

Erleuchtender Schatten aus dem Sternsystem CV Serpentis

(In Bezug auf zwei Meldungen (Rubrik „Blick in die Forschung“) in »Sterne und Weltraum« 9/2011)
Uwe Herbstmeier

Wo Licht ist, ist auch Schatten - ein allgegenwärtiges Phänomen, das Schülern leicht zu vermitteln ist. Auch Himmelserscheinungen werden früh in den Unterricht einbezogen: Spätestens in der Grundschule werden Sonnenuhren mit einem Schatten werfenden Stab gebaut. Mondphasen bis hin zu Sonnen- und Mondfinsternissen dienen später dann zur Veranschaulichung von Licht- und Schattenphänomenen.

Dass ein Schattenwurf auch entscheidende Informationen liefert, wenn es um die Aufklärung der nächsten Umgebungen von Sternen geht, kann Schülern einen neuen Blick auf Altbekanntes eröffnen ([zweiter Schritt](#)). Umgekehrt soll gezeigt werden, dass auf Grund der gigantischen Entfernungen den Astronomen oft nichts anderes übrigbleibt, als sehr genau auf die Helligkeit der Sterne zu achten, um ihre vielfältige Welt näher zu erkunden ([erster Schritt](#)). Dafür dient uns als Beispiel (für eine Unterrichtsstunde über Licht und Schatten) das Sternsystem CV Serpentis, aber auch das mit Namen UZ Fornacis (ebenfalls im "Blick in die Forschung" der gleichen Ausgabe von *Sterne und Weltraum*).

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
Astronomie	Sterne, Planeten	Doppelsterne, Exoplaneten, Sternflecken, Entfernungen, Staubwolken
Physik	Optik	Schatten, Objektwinkel, Helligkeit
Fächer- verknüpfung	Astro-Physik	Helligkeitsmessung als Methode der Astrophysik
Lehre allgemein	Kompetenzen (Wissen und Erkenntnis), Unterrichtsmittel	Erkenntnisgewinnungskompetenz, Kommunikationskompetenz, Lesetexte, Bilder, Messgeräte Kleingruppenarbeit, Aufgaben, Lesekompetenz, Bilder genau verstehen, Messungen auswerten, Vergleiche durchführen



Lichtstrahlen mit Schattenwurf - Sonne mit Wolken (Quelle: Goethe-Universität Frankfurt, Internet-Seiten des Instituts für Katholische Theologie)

Einleitende Betrachtungen - Schatten der Sonne

[\[zurück zum Titel\]](#)

Grundlage für die folgenden Schritte sollen zunächst folgende Betrachtungen sein.

Erörterung

Zusammen mit den Schülern soll am Beispiel unserer Sonne erarbeitet werden, welche Schatten- und sonstigen Phänomene bekannt sind, die zu einer Verringerung der Helligkeit der Sonne auf der Erde führen. Dafür können allgemein zugängliche Bilder herangezogen werden, die im Einzelnen besprochen werden.

Beispiele:

1. Wolken werfen Schatten im Sonnenlicht

(Siehe das Bild auf der Titelseite dieses Beitrags.)

Nah und instruktiv sind insbesondere Wolken, die am Himmel vom Wind entlang getrieben werden. Dies ist ein anschauliches Bild z.B. dafür, dass der Schattenwurf zu einem zeitlich veränderlichen Helligkeitswechsel führt. An geeigneten Tagen genügt hier ein Blick aus dem Schulfenster. Die Aufnahmen der Helligkeitsschwankung können auch mit Hilfe eines Helligkeitsmessers erfolgen, um die Schwankungen ins Verhältnis zur Gesamthelligkeit zu setzen.

2. Sonnenfinsternis, der Mond schattet das Sonnenlicht ab



Sonnenfinsternis am 21. 06. 2001, aufgenommen von Dr. Serge Koutchmy (IAS/IAP/CNRS)

Ein relativ naher Himmelskörper, der Mond, verfinstert die Sonne fast vollständig.

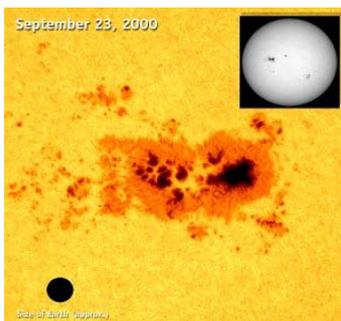
3. Planeten ziehen vor der Sonne vorbei (z. B. Venustransit)



Venustransit am 08. 04. 2004 (Wikimedia, Transit of Venus)

Ähnlich wie der Mond läuft in unserer Sichtlinie einer der inneren Planeten (Merkur, oder wie hier Venus) vor der Sonnenscheibe vorbei.

4. Ähnlich zu Schatten: Sonnenflecken



Sonnenfleckengruppe 23. 09. 2000 (SOHO-Gallery, <http://sohowww.estec.esa.nl/gallery/images/sunspot00.html>)

Zwar kein Schattenwurf, aber eine Reduzierung des sichtbaren Sonnenlichts: Dunkle Flecken auf der Oberfläche der Sonne.

Aufgabe 1

Auf Grundlage der erarbeiteten Beispiele, skizziert die verschiedenen Schattenverläufe. Wie verändert sich der Schatten im Laufe der Zeit? Was könnte man aus dem Schattenwurf und seiner zeitlichen Veränderung in den jeweiligen Beispielen ableiten? [\[zur Lösung\]](#)

Schritt 1: Warum Schatten und keine direkten Bilder?

[\[zurück zum Titel\]](#)

Warum geht man bei den Sternen den Umweg über die Betrachtung des Schattenwurfs und ermittelt nicht direkt aus einem Bild mit einem großen Teleskop die unmittelbare Umgebung des Sterns?



Gibt es nicht bereits faszinierende Bilder, die mit modernen Teleskopen die nahe Umgebung der Sterne darstellen?

**Gashülle um einen Stern -
Ringnebel im Sternbild Leier,
aufgenommen mit dem Hubble Weltraumteleskop
Quelle: The Hubble Heritage Team (AURA/STScI/NASA)**

In diesem ersten Schritt soll den Schülern durch einfache Vergleiche bewusst gemacht werden, dass die Abbildung der unmittelbaren Nachbarschaft von Sternen sehr schwierig ist. Scheinbar nahe Umgebungen in den Bildern von Sternen sind doch um Größenordnungen weiter ausgedehnt, als es erscheinen mag.

Infokasten: Astronomische Maßeinheiten für die Entfernung

Die Entfernungen in der Astronomie sind so groß, dass sie in der Einheit Kilometer nicht mehr bequem beschreibbar sind. Daher wurden neue Einheiten eingeführt, die es erlauben, die Streckenangaben einfacher zu halten:

1. Das Lichtjahr (Lj), die Strecke, die das Licht in einem Jahr zurücklegt. Da die Lichtgeschwindigkeit knapp $300\,000\text{ km s}^{-1}$ beträgt, entspricht 1 Lj einer Strecke von ca. $9,5 \cdot 10^{12}$ km.
2. Das Parsec (pc) ist die Entfernung, aus der der Radius der Erdbahn um die Sonne unter einem Winkel von 1" erscheint (1 pc = 3,26 Lj). Vorsilben wie kilo (k), Mega (M) etc. werden ebenfalls bei der Einheit Parsec angewendet.

Erörterung

Mit den Schülern kann zunächst überlegt werden, was die Begriffe "Nachbarschaft" bzw. "Umgebung" im Bereich der Sterne überhaupt bedeuten. Eine Möglichkeit wäre es, die Abstände in unserem Sonnensystem als Grundlage für die Überlegungen heranzuziehen, z.B.:

Durchmesser der Sonne:	$1,4 \cdot 10^6$ km	
Entfernung Erde-Sonne:	$1,5 \cdot 10^8$ km	
Entfernung Neptun-Sonne:	$4,5 \cdot 10^9$ km	(Abstand des äußersten Planeten)
Abstand zu Proxima Centauri	4,2 Lj	(Nächster Stern zur Sonne)

Nun nehmen wir an, dass das Sonnensystem jeweils in die beiden Sternsysteme CV Serpentis und UZ Fornacis verlegt wird. Diese Systeme werden in den beiden Kurznachrichten in *Sterne und Weltraum* behandelt, auf die sich dieser WiS!-Beitrag bezieht. Daher sollten diese Artikel vorbereitend (z.B. als Hausaufgabe) gelesen werden. Durch eine einfache Modellbildung sollen die Verhältnisse veranschaulicht werden.

Aufgabe 2

Aus Sternkatalogen (Simbad und den dort angegebene Literaturzitate) erhält man für die Entfernung der Sternsysteme folgende Werte:

Entfernung zu CV Serpentis: ca. 1800 pc

Entfernung zu UZ Fornacis: ca. 250 pc

a) Versetzen wir nun Doppelgänger unseres Sonnensystems an diese Orte und betrachten sie von der Erde aus. Wie verhalten sich die Strecken im Doppelgänger-System zur jeweiligen Entfernung? (Berechne z.B. das Verhältnis von Entfernung zur ausgewählten Strecke.)

b) Veranschauliche diese Ergebnisse an Hand eines verkleinerten Modells: Gib Deinem/r Schulfreund/in ein Haar (Dicke ca. 0,1 mm) in die Hand und schätze ab, wie weit er oder sie von Dir weggehen muss, damit das Haar im gleichen Verhältnis erscheint wie das Doppelgänger-Sonnensystem von der Erde aus betrachtet in den angegebenen Entfernungen..

c) Richte nun umgekehrt Deinen Blick auf den Mond (Entfernung 384000 km) und bestimme entsprechende Strecken auf dem Mond, die dieselben Verhältnisse aus a) ergeben.

[\[zur Lösung\]](#)

Aus dieser Aufgabe wird deutlich, dass die Strukturen der Oberfläche und der nahen Umgebung der Sterne sehr klein erscheinen und nur ganz schwer direkt zu beobachten sind (das Interferometer VLTI der europäischen Südsternware ESO erreicht ein Auflösungsvermögen von ca. 0,002". Das entspricht in etwa der Hälfte des Sonnendurchmessers in der Entfernung von CV Serpentis).

Zum Vergleich: Der Ringnebel in der Leier aus der Abbildung oben steht in einer Entfernung von etwa 700 pc und hat einen Durchmesser von ungefähr 0,9 Lj.

Aufgabe 3

Schätze ab, wie groß der Durchmesser der Neptunbahn auf dem Bild des Ringnebels erscheinen würde.

[\[zur Lösung\]](#)

Schritt 2: CV Serpentis, ein Doppelsternsystem im Ruß-Nebel

[\[zurück zum Titel\]](#)

Wir haben gesehen, dass gerade die Bereiche, die für viele astronomische Untersuchungen interessant sind (Eigenschaften und Modelle der Sternatmosphären, Planetensystem, Doppelsterne), nur selten direkt beobachtet werden können.

Die Angaben im Artikel über CV Serpentis und allgemeine Informationen über die erwähnten Sterntypen (siehe Infokasten) ermöglichen es nun die Abstände dieses Doppelsterns mit den Skalen in unserem Sonnensystem zu vergleichen.

Infokasten: Wolf-Rayet-Sterne

Die von den französischen Astronomen Wolf und Rayet zuerst klassifizierten Sterne sind sehr massereich (10-250 Sonnenmassen - allerdings in der Mehrzahl deutlich < 100 Sonnenmassen) und stehen kurz vor dem Ende ihres Sternlebens. Sie wandeln bereits in ihren äußeren Bereichen Helium in Kohlenstoff und Sauerstoff um. Außerdem gehen von ihnen starke Sternwinde aus, die die Hüllen mit zahlreichen Kohlenstoffverbindungen mitreißen. Die Durchmesser der Sterne sind etwa 10x so groß wie der der Sonne. Am Ende verwandelt sich dieser Stern in einem gewaltigen Supernova-Ereignis in einen sehr dichten Neutronenstern oder ein Schwarzes Loch.

Sterne der Spektralklasse B

Nicht ganz so massereich aber immer noch sehr groß (3-15 Sonnenmassen, 3-7 Sonnendurchmesser) sind dies Sterne, deren Licht so gefärbt ist, dass es der sogenannten Spektralklasse B entspricht. Das bedeutet, dass die Sterne am hellsten im nahen Ultraviolett sind.

Aufgabe 4

Nutze die Angaben im Infokasten und das 3. Keplersche Gesetz, um aus den angegebenen Werten eine grobe Abschätzung für den Stern-Radius und den größten Abstand (a) der Sterne um ihr Massenzentrum im Vergleich zum Sonnensystem zu erhalten.

$$3. \text{ Keplersches Gesetz: } \left(\frac{a}{1,5 \cdot 10^8 \text{ km}} \right)^3 = \left(\frac{U}{1 \text{ Jahr}} \right)^2 \cdot \frac{M_1 + M_2}{M_S}$$

mit:

U = Umlaufzeit der Sterne um ihr gemeinsames Massezentrum

M_S = Masse der Sonne

M₁ + M₂ = Summe der Massen der beiden Sterne

[\[zur Lösung\]](#)

Aus dem Ergebnis dieser Aufgabe kann man sofort erkennen, dass auch die einzelnen Sterne in CV Serpentis und ihre Umgebung nicht direkt abgebildet werden können. Indirekte Methoden und der Zufall kommen hier zur Hilfe.

Im Falle der beiden Systeme CV Serpentis und UV Fornacis liegt die Bahn der Himmelskörper so, dass sie sich auf ihrem Umlauf immer wieder auf eine Sichtlinie zur Erde aufgereihen. Das bedeutet, dass das vordere Objekt in diesen Phasen immer einen Schatten im Licht des hinteren Objekts wirft.

Aber Achtung, wie kann nun unterschieden werden, zwischen Doppelstern (CV Serpentis aber auch UV Fornacis), Planetensystem (UV Fornacis) und anderen möglichen Helligkeitsänderungen?

So gibt es für manche Sterne Hinweise, dass bei Ihnen Sternflecken auftreten, vergleichbar zu den Effekten auf der Sonnenoberfläche. Zusätzlich sind viele Sterne bekannt, deren Helligkeit nicht konstant ist. Hier finden sich unregelmäßige Lichtkurven wieder (Strahlungsausbrüche) aber auch regelmäßige Perioden (Ausdehnen und Zusammenziehen der äußeren Schichten).

Gruppenaufgabe

Baut einfache Modelle für folgende Situationen auf (z.B. mit Hilfe eines Overheadprojektors, Styroporkugeln, Lampen oder anderer Dinge):

1. Doppelsternsystem: Zwei Sterne kreisen umeinander und bedecken sich aus Sicht der Erde
2. Planetensystem mit einem Planeten (ähnliche Bahn wie beim Doppelsternsystem)
3. Sternflecken auf einer rotierenden Sternkugel (Rotationsachse senkrecht zur Blickrichtung)
4. Helligkeitsschwankungen eines Sterns

Überlegt euch wie der Verlauf der Helligkeit des Gesamtsystem aussehen könnte (denkt daran, man kann die einzelnen Objekte nicht räumlich trennen). Wie stark ändert sich die Helligkeit, wie regelmäßig und wie schnell ändern sich die Werte?

Auf welche Weise könnte sich die dunkle Rußwolke um den Wolf-Rayet-Stern in CV Serpentis bemerkbar machen (je nach Lage und Ausdehnung der Rußwolke)? [\[zur Lösung\]](#)

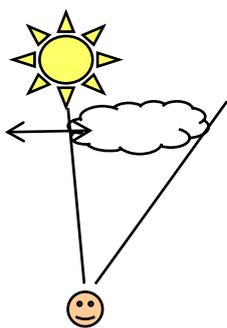
Hinweise und Ergebnisse

Einleitende Betrachtungen

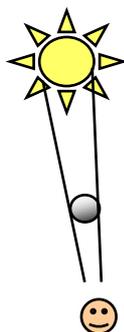
Aufgabe 1

[\[zurück zur Aufgabe 1\]](#)

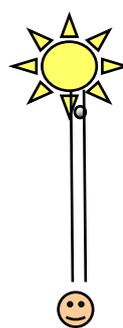
Wolken / Sonne



Mondfinsternis



Venustransit



Sonnenflecken



Abgeleitete Informationen:

Wolkengeschwindigkeit Sonnenaufbau

Venusbahn

Sonnenoberfläche

Schritt 1

Aufgabe 2

[\[zurück zur Aufgabe 2 \]](#)

Verhältnisse Entfernung Doppelgänger-System – Erde zur jeweiligen Strecke im Doppelgänger-Sonnensystem:

	CV Serpentis	UZ Fornacis
Durchmesser der Sonne:	$3,98 \cdot 10^{10}$	$5,53 \cdot 10^9$
Entfernung Erde-Sonne:	$3,72 \cdot 10^8$	$5,16 \cdot 10^7$
Entfernung Neptun-Sonne:	$1,24 \cdot 10^7$	$1,72 \cdot 10^6$
Abstand zu Proxima Centauri	1400	194

Entfernungen des Haares (Dicke ca. 0,1mm), zur Veranschaulichung der Größenverhältnisse:

	CV Serpentis	UZ Fornacis
Durchmesser der Sonne:	3980 km	553 km
Entfernung Erde-Sonne:	37,2 km	516 km
Entfernung Neptun-Sonne:	1,24 km	172 m
Abstand zu Proxima Centauri	13,9 cm	1,9 cm

Größe der Strecken auf dem Mond mit demselben Verhältnis Entfernung / Strecke:

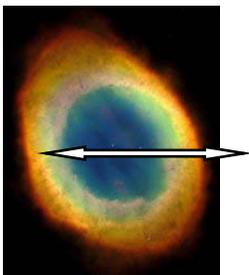
	CV Serpentis	UZ Fornacis
Durchmesser der Sonne:	1 cm	7 cm
Entfernung Erde-Sonne:	1 m	7 m
Entfernung Neptun-Sonne:	31 m	223 m
Abstand zu Proxima Centauri	275 km	2000 km

(Zum Vergleich: Monddurchmesser: 3476 km, Durchmesser Mondkrater Tycho mit hellem Strahlensystem: 85 km, Durchmesser der größten Mondkrater: ca. 270 km)

Aufgabe 3

[\[zurück zur Aufgabe 3 \]](#)

Durchmesser der Neptunbahn:	$9 \cdot 10^9$ km
Ausdehnung des Ringnebels:	$0,9 \cdot 9,5 \cdot 10^{12}$ km



Neptun-Bahn = $1/1000$ *

Aufgabe 4

[zurück zur Aufgabe 4]

$$\left(\frac{a}{1,5 \cdot 10^8 \text{ km}}\right)^3 = \left(\frac{U}{1 \text{ Jahr}}\right)^2 \cdot \frac{M_1 + M_2}{M_S}$$

Aus den Angaben im Artikel entnehmen wir eine Umlaufdauer U von 30 Tagen.
Die Summe der Massen kann im Extremfall zu $280 \cdot M_S$ angesetzt werden.

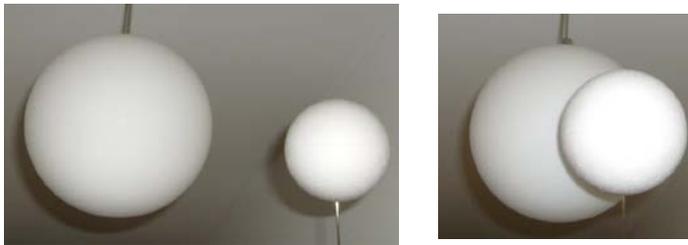
Dann ergibt sich eine grobe Abschätzung des Abstands A der Sterne zu $1,3 \cdot$ Erdbahndurchmesser
= ca. $2 \cdot 10^8$ km.

Radius der Sterne: ca. $1,4 \cdot 10^7$ km.

Gruppenaufgabe

[zurück zur Gruppenaufgabe]

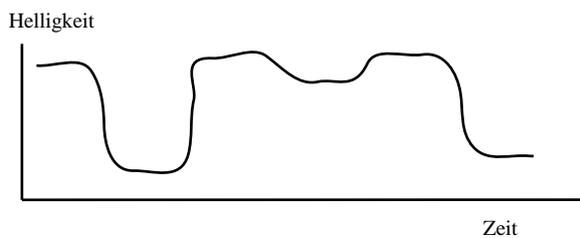
1. Doppelstern



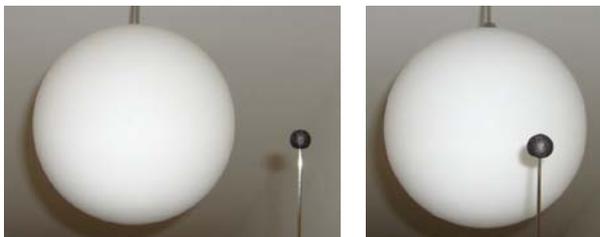
Zu beachten ist, dass beide Sterne leuchten. D.h. normalerweise sieht man die Summe der Strahlungsflüsse beider Sterne. Bedeckt der eine Stern den anderen (das ist auch im umgekehrten Falle so), dann reduziert sich die Helligkeit. Dieses Muster wiederholt sich periodisch mit dem Umlauf der Sterne um

ihr gemeinsames Massezentrum. Mit Ausnahme sehr naher und sehr verformter Sterne ist das Helligkeitsmuster durch klar getrennte Phasen der Minima gekennzeichnet.

Schema einer Lichtkurve:

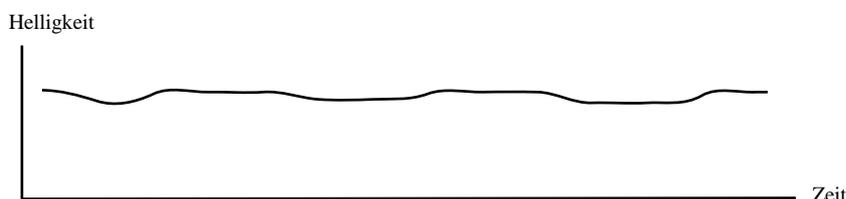


2. Planetensystem

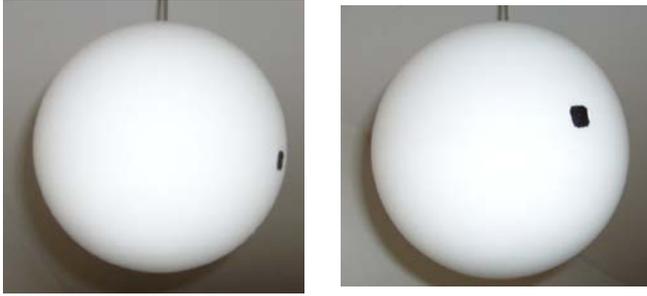


(Siehe auch den WIS-Beitrag [\[WIS-01\]](#) für eine Methode mit Hilfe eines Overheadprojektors.)

Wegen der geringen Helligkeit des Planeten wird nur der Lichtabfall des Sterns gesehen, wenn der Planet vor diesem vorbeizieht. Dabei ist der Helligkeitsunterschied so gering, dass sehr ausgereifte Analysemethoden diese Schwankung herausarbeiten müssen.



3. Sternfleck



Hier sind je nach Größe der Flecken die Verhältnisse ähnlich wie beim Planetensystem. Daher ist eine Unterscheidung auf den ersten Blick nicht so einfach. Jedoch die Geometrie der Sternflecken, die Rotationsdauer des Sterns und die Änderung der Flecken mit der Zeit lassen eine Unterscheidung möglich machen.

4. Helligkeitsschwankung des Sterns

Ausbrüche der Sternhelligkeit zeichnen sich durch unregelmäßige Verläufe der Lichtkurven aus. Es gibt aber auch pulsierende Veränderliche. Diese sehr regelmäßigen Kurven kommen durch ein periodisches Aufblähen und Zusammenziehen der Sternhüllen zustande. Jedoch lassen sich hier meist sehr charakteristische Verläufe erkennen. Die Helligkeitsschwankung ist in diesen Fällen auch "glatter" als in den meisten Fällen von Bedeckungs-Doppelsternen.

Helligkeit

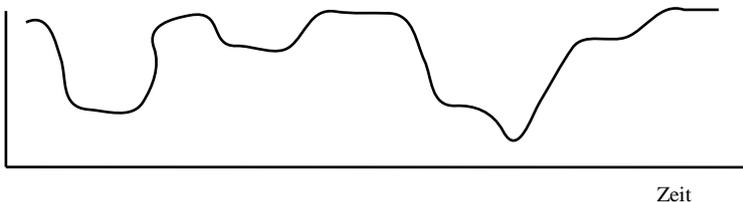


Doppelstern in einer dunklen Rußwolke

Man kann sich nun vorstellen, dass je nach Lage und Entwicklung der Rußwolke

- nur der Wolf-Rayet Stern mit der Zeit immer dunkler wird, da er mehr und mehr von Ruß verdunkelt wird,
- der B-Stern durch die Rußwolke vor dem Wolf-Rayet-Stern läuft und dadurch das System beim Eintritt in die Wolke noch etwas stärker abgeschattet wird.

Helligkeit



Anhang - WIS-Artikel mit naheliegenden Themen

[\[zum Titel\]](#)

[WIS-01]	Wie man Exoplaneten entdecken kann	Olaf Fischer
zum Zitat	Verschiedene Nachweismöglichkeiten für Exoplaneten werden hier durch Experimente deutlich gemacht. Ein einfaches Overheadprojektor-Experiment stellt den Schattenwurf eines Exoplaneten vor einem Stern nach.	

Anhang - Sonstige Links und Literaturquellen

Simbad Astronomische Datenbank des Centre de Données Astronomiques Strasbourg (CDS)
Frankreich: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/>

Im Folgenden werden noch die Aufgaben auf 2 Blättern zusammengefasst.

Aufgabenblätter

Aufgabe 1

Auf Grundlage der erarbeiteten Beispiele, skizziert die verschiedenen Schattenverläufe. Wie verändert sich der Schatten im Laufe der Zeit? Was könnte man aus dem Schattenwurf und seiner zeitlichen Veränderung in den jeweiligen Beispielen ableiten?

Aufgabe 2

Infokasten: *Astronomische Maßeinheiten für die Entfernung*

Die Entfernungen in der Astronomie sind so groß, dass sie in der Einheit Kilometer nicht mehr bequem beschreibbar sind. Daher wurden neue Einheiten eingeführt, die es erlauben, die Streckenangaben in geringeren Größenordnungen anzugeben:

1. Das Lichtjahr (Lj), die Strecke, die das Licht in einem Jahr zurücklegt. Da die Lichtgeschwindigkeit knapp $300\,000\text{ km s}^{-1}$ beträgt, entspricht 1 Lj einer Strecke von ca. $9,5 \cdot 10^{12}$ km.
2. Das Parsec (pc), das ist die Entfernung, aus der der Durchmesser der Erdbahn um die Sonne unter einem Winkel von $1''$ erscheint (1 pc = 3,26 Lj). Vorsilben wie kilo (k), Mega (M) etc. werden ebenfalls für die Einheit Parsec verwendet.

Durchmesser der Sonne:	$1,4 \cdot 10^6$ km	
Entfernung Erde-Sonne:	$1,5 \cdot 10^8$ km	
Entfernung Neptun-Sonne:	$4,5 \cdot 10^9$ km	(Abstand des äußersten Planeten)
Abstand zu Proxima Centauri	4,2 Lj	(Nächster Stern zur Sonne)

Aus Sternkatalogen (Simbad und den dort angegebene Literaturzitate) erhält man für die Entfernung der Sternsysteme folgende Werte:

Entfernung zu CV Serpentis: ca. 1800 pc

Entfernung zu UZ Fornacis: ca. 250 pc

a) Versetzen wir nun Doppelgänger unseres Sonnensystems an diese Orte und betrachten sie von der Erde aus. Wie verhalten sich die Strecken im Doppelgänger-System zur jeweiligen Entfernung? (Berechne z.B. das Verhältnis von Entfernung zur ausgewählten Strecke.)

b) Veranschauliche nun diese Ergebnisse an Hand eines verkleinerten Modells: Gib Deinem/r Schulfreund/in ein Haar (Dicke ca. 0,1 mm) in die Hand und schätze ab, wie weit er oder sie von Dir weggehen muss, damit das Haar im gleichen Verhältnis erscheint wie das Doppelgänger-Sonnensystem.

c) Richte nun umgekehrt Deinen Blick auf den Mond (Entfernung 384000 km) und bestimme entsprechende Strecken auf dem Mond, die dieselben Verhältnisse aus a) ergeben.

Aufgabe 3

Schätze ab, wie groß der Durchmesser der Neptunbahn auf dem Bild des Ringnebels erscheinen würde.

Aufgabe 4

Nutze die Angaben im Infokasten und das 3. Keplersche Gesetz, um aus den angegebenen Werten eine grobe Abschätzung für den Stern-Radius und den größten Abstand (a) der Sterne um ihr Massenzentrum im Vergleich zum Sonnensystem zu erhalten.

3. Keplersches Gesetz: $\left(\frac{a}{1,5 \cdot 10^8 \text{ km}}\right)^3 = \left(\frac{U}{1 \text{ Jahr}}\right)^2 \cdot \frac{M_1 + M_2}{M_S}$.

mit:

U = Umlaufzeit der Sterne um ihr gemeinsames Massezentrum

M_S = Masse der Sonne

$M_1 + M_2$ = Summe der Massen der beiden Sterne

Infokasten: Wolf-Rayet-Sterne

Die von den französischen Astronomen Wolf und Rayet zuerst klassifizierten Sterne sind sehr massereich (10-250 Sonnenmassen - allerdings in der Mehrzahl deutlich < 100 Sonnenmassen) und stehen kurz vor dem Ende ihres Sternlebens. Sie wandeln bereits in ihren äußeren Bereichen Helium in Kohlenstoff und Sauerstoff um. Außerdem gehen von ihnen starke Sternwinde aus, die die Hüllen mit zahlreichen Kohlenstoffverbindungen mitreißen. Die Durchmesser der Sterne sind etwa 10x so groß wie der der Sonne. Am Ende verwandelt sich dieser Stern in einem gewaltigen Supernova-Ereignis in einen sehr dichten Neutronenstern oder ein Schwarzes Loch.

Sterne der Spektralklasse B

Nicht ganz so massereich aber immer noch sehr groß (3-15 Sonnenmassen, 3-7 Sonnendurchmesser) sind dies Sterne, deren Licht so gefärbt ist, dass es der sogenannten Spektralklasse B entspricht. Das bedeutet, dass die Sterne am hellsten im nahen Ultraviolett sind.

Gruppenaufgabe

Baut einfache Modelle für folgende Situationen auf (z. B. mit Hilfe eines Overheadprojektors, Styroporkugeln, Lampen oder anderer Dinge):

1. Doppelsternsystem: Zwei Sterne kreisen umeinander
2. Planetensystem mit einem Planeten
3. Sternflecken auf einer rotierenden Sternkugel
4. Helligkeitsschwankung des Sterns

Überlegt euch wie der Verlauf der Helligkeit des Gesamtsystems aussehen könnte (denkt daran, man kann die einzelnen Objekte nicht unterscheiden). Wie stark ändert sich die Helligkeit, wie regelmäßig und wie schnell ändern sich die Werte?

Auf welche Weise könnte sich die dunkle Rußwolke um den Wolf-Rayet-Stern in CV Serpentis bemerkbar machen (je nach Lage und Ausdehnung der Rußwolke)?