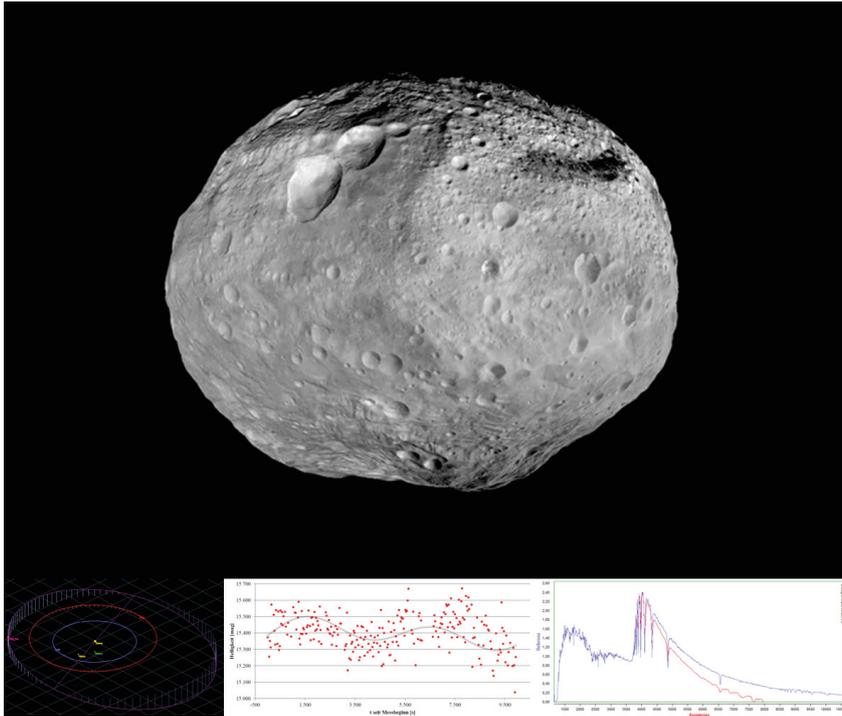


# Charakterisierung von Asteroiden aufgrund eigener Messungen



Broschüre zur Wettbewerbsarbeit „Schweizer Jugend forscht“  
52. Nationaler Wettbewerb 2018  
Fabian Mast

# Abstract

Diese Broschüre dient der Erklärung der Wettbewerbsarbeit „Charakterisierung von Asteroiden aufgrund eigener Messungen“ von Fabian Mast am Nationalen Wettbewerb 2018 von „Schweizer Jugend forscht“. Hauptsächlich erklärt sie allgemein verständlich elementare Bestandteile, Begriffe und Methoden der Arbeit und soll zu deren Verständnis beitragen. Die Wettbewerbsarbeit an sich untersucht die Forschungsmöglichkeiten von Amateurastronomen im Bereich der Asteroiden.

# Inhalt

Abstract.....	2
Inhalt.....	3
Vorwort.....	4
Über den Autor.....	5
Asteroiden.....	6
Astrometrie.....	7
Photometrie.....	8
Spektroskopie.....	9
Equipment.....	10
Die SJf-Arbeit.....	11
Reportage einer Aufnahmenacht.....	12
Relevanz der Arbeit und weitere Gedanken.....	15
Glossar.....	16
Abbildungsverzeichnis.....	17
Quellenverzeichnis.....	19

# Vorwort

Diese Broschüre dient der Erklärung meiner Wettbewerbsarbeit für den nationalen Wettbewerb von „Schweizer Jugend forscht“ und bildet die Abschlussarbeit für meine Berufsmaturität an der GIBB. Die Wettbewerbsarbeit selbst hat ihren Ursprung in meinem Hobby, welches gleichzeitig meine Leidenschaft ist, der Astronomie.

Da ich in meinem Beruf als Elektroniker (noch) keinen Kontakt mit dem Weltraum habe, sehe ich den Nationalen Wettbewerb von „Schweizer Jugend forscht“ als grosse Möglichkeit und Horizonterweiterung an.

Ohne einige Personen und Institutionen wäre die Wettbewerbsarbeit nicht das, was sie jetzt ist. Aus diesem Grund möchte ich ihnen ein grosses Dankeschön aussprechen!

Mein Dank geht an:

- die TF Bern und die GIBB, meinen Ausbildungsbetrieb und meine Berufsmaturitätsschule, für die finanzielle Unterstützung und das Zurverfügungstellen von Arbeitszeit an dieser Arbeit.
- die Astronomische Jugendgruppe Bern (AJB), meinen Astronomieverein, für das Zurverfügungstellen von Ausrüstung.
- Markus Griesser, meinen begleitenden SJf-Experten, für seine Unterstützung bei der Verbesserung dieser Arbeit.
- Bruce L. Gary, einen amerikanischen (Amateur-)Astronomen, für seine Hilfestellung bezüglich Modellanpassungen bei Lichtkurven von Asteroiden
- meine Eltern für ihre finanzielle Unterstützung und ihre kritische Durchsicht der Arbeit
- Peppi Pelkonen, meine Freundin, für ihre durchgehende Unterstützung beim Erarbeiten und Verfassen der Arbeit sowie für deren kritischer Durchsicht.
- Markus Imhof für seine kritische Durchsicht der Arbeit
- Marjan Kicev für seine Unterstützung beim Erlernen von LaTeX

# Über den Autor



*Abb. 1: Moderation des Raumfahrttages der AJB*

## Wer bin ich?

Mein Name ist Fabian Mast. Ich wurde am 1. Januar 1999 geboren und wohne seither in der Region von Bern. Im Sommer 2017 habe ich erfolgreich meine Ausbildung zum Elektroniker an der Technischen Fachschule Bern absolviert. Momentan besuche ich die Berufsmaturitätsschule an der GIBB, welche ich im Sommer 2018 abschliessen werde. Auf dem Plan steht anschliessend ein Ingenieurstudium in Richtung Elektrotechnik. Ich interessiere mich sehr für Naturwissenschaften, besonders für die Astronomie und die Raumfahrt. Das Hobby Astrofotografie liegt somit nahe. Sportlich betätige ich mich als Hornusser.

## Wie kam ich zur Astronomie?

Alles begann mit einem Venustransit. 2004 zog die Venus direkt vor der Sonne vorbei und dieses seltene Ereignis konnte ich mit meinem Paten beobachten. 2009 habe ich mein erstes, kleines Teleskop zu Weihnachten erhalten, so richtig brach das „Astronomiefiebers“ aber erst im Jahre 2013 aus, als gleich mehrere helle Kometen zu sehen bzw. angekündigt waren. Im Januar 2014 habe ich mir mein aktuelles Teleskop, das Skywatcher 200/1000 (s. Equipment) und im Sommer desselben Jahres sogleich die fotografische Ausrüstung angeschafft. Seither betreibe ich nun Astrofotografie. Zunehmend beinhaltet dies auch wissenschaftliche Projekte, wie zum Beispiel die SJF-Wettbewerbsarbeit. Seit Ende 2017 betreibe ich eine eigene Website, wo meine Arbeit zu sehen ist: [www.fabianmast.ch](http://www.fabianmast.ch)

# Asteroiden

## Was sind Asteroiden?

Asteroiden sind Gesteinsbrocken, welche bei der Entstehung unseres Sonnensystems entstanden sind und heute noch um die Sonne kreisen. Es existieren zwei Hauptregionen im Sonnensystem, in denen Asteroiden sich aufhalten: den Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter und den Kuipergürtel ausserhalb der Umlaufbahn des Neptuns.

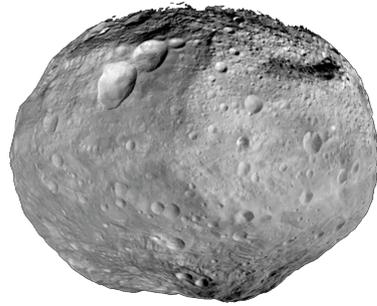


Abb. 2: Asteroid (4) Vesta



Abb. 3: Komet C/2012 S1 (ISON)

## Ist ein Komet das Selbe?

Kometen und Asteroiden werden oftmals verwechselt. Im Gegensatz zu Asteroiden, welche aus Gestein und Metallen bestehen, setzen sich Kometen aus Staub, gefrorenen Gasen (Eis) zusammen. Wenn diese nun in die Nähe der Sonne gelangen, sublimieren die gefrorenen Bestandteile und bilden den typischen Kometenschweif aus.

## Wie lassen sich Asteroiden beobachten?

Nur der Asteroid (4) Vesta kann an unserem Himmel hell genug werden, um von blossem Auge gerade noch gesehen werden zu können. Einige sind mit dem Fernglas sichtbar. Die grosse Mehrheit jedoch bedarf eines Teleskops oder gar einer fotografischen Methode zur Beobachtung.

# Astrometrie

## Was ist Astrometrie?

Die Astrometrie besteht aus der Vermessung und Bestimmung der exakten Positionen von Himmelskörpern. Die Koordinaten dieser Positionen werden in einem speziellen Koordinatensystem angegeben, welches unabhängig von der Erddrehung am Sternenhimmel fixiert ist. Hierbei werden die beiden Angaben nicht in Nord/Süd und Ost/West gemacht, sondern in Deklination und Rektaszension. Aus Positionsveränderungen eines Himmelskörpers über einen bestimmten Zeitraum lassen sich deren Orbits bestimmen.

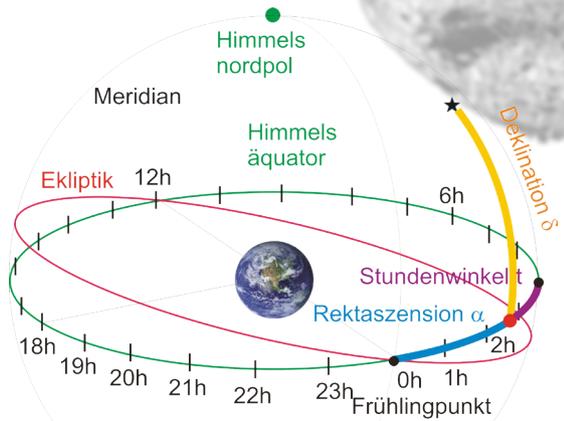


Abb. 4: Rektaszension und Deklination

## Wie wird sie durchgeführt?

Als Grundlage dienen Aufnahmen des gewünschten Himmelskörpers, hier die eines Asteroiden. Auf den Aufnahmen werden nun die jeweiligen Koordinaten, aufgrund der Position relativ zu den umliegenden Sternen (Abgleich mit Sternkatalog), bestimmt. Für die Bestimmung einer Umlaufbahn müssen die Aufnahmen einen bestimmten Zeitraum abdecken (möglichst grosse Positionsveränderung).

## Geschichtliches

„Die Bewegung der Planeten um die Sonne beschäftigte schon im Altertum die Naturwissenschaftler. Erst Johannes Kepler hat hier einen wesentlichen Fortschritt gebracht, als er seine drei Keplerschen Gesetze der Planetenbewegung veröffentlichte.“ [1]

# Photometrie

## Was ist Photometrie?

„Die Photometrie ist im weitesten Sinne die Messung von Licht, in der Astronomie im engeren Sinne die Messung von Helligkeiten [von astronomischen Objekten, Anm. d. Verf.].“ [1] Die Photometrie lässt Rückschlüsse auf physikalische Eigenschaften (z.B. Rotationsperiode von Asteroiden) und eventuell vor der Lichtquelle vorbeiziehende Objekte (z.B. Exoplanetentransit) zu.

## Wie wird sie durchgeführt?

Die Photometrie wird, wie die Astrometrie, mittels Abgleich mit einem Sternkatalog durchgeführt. Die Helligkeit des gewünschten Objektes wird mit den Helligkeiten der umliegenden Sterne verglichen und kann so genau bestimmt werden. Meistens kann der grösste Informationsgewinn bei Helligkeitsmessungen über einen längeren Zeitraum erzielt werden.

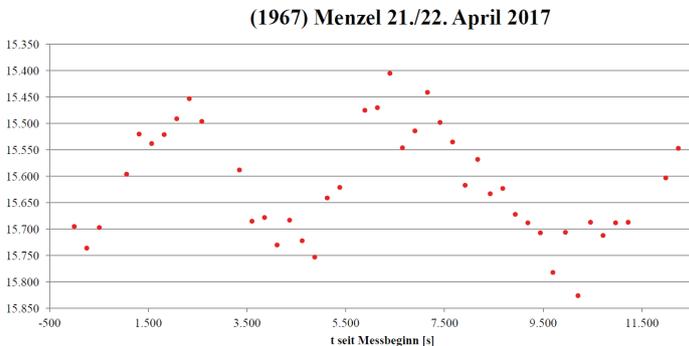


Abb. 5: Helligkeitskurve des Asteroiden (1967) Menzel

## Geschichtliches

„The history of estimating the brightness of stars goes back to days of antiquity.“ [2] Die Angabe von Helligkeiten in Magnituden reicht zurück bis zu den ersten Sternkatalogen. Der Katalog von Hipparchos wurde etwa 130 v. Chr. fertiggestellt. [3] Mit der Zeit entwickelte man eine feste Definition, um Helligkeiten von Himmelskörpern allgemein beschreiben zu können. Diese ist noch heute in Verwendung: die Magnituden-Skala. Je heller ein Objekt, desto kleiner sein Wert auf dieser Skala.

# Spektroskopie

## Was ist Spektroskopie?

In der visuellen Astronomie behandelt die Spektroskopie das Zerlegen von Licht in seine Wellenlängen. So ein Spektrum lässt dann auf die chemische Zusammensetzung der Lichtquelle schließen. Dies geschieht vor allem durch Absorptionslinien.

## Wie wird sie durchgeführt?

Um das Licht des gewünschten Objektes in seine Wellenlängen aufzuspalten, benötigt man ein Prisma oder ein Spektroskopiegitter, wovon verschiedene Bauweisen existieren. Das aufgenommene Spektrum wird kalibriert und anschliessend folgt die exakte Bestimmung der Position der Absorptionslinien.



Abb. 6: Spektrum des Sterns Vega mit deutlichen Wasserstoff-Absorptionslinien auf der linken Seite

## Geschichtliches

Die erste direkte Nutzung von Spektroskopie vollführte Josef von Fraunhofer (1787-1826), indem er die Absorptionslinien der Sonne (die wichtigsten werden immer noch Fraunhofer Linien genannt) für optische Tests seiner Objektive nutzte. Er war auch der Erste, der ein Prisma zusammen mit einem Teleskop verwendete und damit Sterne beobachtete. Fraunhofer wird daher als Vater der Spektroskopie betitelt. [4]

# Equipment

## Das Teleskop

Eingesetzt wurde ein in der Amateurszene weit verbreitetes 8" f5 Newton Teleskop von der Marke Skywatcher. Es besitzt einen Spiegeldurchmesser von 20 cm und eine Brennweite von 1 Meter. Dies ergibt ein Öffnungsverhältnis von f/5. Als Montierung diente eine ebenfalls weit verbreitete NEQ6. Die Aufgabe einer Montierung ist das Ausgleichen der Erddrehung. Das heisst, sie bewegt das Teleskop in der gleichen Geschwindigkeit wie die Himmelsobjekte über das Firmament ziehen.



Abb. 7: 8" Skywatcher auf NEQ6



Abb. 8 & 9: Canon 600Da (oben) und ASI 174 MM (unten)

## Die Kameras

Insgesamt wurden zwei Kameras eingesetzt. Einerseits eine Canon 600D. Diese ist astromodifiziert, das heisst, dass die Filter vor dem Sensor entfernt wurden und dieser somit in bestimmten Wellenlängen empfindlicher ist. Andererseits kam die ASI 174 MM zum Einsatz. Diese gehört nicht mir, sondern der Astronomischen Jugendgruppe Bern. Trotzdem ist diese Kamera ein Amateurgerät. Die ASI konnte, im Gegensatz zur Canon, mit dem Spektroskopiegitter für spektroskopische Messungen eingesetzt werden.

# Die SJf-Arbeit

## Die Motivation

Der Ursprung meiner Motivation für diese Arbeit war mein Hobby, die Astrofotografie, und mein grosses Interesse an Forschung und Wissensgewinn. In meinem Lehrbetrieb wurde man auf den Nationalen Wettbewerb angesprochen, was ich als grosse Chance sah. Sehr hilfreich war, dass die SJf-Arbeit auch als Abschlussarbeit der nachfolgenden Berufsmaturität verwendet werden konnte.



SCHWEIZER JUGEND FORSCHT  
LA SCIENCE APPELLE LES JEUNES  
SCIENZA E GIOVENTÙ  
SCIENZA E GIUVENETGNA

Abb. 10: Schweizer Jugend forscht

# gibb

Abb. 11: Gewerblich Industrielle Berufsschule  
Bern

## Erklärung der Arbeit

Das Ziel der Arbeit ist die eigene Überprüfung von Möglichkeiten der Asteroidenforschung im Amateurastronomiebereich. Es soll aufgrund eigener Messungen gezeigt werden, wie gut Asteroiden mit nicht-professioneller Ausrüstung charakterisiert werden können. Charakterisierung heisst in diesem Fall die Bestimmung der Umlaufbahn um die Sonne, der Rotationsperiode und der chemischen Zusammensetzung. Asteroiden wurden als Forschungsziel gewählt, da diese eine Thematik mit relativ einfachem Zugang aber trotzdem hohem Forschungspotenzial darstellen.

## Resultate

Insgesamt wurden zehn Asteroiden beobachtet, was in etwa 320 Stunden Aufnahme- und Auswertungszeit resultierte. Mittels der Astrometrie konnte der Orbit des Asteroiden (2068) Dangreen relativ genau berechnet werden. Der von (3760) Poutanen konnte nur annähernd bestimmt werden. Mittels Photometrie konnte eine bekannte Rotationsperiode bestätigt und eine andere zum ersten Mal überhaupt bestimmt werden. Die Spektroskopie brachte aufgrund der Objekthelligkeiten keine brauchbaren Ergebnisse.

# Die Arbeit im Dunkeln

**Wie gestaltet sich die Nacht für einen Astrofotografen, wenn er Aufnahmen machen will? Was gibt es zu tun? Ein Blick über die Schultern von Fabian Mast, als er den Asteroiden (3760) Poutanen im Rahmen seiner SJf-Wettbewerbsarbeit über die Charakterisierung von Asteroiden beobachtet.**

Die Sonne geht unter, ein farbenfrohes Lichtspiel zeigt sich am Westhorizont. Mitten im Garten steht das Teleskop, welches ausgestattet mit Kamera und zahlreichen Kabeln auf seinen nächtlichen Einsatz wartet. Doch eine Aufnahmenacht wie diese beginnt nicht erst bei Sonnenuntergang.

## **Die Vorbereitung**

Schon seit mehreren Tagen wird ständig ein Blick auf die Wettervorhersage geworfen. Ist der Himmel in der gewünschten Nacht klar? Wie hoch ist die Luftfeuchtigkeit? Muss man sich sogar Gedanken um den Wind machen? „Keine Wolken in Sicht! Die Luft wird aber wahrscheinlich ziemlich feucht sein. Ach, das wird schon klappen“, schlussfolgert Fabian optimistisch. Ein Einbeziehen von verschiedenen Wetterprognosen schafft eine umfassende Aussicht auf die Nacht.

## **Der Tag vor der Nacht**

Am Tag der Aufnahmenacht liegt der Blick fast ununterbrochen auf den Wetterprognosen. Die Bewölkungsvorhersage ist hier zentral. Alles sieht gut aus, die Luftfeuchtigkeit scheint doch nicht so hoch zu werden. Von grosser Wichtigkeit ist das Laden der Kamera-Akkus während dem Tag. Sonst erwartet einen am Abend eine böse Überraschung...

## **Der Aufbau**

Kurz vor Sonnenuntergang befindet sich das beste Zeitfenster, um das Teleskop aufzubauen. Es ist noch genügend Licht zum Arbeiten vorhanden, man muss das schwarze Teleskop aber nicht mehr vor Sonnenstrahlung schützen. Das Aufbauen der „Lichtkanone“ mit allem was dazu gehört, wie Montierung, zahlreichen Kabeln und Kamera, dauert rund eine Stunde.

Dabei muss einiges geschleppt werden. Die Montierung wiegt nämlich 16 kg, die Optik selbst 8 kg. Bei Einbruch der Dunkelheit folgt ein „Star Aligement“. Dabei richtet man das Teleskop manuell auf Referenzsterne aus. Dies ermöglicht im Anschluss ein automatisches Anfahren von Himmelsobjekten. Als sich die Montierung auf Knopfdruck zu bewegen beginnt, meint Fabian: „Dieses surrende Geräusch mit dem Piepton am Ende der Bewegung markiert für mich immer den Start einer Beobachtungsnacht. Ich mag das Geräusch!“



*Abb. 12: Das Teleskop im Garten im Einsatz*

### **Die Aufnahmenacht**

So langsam wird es kühl. Tatsächlich ist der Himmel wolkenlos und die Luft trockener als in früheren Prognosen gemeldet. „Das hat man gut an den kurzen Kondensstreifen der Flieger in der Dämmerung gesehen“, merkt Fabian an. Gute Voraussetzungen also für den Blick ins Weltall. Auf dem Plan steht in dieser Nacht die Beobachtung des Asteroiden (3760) Poutanen. Entdeckt wurde dieser 1984 von einem amerikanischen Astronomen. Benannt wurde er aber nach einem finnischen Astronomen und Geodäten. Aus zahlreichen, aufeinanderfolgenden Aufnahmen des Gesteinsbrockens lässt sich jeweils seine Position und seine Helligkeit extrahieren. Mit seiner Canon will Fabian knapp 40 Aufnahmen mit einer Belichtungszeit von je zehn Minuten machen. „Ich gehe jetzt aber schlafen. Ich habe alles so eingestellt, dass die Ausrüstung zusammenspielt und die Aufnahmen automatisch gemacht werden“, merkt der Astrofotograf mit einem Grinsen an und verschwindet, nach einem letzten Blick zurück, im warmen Haus.

## Das Ende der Nacht und die nachfolgende Arbeit

Als Fabian wieder im Garten erscheint, steht der Beginn der Dämmerung noch bevor. Alles scheint gut gelaufen zu sein, bemerkt er. Nach und nach nähert sich die Sonne dem Osthorizont und der Himmel wird allmählich zu hell für brauchbare Bilder. Doch damit ist die Arbeit längst nicht getan! Zuerst wird die Ausrüstung zusammengeräumt und in den folgenden Tagen müssen die ganzen Aufnahmen des Asteroiden ausgewertet werden. Laut Fabian kann das gut und gerne auch länger dauern als die gesamte Aufnahmezeit selbst. Immer noch steht das Teleskop mitten im Garten, der Rasen wird mittlerweile ein paar Druckstellen abgekriegt haben. Der Sonnenaufgang ist bei weitem nicht so ein farbenfreudiges Spektakel wie der Untergang am vorherigen Abend. Das ist aber nicht weiter schlimm, denn es steht sowieso ein Wald im Weg.



*Abb. 13: Die Kamera, seitlich angebracht am Spiegelteleskop, während der Aufnahme*

# Relevanz der Arbeit und weitere Gedanken

## Relevanz der Arbeit

Die Relevanz der Arbeit an sich liegt darin, dass sie aufzeigt, wie zugänglich echte Forschung, deren Ergebnisse bis zu globalem Interesse aufweisen können, für Amateurastronomen und -fotografen ist. Die Thematik an sich (Amateurforschung bei Asteroiden) ist in vielerlei Hinsicht relevant. Grosse Observatorien haben sehr ausgelastete Beobachtungszeitpläne. Hinzu kommt die riesige Zahl an Asteroiden in unserem Sonnensystem, was ein brauchbares, kontinuierliches Sammeln von Daten dieser Kleinkörper durch professionelle Institutionen nahezu verunmöglicht. Die grosse Anzahl an Amateurastronomen rund um den Globus ist jedoch technisch eher in der Lage dazu. Besondere Relevanz kommt dieser Amateurforschung bei neu entdeckten oder nahe an der Erde vorbeiziehenden Asteroiden zu. Die von Amateuren gesammelten Daten können auch der Planung zukünftiger Missionen von Raumsonden zu Asteroiden zugutekommen.

## Weitere Gedanken zum Thema

Vielen ist nicht bewusst, wie zugänglich die Astronomie/-fotografie für die Allgemeinheit ist. Ebenso verhält es sich mit der Forschung in diesem Bereich. Für mich als wissenschaftsbegeisterte Person war diese Arbeit extrem spannend. Sagen zu können: „Ich weiss, wie schnell sich dieser Gesteinsbrocken da oben dreht. Und das habe ich selbst herausgefunden!“ übt auf mich eine grosse Faszination aus. Zu forschen liegt ja auch tief in der Natur des Menschen. Die Grenzen des Bekannten zu verschieben mit den ganz grossen Fragen „Wie funktioniert das Universum? Wer sind wir? Woher kommen wir?“ im Hinterkopf. So ein Wissensgewinn kann wirklich Befriedigung schaffen und neue, vielleicht sogar noch grössere Neugier auslösen.

# Glossar

**Absorptionslinie:** Jedes Element absorbiert bestimmte Wellenlängen des Lichtes. Diese „Einbrüche“ im Spektrum (s. Abb. 6 in Kap. „Spektroskopie“) nennt man Absorptionslinien.

**Amateurastronom:** Person, die sich nicht hauptberuflich mit Astronomie beschäftigt.

**Asteroidengürtel:** Region im Sonnensystem zwischen Mars und Jupiter, in welcher sich viele Asteroiden ansammeln.

**Deklination:** Achse der Himmelskoordinaten, welche die Höhe über dem Himmelsäquator angibt. Vergleichbar mit dem Breitengrad im Koordinatensystem der Erde.

**Exoplanet:** Ein Planet, welcher um einen anderen Stern kreist.

**Exoplanetentransit:** Vom Prinzip her das Selbe wie ein Venus transit. Anstatt unserer Sonne und der Venus handelt es sich hier jedoch um einen Exoplaneten, welcher vor seinem „Heimatsstern“ vorbeizieht. Hier kann aber lediglich eine Abschwächung des Sternenlichtes gemessen werden.

**Kuipergürtel:** Region im Sonnensystem ausserhalb der Umlaufbahn des Neptun, in welcher sich viele Asteroiden ansammeln.

**Newton Teleskop:** Bestimmte Bauform eines Spiegelteleskops.

**Öffnungsverhältnis:** Verhältnis zwischen der Öffnung bzw. dem Spiegeldurchmesser eines Teleskops/Objektivs und seiner Brennweite. Je kleiner dieses Verhältnis, desto lichtstärker die Optik. Das heisst, es kann mehr Licht in der gleichen Zeitdauer gesammelt werden.

**Orbit:** Synonym für Umlaufbahn. Hier ist ausschliesslich die Umlaufbahn um die Sonne gemeint.

**Rektaszension:** Achse der Himmelskoordinaten, welche den Winkel zum Frühlingspunkt parallel zum Himmelsäquator angibt. Vergleichbar mit dem Längengrad im Koordinatensystem der Erde.

**Rotationsperiode:** Zeit, die ein Objekt benötigt, um sich einmal um seine eigene Achse zu drehen. Die Erde benötigt dafür knapp 24 Stunden, was uns Tag und Nacht beschert.

**Venustransit:** Seltenes astronomisches Ereignis, bei welchem der Planet Venus von der Erde aus gesehen vor der Sonne vorbeizieht und als schwarzer Punkt vor der Sonnenscheibe sichtbar wird.

# Abbildungsverzeichnis

**Titelbild:** Asteroid (4) Vesta, aufgenommen von der Raumsonde DAWN, ergänzt mit drei Grafiken, welche eigenen Messungen entspringen; Quelle: [www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/dictionary/Asteroid.html](http://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/dictionary/Asteroid.html) (06.10.2017) und Fabian Mast.

**Abbildung 1:** Moderation des Raumfahrttages der AJB, Aufnahme von Peppi Pelkonen.

**Abbildung 2:** Asteroid (4) Vesta, aufgenommen von der Raumsonde DAWN; Quelle: [www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/dictionary/Asteroid.html](http://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/dictionary/Asteroid.html) (06.10.2017).

**Abbildung 3:** Komet C/2012 S1 (ISON); Quelle: [www.damianpeach.com/deepsky/c2012\\_s1\\_2013\\_11\\_15dp\\_small.jpg](http://www.damianpeach.com/deepsky/c2012_s1_2013_11_15dp_small.jpg) (10.02.2018)

**Abbildung 4:** Rektaszension und Deklination; Quelle: [www.scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2010/07/16/spharische-astro-nomie/2/](http://www.scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2010/07/16/spharische-astro-nomie/2/) (10.02.2018)

**Abbildung 5:** Helligkeitskurve des Asteroiden (1967) Menzel; Quelle: Fabian Mast (Diagramm aus eigenen Messdaten erstellt)

**Abbildung 6:** Spektrum des Sterns Vega mit deutlichen Wasserstoff-Absorptionslinien auf der linken Seite; Quelle: Fabian Mast (Diagramm aus eigenen Messdaten erstellt)

**Abbildung 7:** 8" Skywatcher auf NEQ6; Quelle: Fabian Mast (eigene Aufnahme)

**Abbildung 8:** Canon 600Da; Quelle: [www.astro-shop.com/komp/Canon-EOS-600D-Body-modifiziert-fuer-Infrarotfotografie.jpg](http://www.astro-shop.com/komp/Canon-EOS-600D-Body-modifiziert-fuer-Infrarotfotografie.jpg) (02.10.2014)

**Abbildung 9:** ASI 174 MM; Quelle: [www.nimax-img.de/Produktbilder/zoom/46787\\_1/ZWO-Kamera-ASI-174-MM-Mono.jpg](http://www.nimax-img.de/Produktbilder/zoom/46787_1/ZWO-Kamera-ASI-174-MM-Mono.jpg) (06.10.2017)

**Abbildung 10:** Logo Schweizer Jugend forscht, Quelle: [www.upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/91/Schweizer\\_Jugend\\_forscht\\_logo.svg/2000px-Schweizer\\_Jugend\\_forscht\\_logo.svg.png](http://www.upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/91/Schweizer_Jugend_forscht_logo.svg/2000px-Schweizer_Jugend_forscht_logo.svg.png) (25.02.2018)

**Abbildung 11:** Logo Gewerblich Industrielle Berufsschule Bern; Quelle: [www.upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/79/Gewerblich\\_Industrielle\\_Berufsschule\\_Bern\\_logo.svg/2000px-Gewerblich\\_Industrielle\\_Berufsschule\\_Bern\\_logo.svg.png](http://www.upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/79/Gewerblich_Industrielle_Berufsschule_Bern_logo.svg/2000px-Gewerblich_Industrielle_Berufsschule_Bern_logo.svg.png) (25.02.2018)

**Abbildung 12:** Das Teleskop im Garten im Einsatz; Quelle: Fabian Mast (eigene Aufnahme)

**Abbildung 13:** Die Kamera, seitlich angebracht am Spiegelteleskop, während der Aufnahme; Quelle: Fabian Mast (eigene Aufnahme)

**Abbildung Rückseite 1:** Logo Technische Fachschule Bern; Quelle: [www.tfbern-e.ch/lea/Pictures/TFBern\\_Logo.jpg](http://www.tfbern-e.ch/lea/Pictures/TFBern_Logo.jpg) (26.02.2018)

**Abbildung Rückseite 2:** Logo Gewerblich Industrielle Berufsschule Bern; Quelle: [www.upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/79/Gewerblich\\_Industrielle\\_Berufsschule\\_Bern\\_logo.svg/2000px-Gewerblich\\_Industrielle\\_Berufsschule\\_Bern\\_logo.svg.png](http://www.upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/79/Gewerblich_Industrielle_Berufsschule_Bern_logo.svg/2000px-Gewerblich_Industrielle_Berufsschule_Bern_logo.svg.png) (25.02.2018)

**Abbildung Rückseite 3:** Logo Schweizer Jugend forscht, Quelle: [www.upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/91/Schweizer\\_Jugend\\_forscht\\_logo.svg/2000px-Schweizer\\_Jugend\\_forscht\\_logo.svg.png](http://www.upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/91/Schweizer_Jugend_forscht_logo.svg/2000px-Schweizer_Jugend_forscht_logo.svg.png) (25.02.2018)

**Hintergrundbild 1:** Asteroid Vesta (unten links); Quelle: [www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/dictionary/Asteroid.html](http://www.nasa.gov/audience/forstudents/k-4/dictionary/Asteroid.html) (06.10.2017)

**Hintergrundbild 2:** Asteroid Lutetia (oben Mitte & rechts und unten Mitte); Quelle: [www.planetary.s3.amazonaws.com/assets/images/z\\_changeover/lutetia\\_globe\\_rosetta\\_f537.jpg](http://www.planetary.s3.amazonaws.com/assets/images/z_changeover/lutetia_globe_rosetta_f537.jpg) (31.01.2018)

**Hintergrundbild 3:** Asteroid Itokawa (unten rechts); Quelle: [upload.wikimedia.org/wikipedia/en/d/d1/Hayabusa\\_Image\\_of\\_the\\_asteroid\\_Itokawa.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/d/d1/Hayabusa_Image_of_the_asteroid_Itokawa.jpg) (16.01.2018)

# Quellenverzeichnis

**[1]** E. Wischnewski, *Astronomie in Theorie und Praxis*, 6. Au. Kaltenkirchen: Wischnewski, 2013, ISBN: 978-3-00-040524-2.

**[2]** B. D. Warner, *A Practical Guide to Lightcurve Photometry and Analysis*. New York: Springer Science+Business Media, 2006, ISBN: 978-0-387-29365-3.

**[3]** E. Budding und O. Demircan, *Introduction to Astronomical Photometry*, 2. Au. Cambridge: Cambridge University Press, 2007, ISBN: 978-0-521-84711-7.

**[4]** K. M. Harrison, *Astronomical Spectroscopy for Amateurs*. New York: Springer Science+Business Media, 2011, ISBN: 978-1-4419-7238-5.



TECHNISCHE  
FACHSCHULE

BERN

**gibb**



SCHWEIZER JUGEND FORSCHT  
LA SCIENCE APPELLE LES JEUNES  
SCIENZA E GIOVENTÙ  
SCIENZA E GIUVNETETGNA