Planetengröße durch die Ermittlung des Durchmessers wurde neben der üblichen Berechnung über die Flächenhelligkeit (s. Abb. 3) ein zeichnerischer Lösungsweg angeboten, für den weniger Mathematikkenntnisse notwendig waren (s. Abb. 4). Dieses Verfahren ist jedoch nur möglich, wenn der Planet am Stern in der Mitte vorbeizieht. Außerdem muss auf die maßstabsgetreue Zuordnung des Sterndurchmessers bezüglich des Planetendurchmessers und der Lichtkurve geachtet werden. Zur Lösung sollte der Planet maßstabsgetreu für den Moment der ersten vollständigen Bedeckung eingezeichnet werden (s. Abb. 5).

Entfernung zum Stern:

Auch zur Ermittlung des Abstands des Planeten vom Stern wurden zwei Lösungswege angeboten. Beim einfachen Weg wurde die Umlaufzeit mit den Zeiten in unserem Sonnensystem verglichen, bei der Alternative konnte die Formel, die für unser Sonnensystem gilt, angewendet werden (s. Abb. 6).

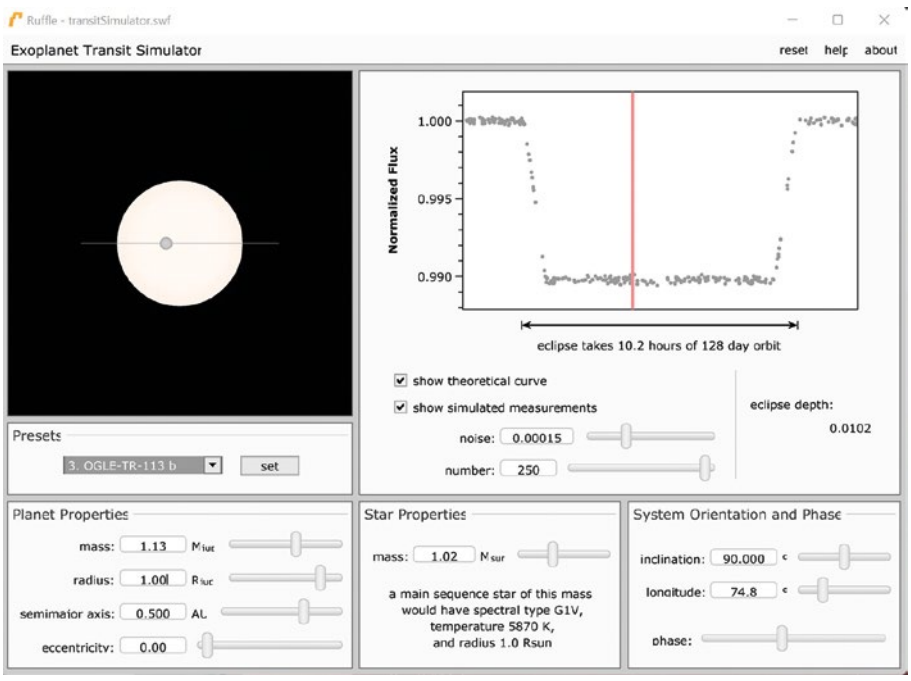
Ergebnisse

Die Aufgabenstellungen erwiesen sich im Erarbeitungsverlauf der Schülerinnen und Schüler als angemessen und geeignet, alle Gruppen kamen zu den gewünschten Ergebnissen, nur bei einer Gruppe war etwas Unterstützung notwendig. Das Arbeitsverhalten und die Zusammenarbeit in den Gruppen waren sehr gut und übertrafen sogar meine Erwartungen. Am Ende präsentierten sie überzeugend ihre Ergebnisse. Zur Bestimmung der Größe wurde das zeichnerische Verfahren vorgezogen, bei der Ermittlung der Entfernung hatten fast alle Gruppen auch die Berechnung angewandt. Die Ergebnisse wurden schließlich mit den Daten des Simulationsprogramms (s. Abb. 7) und den Daten aus den angegebenen Quellen verglichen (s. Abb. 8). Am Ende war man sich einig, auf diesem Planeten ist kein intelligentes Leben möglich, er befindet sich zu dicht an seinem Mutterstern und vermutlich handelt es sich bei dieser Größe auch um einen Gasriesen.

Nach der Präsentation stand noch Zeit zur Verfügung, um weiterer von Kepler entdeckte Exoplaneten vorzustellen.

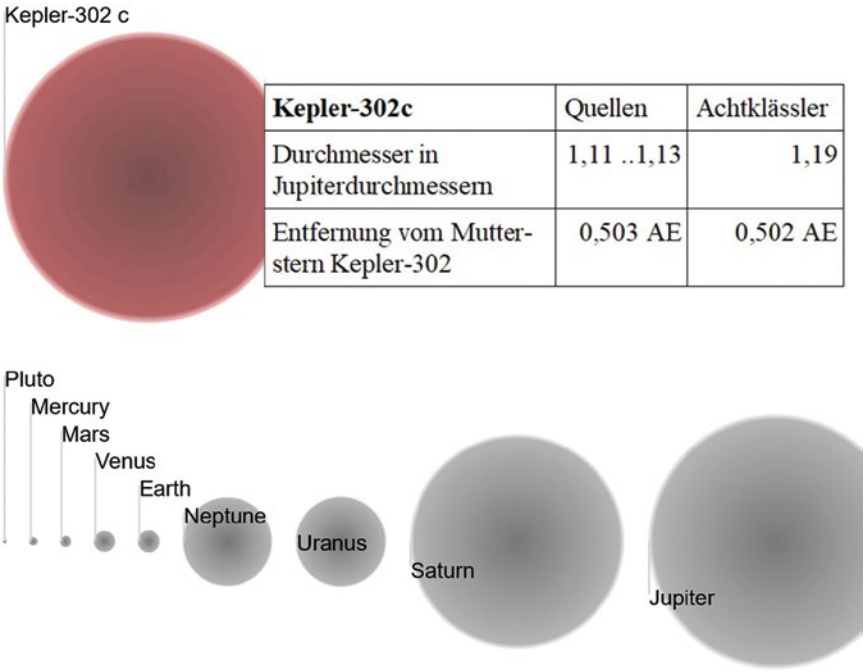
Aus dem Verlauf dieses Projektes können folgende Schlüsse gezogen werden:

- Die Bearbeitung von Exoplaneten eignet sich aufgrund der anhaltenden Aktualität und der Auswertmöglichkeiten sehr gut bezüglich der Behandlung von astronomischen Inhalten, wobei durch eine entsprechende Vorgehensweise auch Einsicht in wissenschaftliches Arbeiten vermittelt werden kann.



7 *Darstellung mit dem Exoplanet Transit Simulator [2]. Die Werte weichen teilweise etwas ab, da beim Simulator der Sternradius nicht unabhängig von der Sternmasse eingestellt werden kann.*

– Durch geeignete didaktische Reduktion ist auch eine Behandlung dieses Themas bei jüngeren Jugendlichen und ohne besondere mathematische Voraussetzungen möglich. Die zeichnerische Lösung (s. Abb. 5) ist ein Beispiel dafür, bei einer Oberstufenklasse würde man ohne sie auskommen und nur die rechnerische vorsehen (s. Abb. 3).



8 *Vergleich der ermittelten Werte mit den Quellenangaben [1, 3]*

Internethinweise (Stand 29.8.2022):

[1] Open Exoplanet Catalogue: www.openexoplanetcatalogue.com/planet/Kepler-302c

[2] Exoplanet Transit Simulator: https://ccnmtl.github.io/astro-simulations/exoplanet-transit-simulator/

[3] The Extrasolar Planets Encyclopaedia: http://exoplanet.eu/catalog/kepler-302_c/

-