

Greselius-Gymnasium Bramsche

Schuljahr 2019/2020

**Der Aufbau eines Asteroiden und
wie dieser erforscht werden kann**



Facharbeit zum Seminarfach Astronomie

Verfasserin: Jana Michailov

Kursleiter: Florian Riemer

Abgabetermin: 04.03.20, Bramsche

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung.....	2
2 Allgemeines.....	3
2.1 Entstehung.....	3
2.2 Asteroidengürtel.....	3
3 Erforschung und Aufbau.....	4
3.1 Methoden zur Erforschung der Asteroiden durch Fernerkundungen.....	4
3.1.1 Altersdotierung.....	5
3.1.2 Die Durchmesserbestimmung.....	5
3.1.3 Photoskopie.....	6
3.1.4 Spektroskopie.....	6
3.1.5 Infrarotbeobachtungen.....	7
3.2 Raumsonden.....	7
4 Asteroidentypen.....	8
5 Erwähnenswerte Asteroiden.....	10
5.1 Ceres.....	10
5.2 Eros.....	11
5.3 Matilde.....	12
5.4 Ida.....	12
6 Schluss.....	13
7 Anhang.....	14

1 Einleitung

Das Thema meiner Seminararbeit lautet: „Der Aufbau eines Asteroiden und wie dieser erforscht werden kann“. Obwohl Asteroiden früher als eher lästig empfunden wurden, da sie bei anderen Forschungen störten, sind ihre Beliebtheit und das Interesse an ihnen ab den 60er Jahren stark angestiegen. Durch Erforschungen dieser konnten Wissenschaftler viele interessante Eigenschaften, ihre Herkunft und ihre Bedeutung für das Sonnensystem feststellen.¹ Im weiteren Verlauf meiner Facharbeit werde ich mich unter anderem auf diese Themen beziehen. Beginnend stelle ich die allgemeinen Informationen der Asteroiden vor, um dann an meinen Hauptteil zu knüpfen. Zu meinen allgemeinen Informationen gehören einmal die Entstehung der Asteroiden und der Asteroidenhauptgürtel. Ich habe mich dafür entschieden diese zwei Themen einleitend und näher zu behandeln, da sie in den weiteren Ausführungen des Hauptteils immer wieder aufgegriffen werden. In meinem Hauptteil erkläre ich anhand verschiedener Methoden die Erforschung und den grundsätzlichen Aufbau der Asteroiden, wobei ich mich dabei bewusst dafür entschieden habe, den Aufbau und die Erforschung unter ein Hauptthema zu setzen, da sich die Analyse des Aufbaus erst in Hinblick auf die Erforschung erschließt und diese dementsprechend zusammenhängen. Nachdem ich die Methode der Altersdatierung, der Durchmesserbestimmung, der Photoskopie, der Spektroskopie und der Infrarotbeobachtung ausgeführt habe, beziehe ich mich auf die Raumsonden, die ebenfalls einen großen Beitrag zu der Erkundung der Asteroiden geleistet haben. Anschließend stelle ich die Grundtypen der Asteroiden vor und erwähne darauffolgend bestimmte Asteroiden, die Besonderheiten aufzeigen oder zu einem essentiellen Fortschritt in der Erforschung des Sonnensystems geführt haben.

¹ Allan Fallow et al, S.53

2 Allgemeines

2.1 Entstehung

Um den Aufbau der Asteroiden und ihre Erforschung nachvollziehen zu können, ist es durchaus sinnvoll, sich die Entstehung dieser vor Augen zu führen. Wissenschaftler gehen davon aus, dass die Asteroiden aus der Entstehungszeit des Sonnensystems stammen. Durch eine Ansammlung von Materie aus Gas- und Staubteilchen entstand vor 4,6 Milliarden Jahren eine Scheibe, die sich um die entstehende Sonne drehte.² Feste Teilchen, die sich beim Kondensieren der Scheibe lösten, verbanden sich zu Materiebrocken und bildeten sich zu Kilometer weiten Planetesimalen heran.³ Die Planetesimale, „die durch Gravitationskräfte aus dem Sonnensystem geschleudert“ wurden, kollidierten miteinander und zerbrachen.⁴ Diese Überreste sind die bekannten Asteroiden und Kometen.

2.2 Der Asteroidengürtel

Im Asteroidengürtel, der sich zwischen den Umlaufbahnen von Mars und Jupiter befindet, lassen sich ca. zweihunderttausend Asteroiden unseres Sonnensystems finden, die die Sonne auf kreisförmigen Bahnen umlaufen.⁵ Die sogenannten erdnahen Asteroiden unterscheiden sich durch ihre Umlaufbahn von den anderen Kleinplaneten⁶, da sie die Umlaufbahn der Erde, mit ihrer elliptischen⁷ kreuzen. Wie schon erwähnt, sind Asteroiden, und somit auch der Asteroidengürtel, Reste der Anfangsphase des Sonnensystems und liefern damit essenzielle Informationen über dessen Entstehung und über den Aufbau der Planeten. Sie können so klein sein, wie ein Staubkorn, oder mehrere tausend Kilometer Länge haben.⁸ Die Grundtypen der Asteroiden sind regelmäßig in dem Gürtel verteilt.⁹ Dazu

2 www.focus.de/

3 Dr. Rainer Kayser et al, S.57

4 Allan Fallow et al, S.76

5 Dr. Rainer Kayser et al, S.54

6 Anderer Begriff für Asteroiden (www.de.wikipedia.org/)

7 Mit ihrer ovalen Umlaufbahn (www.duden.de/)

8 Dr. Rainer Kayser et al, S.55

9 Allan Fallow et al, S.75f

gehören die schwarzen C-Typen an der äußeren Hälfte, die M-Typen im Zentrum und die S-Typen an der Innenseite des Gürtels.¹⁰

3 Erforschung und Aufbau

Form, Massendichte, Grad der Verkraterung und Farbe sind Eigenschaften, in denen sich Asteroiden unterscheiden können.¹¹ Dabei zeigt die Verkraterung, (siehe Kapitel 3.1.1) das Alter des Himmelskörpers auf. Die Unterschiede in Form und Farbe der Asteroiden lassen sich damit erklären, dass diese Bruchstücke ehemaliger größerer Planetesimale sind. Die Farbe wird zudem durch die stoffliche Zusammensetzung beeinflusst. Unzerstörte Körper, die also nicht durch mehrere Kollisionen in kleinere Bruchstücke geteilt wurden, besitzen oft eine dunklere Färbung und sind meist kugelförmiger. Da die ursprünglichen Körper bei ihrer Bildung glutflüssig waren und über einen metallischen Kern verfügten, der von einem Mantel aus Gestein und einer Kruste umgeben war, bestehen einige Asteroiden aus Metall und andere aus Gestein. Wichtig zu erwähnen ist hierbei, dass Asteroiden meistens eine andere Dichte haben als ihre Minerale zulassen würden, weshalb man davon ausgeht, dass Planetoiden¹² gefügte Ansammlungen von Trümmerstücken sind, die auf Grund der Schwerkraft zusammengehalten werden. Die geschlossene Staubdecke allein sorgt für den Anschein eines ganzen Himmelskörpers.

3.1 Methoden zur Erforschung der Asteroiden durch Fernerkundungen

Wie genau die Merkmale der Asteroiden, und die damit zusammenhängende Klassifizierung, erforscht wurden, lässt sich anhand der unterschiedlichen Erforschungsmethoden erklären.

10 Ebd. S.76

11 Dr. Rainer Kayser et al, S.19

12 Anderes Wort für Asteroid (www.de.wikipedia.org/)

3.1.1 Die Altersbestimmung durch Untersuchung von planetaren Oberflächen

Bei der Untersuchung der Krater auf planetaren Oberflächen, wie zum Beispiel einer Asteroidenoberfläche, kann man mit verschiedenen Merkmalen zentrale Eigenschaften der kollidierten Himmelskörper nachweisen.¹³ In Hinblick auf die Form des Kraters und der Materialien, die aufgrund des Zusammenpralls heraustreten, kann bestimmt werden, ob es sich um einen Himmelskörper während der Entstehungsepoche des Sonnensystems handelt oder ob das Bruchstück lange Zeit danach in den Asteroiden kollidiert ist. Zudem kann die Größenverteilung der Krater Informationen über den Einschlagkörper liefern, wie seine Aufttrittsgeschwindigkeit und Masse, aber auch die Oberflächenbeschaffenheit des getroffenen Objekts. Die Dichte der Verkraterung gibt, wie oben schon erwähnt, das Alter des Himmelskörpers an, wobei dabei die Anzahl der Krater pro Oberflächeneinheit das Alter bestimmt. In der Regel gilt: je stärker verkratert das Objekt ist, desto älter ist es. Außerdem lässt sie auf die Dauer des Beschusses eines Körpers schließen. Mit der Altersdatierung konnten Forscher auf überraschende Feststellungen stoßen. Sie erkannten, dass alle getroffenen Objekte „dieselbe Population von Einschlagkörpern“¹⁴ aufweisen und diese mit 90% von Planetoiden verschuldet sind. Eine weitere Auffälligkeit ist, dass die Anzahl der Krater steigt, wenn die Kratergröße sich verkleinert.¹⁵

3.1.2 Die Durchmesserbestimmung

Eine besonders einfache Methode, die Größe eines Asteroiden zu erfassen, ist die, mit Hilfe „der Schattengröße während einer Sternbedeckung“^{16, 17}. Dabei wird die Zeit eines Asteroiden gemessen, bei dem dieser einen Himmelskörper bedeckt und dann wieder hervortritt. Danach kann die

13 Dr. Rainer Kayser et al, S.34

14 Ebd. S.34

15 Ebd. S.34

16 Allan Fallow et al, S.72

17 Ebd. S.72

Größe in Hinblick auf die Geschwindigkeit des Planetoiden berechnet werden. Diese Methode ist jedoch auch sehr zeitintensiv, da die Bedeckungszone, also die genaue Bahn des Schattens, die gemessen wird, erst nach einigen Stunden oder Tagen vor dem Geschehen berechnet werden kann. Elektrische Verbesserungen durch die Entwicklung von neuen Lichtsensoren oder Aufzeichnungsgeräten, führten zur Wiederverwendung dieser Methode.

3.1.3 Photoskopie

„Im Jahr 1949 begann Gerard Kuiper am McDonald Observatory in Fort Davis, Texas, mit einer systematischen Aufnahme von Lichtkurven; [durch] sein[e] Apparatur, einem Photometer im Brennpunkt eines Teleskops, konnte er innerhalb von wenigen Stunden deutliche Helligkeitsschwankungen nachweisen“¹⁸. Je nach der Menge des reflektierten Lichts, lässt sich die Rotation eines Planetoiden durch die Lichtkurven bestimmen.¹⁹ Auch erschließt man die unregelmäßige Form dieser anhand der Lichtkurven. Somit konnte man feststellen, dass erdnahe Asteroiden meistens länger sind als andere Himmelskörper im Asteroidenhauptgürtel.²⁰

3.1.4 Spektroskopie

Das reflektierte Sonnenlicht liefert bei der Spaltung nach der Wellenlänge Informationen über die Oberflächenzusammensetzung der Asteroiden.²¹ Absorptionsbanden der Silikate Pyroxen und Olivin halfen dabei, die silikatreichen Objekte ausfindig zu machen und diese zu den S-Typen zu zuordnen. Diese Absorptionsbanden sind Wellenlängenintervalle, die die kurz- oder langwellige Strahlung mittels Gasen aus der Umgebung auslesend absorbieren.²² Da jedoch bei metallreichen oder auch kohlenstoffreichen Planetoiden, die oben erklärten Absorptionsbanden nicht

18 Allan Fallow et al, S.72

19 Dr. Rainer Kayser et al, S.58

20 Allan Fallow et al, S.73

21 Dr. Rainer Kayser et al, S.58

22 www.spektrum.de/

vorhanden waren, wurde die Helligkeit der Lichtkurven unter sichtbarem ultraviolettem und infrarotem Licht miteinander verglichen, sodass die Klassifizierung der Asteroiden von Clark Chapman im Jahr 1975, in Hinblick auf diverse Minerale und das unter ihnen reflektierte Licht, erstellt wurde.²³

3.1.5 Infrarotbeobachtungen

Bei den Infrarotbeobachtungen mit speziellen Infrarot-Teleskopen erscheinen metallreiche Asteroiden deutlich kühler im Vergleich zu Gesteinsasteroiden, was vermutlich an der temperaturabhängigen Leitfähigkeit liegt.²⁴ Metall ist somit ein besserer Wärmeleiter als Gestein. Erklärt wird die Entdeckung damit, dass die Sonnenstrahlen in tiefere Schichten des metallischen Körpers eindringen und diese dort absorbiert werden.

3.2 Raumsonden

Untersuchungen, die von der Erde aus durchgeführt werden, reichen oft leider nicht aus, um ein klares Bild über einen Asteroiden oder andere Himmelskörper wie Kometen zu erzeugen. Da Asteroiden jedoch Überbleibsel aus der Entstehungszeit des Sonnensystems sind, sind Wissenschaftler besonderes daran interessiert, diese auf ihre chemischen Zusammensetzungen sowie die Eigenschaften dieser gefundenen Mineralien zu erforschen.²⁵ Künstliche Flugkörper, wie Raumsonden, werden genau dafür ins Weltall geschickt. Dabei findet man sie außerhalb der Erdumlaufbahn beim Sammeln von Daten, aber auch von Proben von Partikeln. Raumsonden bewegen sich frei im Sonnensystem, werden in eine Umlaufbahn eines Himmelskörpers eingeschwenkt oder können sogar auf einem Objekt landen.²⁶ Bei dem Vergleich der NEAR-Shoemaker Raumsonde mit der Dawn Raumsonde und der GALILEO Raumsonde fällt

23 Allan Fallow et al, S.73

24 www.aerosieger.de/

25 www.esa.int/

26 www.demokratiewebstatt.at/

auf, dass sich diese ähneln. Zu der Ausstattung der NEAR²⁷ Raumsonde gehört ein Magnetometer, ein Röntgen- und Gammastrahlenspektrometer, ein Laser-Entfernungsmesser, Infrarotsensoren und eine hoch empfindliche elektronische Kamera, die notwendig ist, um feine und winzige Einzelheiten der Himmelskörper zu erkunden.²⁸ Der Magnetometer, der Magnetfelder misst, wird hier als Lagesensor eingesetzt, der die Orientierung und Lage im 3-dimensionalen Raum zur Erde festhält. Mit den Röntgen- und Gammastrahlenspektrometer wird das elektromagnetische Spektrum, also die Gesamtheit aller elektromagnetischen Wellen diverser Wellenlängen, gemessen²⁹, während die Infrarotsensoren dabei die Wellenlängen messen, die für das menschliche Auge nicht sichtbar sind.³⁰ Der Laser-Entfernungsmesser ist durch seinen Laser in der Lage, eine sehr präzise Erdmessung durchzuführen, die bei der genauen Bestimmung der Umlaufbahn der Raumsonde. Auch bei den Raumsonden DAWN und GALILEO lassen sich Instrumente wiederfinden, die zur Analyse der Magnetfelder, der UV-Strahlung und elektrisch geladener Teilchen dienen.³¹

4 Asteroidentypen

Die Klassifizierung der Asteroiden erfolgt „anhand ihrer chemischen Zusammensetzung, ihrer Farbe und ihres Reflexionsvermögens“^{32,33}. Obwohl sich diese aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Körper als schwierig erwies und man zwischen mindestens 14 Kategorien unterscheiden muss, kristallisierten sich drei Hauptklassen an Asteroidentypen heraus.³⁴ Die Objekte der S-Klasse reflektieren eine langwellige, rötliche Strahlung und bestehen aus Olivin, einem Silikatmineral.³⁵ Zusätzlich ist dieses Mineral von einem Nickeleisen-Kern umgeben. Die starke Erhitzung durch die

27 NEAR ist eine Abkürzung und steht für: Near Earth Asteroid Rendezvous (Allan Fallow, S.50)

28 www.heise.de/

29 www.wikipedia.de/

30 www.infrarot-guide.de/

31 www.wikepedia.de/

32 Allan Fallow et al, S.64

33 Ebd. S.64

34 Allan Fallow et al, S.75

35 Allan Fallow et al, S.64

Sonnenstrahlung bewirkte den Verlust von leicht flüchtigen Segmenten und zu Eis gefrorener Gase.³⁶ Im Hauptgürtel machen sie 15% der vorhandenen Objekte aus.³⁷ Kleinplaneten, die eine silberne oder schwarze Farbe und einen Eisen-Nickelkern besitzen, gehören zu der metallreichen M-Klasse. Die M-Typen gingen wahrscheinlich aus Zusammenstößen von S-Asteroidentypen hervor und haben einen 10%igen Anteil im Hauptgürtel. Des Weiteren sind die sogenannten C-Typen mit 75% im Asteroidenhauptgürtel vertreten und enthalten eine Oberfläche aus kohlenstoffreichen Tonmineralen.³⁸ Diese sind durch ursprünglichen Kontakt mit Wasser verändert und vereinzelt abgebaut worden. Vor allem kohlenstoffreiche Asteroiden konnten den Wissenschaftlern bei der Erforschung des Sonnensystems helfen, da diese nie auf die Schmelztemperaturen erhitzt wurden³⁹ und somit ihre wesentlichen Bestandteile, wie Wassereis und Kohlenstoff beibehielten.⁴⁰ Eine weitere spannende Asteroidengruppe ist die der Vesta-Klasse. Diese besteht aus Asteroiden, die mehrere Übereinstimmungen haben und vermutlich Bruchstücke des Asteroiden Vesta sind.⁴¹ Sie besitzt Spuren von geschmolzenem Gestein⁴² und besteht aus dem Basaltgestein, was darauf hinweist, dass flüssige Lava zu finden war.⁴³ Als Erklärung für die flüssige Lava wurden zwei Theorien aufgestellt: Entweder erfolgte eine Aufheizung bis zum Schmelzpunkt, die für das Auftreten von Lava notwendig ist, durch den spontanen Zerfall im Inneren des Körpers von radioaktivem Aluminium oder sie erfolgte durch die Sonne, die sich zum damaligen Zeitpunkt 50-mal schneller gedreht und eine Erwärmung erzeugt hatte.⁴⁴

36 Ebd. S.76

37 Ebd. S.64

38 Ebd. S.75

39 Ebd. S.65

40 Ebd. S.76

41 www.de.wikipedia.org/

42 Allan Fallow et al, S.76

43 Ebd. S.75

44 Ebd. S.76

5 Erwähnenswerte Asteroiden

Im Laufe der Jahrhunderte stießen Astronomen auf Planetoiden, die sich durch ihre Eigenschaften von den meisten Körpern unterscheiden.

5.1 Ceres

Am 01.01.1801 wurde Ceres, der erste wahrgenommene Kleinplanet, von dem italienischen Astronom Giuseppe Piazzi im Asteroidenhauptgürtel entdeckt.⁴⁵ Er enthält einen Kern aus Silikatgesteinen und Metallen und vermutlich eine Schicht im Inneren des Mantels, die aus flüssigem Wasser besteht. Ceres, der massereichste Asteroid, hat eine äußere 15 Kilometer dicke Kruste aus Wassereis und Gestein. Bei genauerem Beobachten des Asteroiden konnte man feststellen, dass Ceres temporär eine dünne Atmosphäre ausbildet, die je nach Entfernung zur Sonne auftritt. Durch das ESA-Weltraumobservatorium Herschel konnten Forscher bezeugen, dass bei der Entfernung zur Sonne vermutlich Wasser auf dem Asteroiden zu finden ist, da es in der Nähe der Sonne kondensiert und Wasserdampf ausfindig gemacht werden kann. Der Wasserdampf kann durch dunkle Flecken aus der Oberfläche entschwinden. Gamma Ray and Neutron Detector (GRaND)⁴⁶ der NASA-Raumsonde Dawn zeigen ähnliche Ergebnisse auf. Diese Sonde konnte am 6. März 2015 zusätzlich aus immer niedrig werdender Umlaufbahn erkennen, dass der Himmelskörper eine dunkle Schicht aus „feinkörnigen Partikeln von Mineral-, Glas- und Gesteinsfragmenten“⁴⁷, also eine Regolithschicht⁴⁸ besitzt. Ceres reflektiert neun Prozent der Sonnenstrahlung und beträgt damit ein Reflexionsvermögen von 0,09. Detailreiche Bildaufnahmen und spektroskopische Untersuchungen zeigen, dass der sich auf Ceres befindende Krater Occator, aus dem Salz Natriumcarbonat besteht. Dieser „beträgt 92 Kilometer, und er ist circa vier Kilometertief“⁴⁹. Bei der

45 www.astropage.eu/

46 Ein Instrument der Raumsonde, das bei der Erforschung hilft(www.de.wikipedia.org/)

47 www.heise.de/

48 www.astropage.eu/

49 www.astropage.eu/

Kollision zwischen Ceres und einem weiteren Asteroiden müsste das Salz aus tieferen Schichten des Inneren des Kleinplaneten gekommen und an der Oberfläche gefroren sein. Eine ebenfalls besondere Erkennung ist, dass Ceres einen Berg besitzt, der 20 Kilometer Durchmesser hat und die Höhe von fünf Kilometern beträgt. Der Name des Berges lautet Ahuna Mons und es ist ein Kryovulkan; anstatt flüssiger Lava würden dementsprechend andere Stoffe, wie zum Beispiel Wasser, austreten. Neben dem Krater Occator zeigen Forscher auch viel Interesse an dem Krater Oxo. Dieser enthält nämlich Wasser, wahrscheinlich in Form von Wassereis oder mit anderen Mineralstoffen.

5.2 Eros

Bei der Mission der Raumsonde NEAR-Shoemaker zwischen dem 14. Februar 2000 und dem 12. Februar 2001 wurden detaillierte Nahaufnahmen des Kleinplaneten Eros aufgenommen, durch die sensationelle Erkenntnisse in Erfahrung gebracht werden konnten.⁵⁰ Der erdnahe Asteroid zeigt parallel eigene Rillen, die darauf hindeuten, dass Eros ein Bruchstück eines Körpers ist. In den einzelnen Vertiefungen auf der Oberfläche des Objektes konnte man eine bläuliche Staubschicht und bewegliche Teilstücke diverser Größen erkennen.⁵¹ Grundsätzlich weist Eros eine hohe Kraterdichte auf, wodurch er als sehr alt bezeichnet werden kann.⁵² Des Weiteren ließen sich viele Krater auf Kollisionen mit starken Geschwindigkeiten zurückführen. Zusätzlich besitzt der kartoffelförmige Asteroid mehr als eine Million enorme Felsbrocken. Auf seiner Oberfläche sind helle und dunkle fleckenartige Bereiche zu finden, was aufzeigt, dass einige Teile von Eros unterschiedliche Entstehungszeiten haben. Die hellen Stellen stehen für spätere Einschläge oder für hochgelegene Stellen, die aufgrund von einem anderen Einschlag verursacht wurden. Die dunklen Stellen sind währenddessen „auf sehr langsame chemische Reaktionen

50 Dr. Rainer Kayser et al, S.50

51 www.heise.de/

52 Dr. Rainer Kayser et al, S.50

[zurückzuführen], die unter dem Einfluss des Sonnenwinds und Einschlägen von Mikrometeoriten stattfinden“^{53,54}.

5.3 Matilde

Durch den Asteroiden Matilde, der einen riesigen Krater, mit beinahe derselben Größe wie der Durchmesser des Asteroiden aufweist, stellten Wissenschaftler zum ersten Mal die Theorie auf, dass Asteroiden keine festen Körper sind, sondern Anhäufungen von Trümmerstücken, die durch eine schwache Scherkraft zusammenhalten.⁵⁵ Der Durchmesser von Matilde beträgt 53 Kilometer und der Planetoid befindet sich im Asteroidengürtel. Sie wurde ebenfalls wie Eros von der NEAR-Shoemaker Raumsonde angesteuert, die dann Fotografien auf die Erde schickte. Der Asteroid hat eine sehr dunkle Oberfläche und hat vermutlich eine ähnliche chemische Zusammensetzung wie „die kohligen Chondrite, die zu der Gruppe der kohlenstoffhaltigen Steinmeteoriten“ gehören. Auffällig ist außerdem ein zehn Meter tiefer Krater, der die Oberfläche von Matilde ziert.⁵⁶

5.4 Ida

Ida ist ein silikatreicher⁵⁷ und stark verkrateter⁵⁸ Asteroid und wurde am 29. September 1884 in Wien von Johann Palisa entdeckt. Er gehört zu der Koronis-Asteroidenfamilie.⁵⁹ Sein Reflektionsvermögen beträgt 0,21⁶⁰ und er hat einen Durchmesser von 30 Kilometern. Der unregelmäßig geformte Asteroid ist der erste sich im Asteroidengürtel befindende, der einen Mond besitzt. Dieser heißt Dactyl und wurde erst am 28. August 1993 durch die Raumsonde GALILEO entdeckt.⁶¹ Dactyl ist 104 Kilometer von Ida entfernt und hat einen mittleren Durchmesser von 1,4 Kilometern. Zusätzlich lässt

53 Dr. Rainer Kayser et al, S.50

54 Ebd. S.50

55 Dr. Rainer Kayser et al, S.51

56 www.wikipedia.de/

57 Dr. Rainer Kayser et al, S.55

58 www.atstrokrankiste.de

59 Asteroiden, die den gleichen Ursprung haben, gehören zur gleichen Familie (Dr. Rainer Kayser et al, S.25)

60 Dr. Rainer Kayser et al, S.56

61 Dr. Rainer Kayser et al, S.55

sich sagen, dass er vermutlich einen Tag benötigt, um Ida zu umrunden.⁶² Die unterschiedlichen Farben von Ida und Dactyl weisen darauf hin, dass der Mond kein Bruchstück Idas ist, wie zuerst angenommen wurde, sondern beide gleichzeitig entstanden. Auch die Tatsache, dass das Verhältnis der Minerale Pyroxen- zu- Olivin von Dactyl höher ist als das bei Ida, deutet drauf hin. Zusätzlich gehen Forscher davon aus, dass sie denselben Mutterkörper teilen. Die Oberfläche Idas besitzt ebenfalls keine einheitliche Farbe. Der Körper enthält Regionen, die rötlicher und auch dunkler sind als andere. Die blässeren Stellen auf Ida wurden vermutlich durch die Verwitterung durch die Umgebung verursacht. Ein Beispiel hierfür wäre die Sonnenstrahlung oder die kosmische Strahlung. Des Weiteren wurden Gesteinsbrocken auf Ida gefunden, die durch Kollisionen verursacht wurden und Ida danach umkreisen. Durch Spuren auf der Oberfläche Idas, die für einen Aufprall beziehungsweise eine Landung stehen könnten, geht man davon aus, dass Ida diese Brocken wieder einsammelt.⁶³

5 Schluss

Durch die oben genannten Fernerforschungen und der Ergebnisse der Raumsonden über die Asteroiden konnten Wissenschaftler viele Erkenntnisse über unser Sonnensystem, besonders über dessen Anfangsphase, gewinnen. Es zeigt sich, dass Asteroiden bis heute unfassbar spannende Himmelskörper sind, die einen großen Fortschritt in Bezug auf unser Verständnis für das Universum ermöglicht haben.

62 www.astrokramkiste.de/

63 Dr. Rainer Kayser et al, S.56f

Anhang

Literatur- und Quellenverzeichnis

Fachliteratur

- DR. KAYSER, RAINER et al, Kometen und Asteroiden, Westermann Druck GmbH, Braunschweig, 2003
- FALLOW, ALLAN et al, Kometen, Asteroiden und Meteoriten, Time-Life Books Inc., Tennessee, USA, 1990

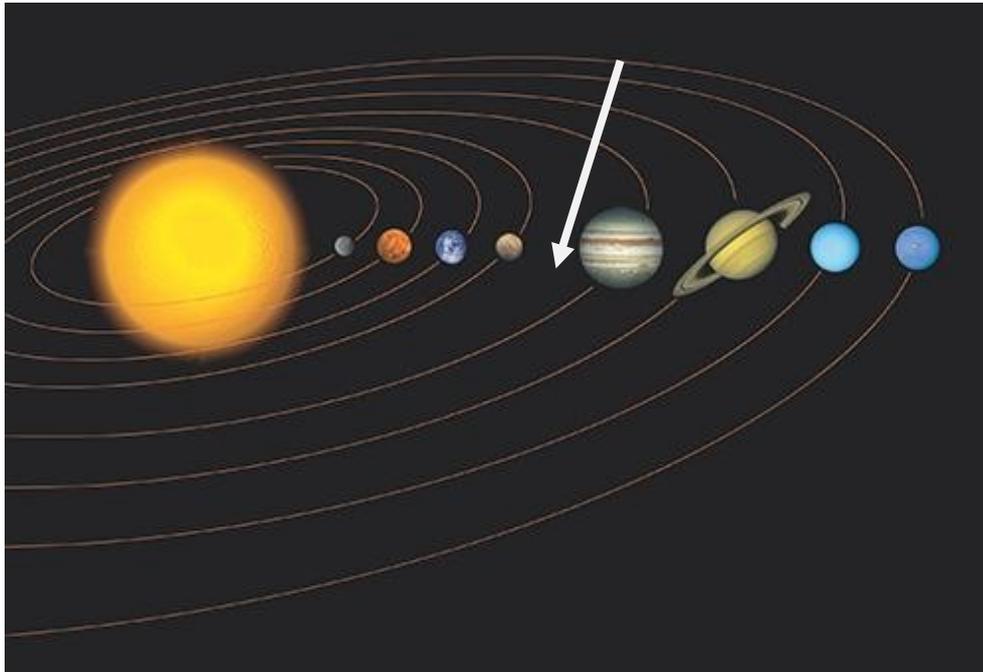
Internetseiten

- FESTL/FLORIAN, Vesta besitzt zwiebelartigen Aufbau, https://www.focus.de/wissen/weltraum/tid-22961/astonomie-vesta-besitzt-zwiebelartigen-aufbau_aid_646196.html, Stand: 01.03.2020
- DR. LINGENHÖL, DANIEL/ DR. MÜLLER, ANDREAS, Absorptionsbanden, <https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/absorptionsbanden/66>, Stand: 01.03.2020
- UNBEKANNT, [https://de.wikipedia.org/wiki/Galileo_\(Raumsonde\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Galileo_(Raumsonde)) Stand: 01.03.2020
- UNBEKANNT, [https://de.wikipedia.org/wiki/Dawn_\(Raumsonde\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Dawn_(Raumsonde)) Stand: 01.03.2020
- UNBEKANNT, https://de.wikipedia.org/wiki/NEAR_Shoemaker
- UNBEKANNT, <https://de.wikipedia.org/wiki/Magnetometer>
- UNBEKANNT, <https://de.wikipedia.org/wiki/Spektrometer>
- UNBEKANNT, https://de.wikipedia.org/wiki/Satellite_Laser_Ranging
- KUBISCH, THOMAS, Ceres, <https://www.astropage.eu/sonnensystem/zwergplaneten/ceres/>, Stand: 01.03.2020

- NAICA-LOEBELL, ANDREA, Eros ist überraschend attraktiv, <https://www.heise.de/tp/features/Eros-ist-ueberraschend-attraktiv-3452758.html>, Stand: 01.03.2020
- BÖHM-SCHWEIZER, DENISE, Asteroiden, <https://astrokramkiste.de/asteroiden>, Stand: 01.03.2020
- UNBEKANNT, Raumsonden erkunden Asteroiden und Kometen http://www.esa.int/Space_in_Member_States/Germany/Raumsonden_erkunden_Asteroiden_und_Kometen, Stand: 01.03.2020
- UNBEKANNT, Satelliten und Sonden- erforschen, übermitteln und überwachen, <https://www.demokratiewebstatt.at/thema/thema-wem-gehört-der-weltraum/satelliten-und-sonden-erforschen-uebermitteln-und-ueberwachen/>, Stand: 01.03.2020
- CARSTENS, OLAF et al, elliptisch, <https://www.duden.de/rechtschreibung/elliptisch>, Stand: 02.03.20
- UNBEKANNT, ASTEROID, <https://de.wikipedia.org/wiki/Asteroid>, Stand: 02.03.20
- UNBEKANNT, Dawn (Raumsonde), [https://de.wikipedia.org/wiki/Dawn_\(Raumsonde\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Dawn_(Raumsonde)), Stand: 02.03.20

Darstellungsquellen

Der Asteroidengürtel befindet sich zwischen den Umlaufbahnen von Mars und Jupiter



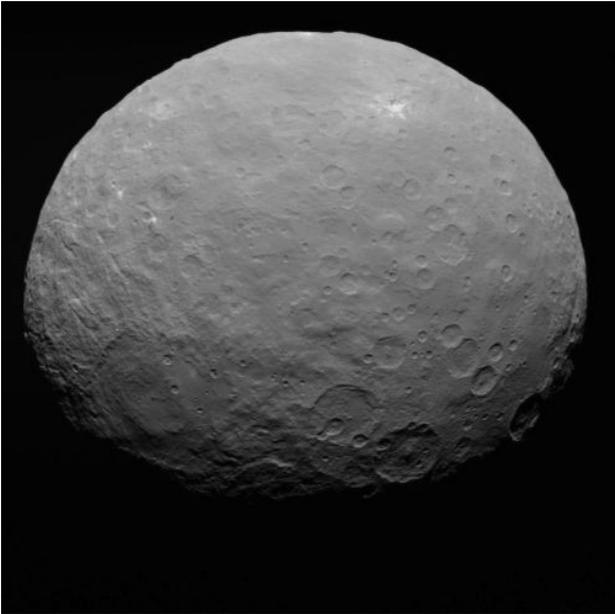
- LAUDAGE, CARINA/ HELLERMANN, BERND, Unser Sonnensystem im Weltraum, <https://www.geo.de/geolino/forschung-und-technik/4917-rtkl-weltraum-unser-sonnensystem>, Stand: 02.03.2020

Ida mit Dactyl (auch auf dem Deckblatt zu sehen)



- UNBEKANNT, [https://de.wikipedia.org/wiki/\(243\)_Ida](https://de.wikipedia.org/wiki/(243)_Ida) ,
Stand: 02.03.2020

Ceres



- KÜBISCH, THOMAS,
<https://www.astropage.eu/sonnensystem/zwergplaneten/ceres/>,
Stand: 02.03.2020

Matilde



- STRYK, TED, https://www.planetary.org/multimedia/space-images/small-bodies/mathilde_galileo.html, Stand: 02.03.2020

Eros



- UNBEKANNT,
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/e/e5/Eros_-_PIA02923_%28color%29.jpg/320px-Eros_-_PIA02923_%28color%29.jpg, Stand: 02.03.2020

Versicherung der selbständigen Erarbeitung und Anfertigung der Facharbeit

Hiermit versichere ich, dass ich die Arbeit selbständig angefertigt, keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt und die Stellen der Facharbeit, die im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt aus anderen Werken (auch aus dem Internet) entnommen wurden, mit genauer Quellenangabe kenntlich gemacht habe. Verwendete Informationen aus dem Internet sind nach Absprache mit der Fachlehrerin bzw. dem Fachlehrer vollständig im Ausdruck zur Verfügung zu stellen.

Bramsche, den 03.03. 2020

Unterschrift der Schülerin / des Schülers : _____

Einverständniserklärung zur Veröffentlichung

Hiermit erkläre ich, dass ich damit einverstanden bin, wenn die von mir verfasste Facharbeit der schulinternen Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird.

Bramsche, den 03.03.2020

Unterschrift der Schülerin / des Schülers: _____