

Kurs 1 – Asteroiden: Gefahr aus dem All?



Unser Kurs

Anna Z. ergriff in Kleingruppen oft die Initiative und blieb dabei ruhig und gelassen. Sie überzeugte uns von unseren Ideen und brachte sich gut mit ein. Ihr herausragendes Merkmal waren ihre vielen Lachflashes, denn sie lachte gern, viel und vor allem sehr lang, unter anderem auch beim Üben der Präsentation.

Clemens Obwohl Clemens eher still war, hatte er jedes Mal eine tolle Idee, wenn wir nicht mehr weiter wussten. Er blieb gelassen und hatte dabei meistens ein verschmitztes Lächeln auf dem Gesicht. Seine Naturverbundenheit zeigte sich sowohl bei der Suche des Asteroidenkraters als auch bei der Erkundung des Steinbruchs am Ausflugstag.

Elias Anfangs wusste niemand wirklich, wer Elias war. Viele dachten auf Grund seines Namensschildes, er heiße Myriam. Für

uns war er jedoch Steven Spielberg: der Regisseur unserer Dokumentationsfilme und Meister des Filmschnitts. Außerdem förderte er den Gruppenzusammenhalt am Anfang der Akademiezeit durch die Einführung einer neuen Sitzordnung. Bei unseren kreativen Aktivitäten fiel er oftmals dem Sprühkleber zum Opfer.

Franzi war die Organisatorin unseres Kurses, sie behielt immer den Durchblick und trieb die Arbeit wesentlich voran. Sie war eine wahre Motivationsbombe, immer gut gelaunt und ein nie endender Wirbelsturm an Energie. Bei Bastelarbeiten war sie voll in ihrem Element und bei der Stickstoff-Eis-Aktion hatte sie ihre Nase ganz weit vorne.

Hannah Auch Hannah war bei allem vorn dabei und probierte die Experimente als Erste aus. Sie war sozusagen unser Versuchska-

ninchen. Dabei zerstörte sie auch mutwillig Akademieeigentum mit flüssigem Stickstoff. Sie blieb jedoch immer kritisch und verhinderte, dass unrealistische Ideen in unser Konzept aufgenommen wurden.

Jonathan war der Sprücheklopfer des Kurses und lockerte so die Stimmung auf. Durch seine nette und leicht verrückte Art brachte er immer Schwung in unsere Aktionen. Er wollte sich als Nachtaufsicht betätigen, wobei wir vermutlich viel Spaß gehabt hätten. Von ihm stammt unter anderem die wage- mutige Idee, bei einem Nachtreffen unseres Kurses aus dem Flugzeug zu springen.

Jürgen war unser Astronomie-Profi. Er sorgte für das nötige Fachwissen und trug mit seinem Spiegelteleskop zur Arbeitsausrüstung bei. Bei der Vorbereitung der Sommerakademie erstellte er die komplizierteste Präsentation, wobei er wahre Zungenbrecher richtig aussprach. Außerdem führte er die Tradition fort, dass sich jedes Jahr bei der Nachtwanderung eine Gruppe verläuft.

Lena war der Sonnenschein und der ausgeglichene Pol in unserem Kurs. Sie förderte das Kursklima entscheidend und sorgte für gute Zusammenarbeit. Des Weiteren betätigte sie sich als Designerin unserer Kurs-Shirts und im Nachhinein merkten wir, wie sehr wir sie am Eröffnungswochenende vermisst hatten.

Leo auch bekannt unter dem Namen Leonator, war immer relaxed mit einem Lachen dabei und lockerte die Stimmung des Kurses auf. Gerade weil er ein so toller Typ war, haben wir ihm gleich verziehen, dass er unseren Eimer beim Sportfest umgeworfen hat. Außerdem war Leos Präsentationsstil einfach nur klasse.

Luise war unsere Lachkönigin und Limbo-Meisterin. Durch ihre lustige und verrückte Art munterte sie alle auf und motivierte uns zum Weitermachen, wenn mal die Luft raus war. Bei unserem großen Abwurfversuch fand sie nach langer Suche unseren Einschlagskrater und bei den Stickstoffversuchen aß sie sogar gefrorene Kekse.

Markus war unser Perfektionist. Er sorgte dafür, dass unsere Abschlusspräsentation so

toll wurde und gut über die Bühne ging. Er hat einen großen Teil zur Arbeit beigetragen und war bei allem mit Engagement dabei. Mit seiner Lebensfreude übernahm er auch die Rolle des Kursmotivators beim Sportfest.

Riza Über Sterne wusste Riza alles. Sie war immer interessiert und gut gelaunt und lieferte dabei hervorragende Ideen. Als Ninja-Meisterin zweifeln wir nicht daran, dass sie selbst mit einer Sonnenfinsternis-Brille bei Nacht bei „Ninja“ gewinnen würde. Sie war nicht nur das Karate-Kid unseres Kurses, sondern auch ein Powergirl und zeigte uns, wo's langgeht.



Unsere Astro-Girls.

Anna K. Unsere Schülermentorin Anna ist die Beste, die es jemals gab. So gut gelaunt, lustig und liebenswürdig wie sie war, hat sie alle Aktionen mitgemacht, egal wie verrückt sie waren. Sie war unser kurseigener Paparazzo und scheute dabei nicht einmal davor zurück, unseren großen Abwurf aus dem Flugzeug heraus zu dokumentieren. Sie versorgte uns sowohl mit Süßigkeiten als auch mit Massagen und war dabei immer ehrlich und aufrichtig.

Carolyn Unsere nette Kursleiterin Carolyn ist sehr ideenreich. Sie sorgte für einen Großteil der Kursausstattung sowie auch für tolle Versuche wie das Tiramisu-Modell. Mit guter Laune und Optimismus blieb sie trotzdem immer realistisch. Damit hielt sie uns auf dem Boden und bewahrte uns vor zu großem Übermut. Wenn wir mal nicht weiter wussten, hatte sie immer einen passenden Vorschlag.

Dominik Unser Kursleiter Dominik motivierte uns mit jedem Wort. Er war immer überzeugt von uns und vertraute darauf, dass wir die Besten sind und alles schaffen können. Er stand uns die ganze Zeit über mit gutem Rat zur Seite und blieb immer bei guter Laune. Außerdem sorgte er durch unvergessliche Zitate für eine lustige Zeit. Und wo Dominik ist, ist die Cola nicht weit ...

Vorwort

ANNA KANDZIORA

Als wir uns das erste Mal am Eröffnungswochenende trafen, waren wir einfach nur ein bunter Haufen Teilnehmer mit zwei Kursleitern und einer Schülermentorin. Niemand kannte sich, und alle waren noch etwas schüchtern. Wie waren die anderen so? Würde ich im Kurs mithalten können? All diese Sorgen verschwanden in den ersten Tagen der Sommerakademie. Dank toller Gruppenspiele wie Ninja und dem gordischen Knoten wuchsen wir zu einer Gemeinschaft zusammen. Außerdem lockerten ich als Kurs-Papparazzi beim fotografieren und einige Teilnehmer mit ihrer guten Laune immer wieder die Stimmung im Kurs auf. Süßigkeiten retteten uns in allen schwierigen und nervenaufreibenden Situationen.

So gelang es uns noch so schwere Aufgaben gemeinsam zu lösen und tolle Dinge zu erleben. Von Theorie bis hin zu Experimenten und sogar dem Abwerfen eines Modellasteroiden aus dem Flugzeug war alles dabei. Aber davon sollen die Teilnehmer selbst erzählen.



Der gordische Knoten

Entstehung und Aufbau unseres Sonnensystems

CLEMENS LINK, LUISE NOTTMAYER

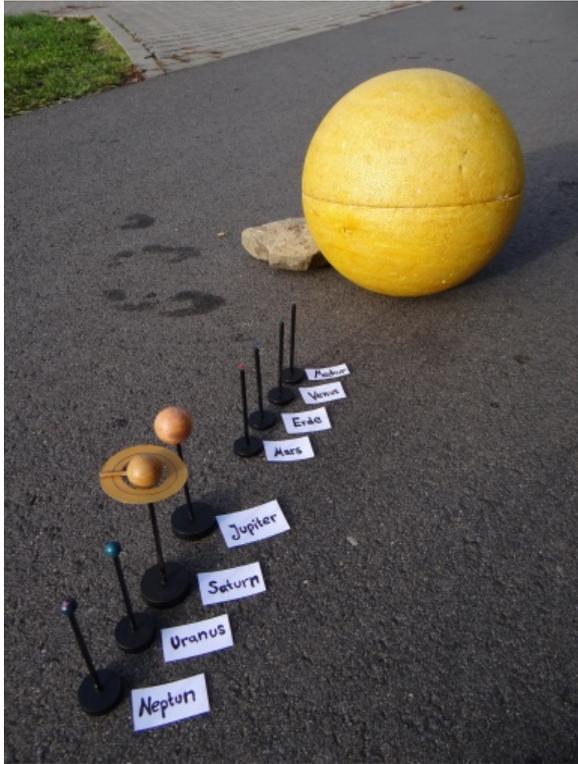
Die Entstehung der Sonne und der Planeten

In unserem Kurs wollten wir uns also mit Asteroiden – ihrer Entstehung, ihren Eigenschaften, ihrer Beobachtung, aber auch mit den Gefahren, die von Asteroideneinschlägen auf der Erde ausgehen können – befassen. Um zu verstehen, was Asteroiden eigentlich sind, ist aber zuerst eine kleine Zeitreise zurück bis zur Entstehung des Sonnensystems nötig.

Gas- und Staubwolken sind die Kinderstuben der Sterne, in ihnen liegen die sogenannten Sternentstehungsgebiete. Auch unser Sonnensystem entstand vor über 4,5 Milliarden Jahren aus einer solchen Wolke! Mit der Zeit begann die Wolke, sich zu drehen und sich zusammenzuziehen. In der Mitte der sich verdichtenden Materie entstand schließlich die Sonne, unser Stern. Außerdem bildete sich eine Gas- und Staubscheibe aus der darum liegenden Materie, deren Partikel sich an einigen Stellen sammelten und zu größeren Körpern verdichteten. Durch ihre eigene Schwerkraft oder bei Kollisionen sammelten diese Körper immer mehr Masse an. Diese Planetenvorläufer hatten meistens eine sehr kurze Lebensdauer, denn sie stießen oft mit anderen ihrer Art zusammen.

Schließlich kristallisierten sich die acht Planeten heraus, die wir heute kennen: Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, die im Gegensatz zu den kleineren Körpern fast kreisförmige Umlaufbahnen besitzen. Man kann sie sich mit dem Spruch „Mein Vater Erklärt Mir Jeden Samstag Unseren Nachthimmel!“ merken.

Pluto zählt heute nicht mehr zu den Planeten: Seine Bahn weicht stark von einem Kreis ab, er ist nicht groß genug und es gibt zu viele ähnlich große Objekte in seiner Nähe, die er um als Planet zu gelten bereits „aufgesammelt“ haben müsste. Deshalb wird er als Zwergplanet eingestuft.



Modell unseres Sonnensystems mit maßstabsgetreuen Größen von Sonne und Planeten.

Asteroiden, Kometen, Meteore und Meteorite

Im 18. Jahrhundert hatten sich Wissenschaftler überlegt, dass in der Lücke zwischen Mars und Jupiter offenbar ein weiterer Planet fehlt. Die starke Gravitationskraft des großen Jupiter und ihr Wechselspiel mit der Schwerkraft der Sonne hatte die Entstehung eines weiteren Planeten verhindert. Stattdessen bildete sich dort der Asteroidengürtel, in dem sich der größte Teil der Asteroiden befindet. Dabei handelt es sich um Gesteinsbrocken, deren Hauptunterschied zu den Planeten ist, dass sie zu klein sind, um eine Kugelform zu bilden. Der Asteroidengürtel ist also ein Überbleibsel der Geburt unseres Sonnensystems und zeugt somit von dessen Entstehung, deshalb sind Asteroiden auch sehr interessante Forschungsobjekte.

Kein Asteroid hat auch nur annähernd die Größe der Erde, ihr Durchmesser liegt meistens unter 50 km. Ceres, das größte Objekt im Hauptgürtel, hat einen Durchmesser von ca. 1000 km und zählt bereits zu den Zwergplaneten. Au-

ßerhalb der Neptunbahn existiert ein weiterer Gürtel, der nach dem Astronomen Gerard Kuiper benannte Kuiper-Gürtel. Dort befinden sich nicht nur Asteroiden und mehrere Zwergplaneten wie Pluto oder Eris, sondern auch viele Kometenkerne. Weit außerhalb des Kuiper-Gürtels befindet sich noch die sogenannte Oortsche Wolke, aus der Kometen mit sehr langen Umlaufzeiten stammen. Kometen bilden bei ihren Vorbeiflügen an der Sonne einen Gas- und einen Staubschweif und können deshalb sehr auffällig sein. Man nennt Kometen aufgrund ihrer Zusammensetzung auch „schmutzige Schneebälle“.

Es kommen auch Asteroiden außerhalb der beiden Gürtel vor, zum Beispiel die sogenannten Trojaner. Außerdem gibt es die Near Earth Objects (kurz: NEOs), die in der Nähe der Erde ihre Bahnen ziehen. Einige haben sogar Bahnen, die der Erdumlaufbahn bedrohlich nahe kommen oder sie sogar kreuzen, sodass dabei auch Kollisionen mit der Erde möglich sind. Um zusammenzuprallen, müssten sie jedoch genau zur selben Zeit am selben Punkt sein wie die Erde, was sehr selten der Fall ist. Da die Bahnen außerdem oft nicht in derselben Ebene wie die der Erde liegen und von der Kreisform deutlich abweichen können, unterscheiden sich auch ihre Umlaufzeiten von denen der Erde. So stellen manche NEOs auf lange Sicht durchaus eine Gefahr für die Erde dar, da irgendwann der Zeitpunkt gekommen sein wird, an dem sie mit der Erde kollidieren.

Noch kleinere Körper im Sonnensystem nennt man Meteoroiden. Ihre Größe liegt zwischen der eines Staubkorns und mehreren Metern. Wenn Meteoroiden in die Erdatmosphäre eintreten, kann man Leuchterscheinungen am Himmel sehen, die von Astronomen „Meteore“ und volkstümlich „Sternschnuppen“ genannt werden.

Himmelskörper, die auf der Erde aufgeschlagen sind, nennt man Meteoriten. Man unterscheidet hierbei zwischen Eisen- und Steinmeteoriten, die mit etwas Glück in allen Gebieten der Erde auffindbar sind. Oft kommen diese Körper ursprünglich aus dem Asteroidengürtel, sie können aber auch von anderen Himmelskörpern stammen, wie dem Mars oder dem Mond. Viele

Meteorite fallen durch eine hohe Dichte und durch ihre beim Sturz durch die Erdatmosphäre geschmolzene Oberfläche auf.

Asteroiden

ELIAS HUBERT, CLEMENS LINK

Verschiedene Typen von Asteroiden

Asteroiden unterteilt man in zwei Hauptgruppen: differenzierte und undifferenzierte Asteroiden. Letztere werden auch als Schutthaufenasteroiden bezeichnet. Dabei handelt es sich meist um eher kleinere Asteroiden. Die einzelnen Gesteinsbrocken ballen sich unter gegenseitiger Anziehung zusammen und bilden so einen mehr oder weniger zusammenhängenden Körper. Auf der Oberfläche bildet sich mit der Zeit eine sogenannte Regolithschicht. Das ist eine Schicht aus Staub und kleineren Gesteinsbrocken. Dadurch sehen auch undifferenzierte Asteroiden von außen aus, als wären sie massiv. Größere Asteroiden, bei denen die Gesteinsansammlungen aufschmelzen konnten, sind differenziert und lassen sich durch das Zwiebschalenmodell beschreiben: Die schwereren Metalle sinken dabei nach innen ab und bilden einen Kern, während die leichten Elemente außen liegen und eine eisdurchsetzte Kruste bilden. Dazwischen findet man meist eine Mischung verschiedener Gesteine. Über die Silikat-Eis-Schicht legt sich auch hier eine Regolithdecke.

Bau von Asteroidenmodellen

Die verschiedenen Arten von Asteroiden wollten wir mittels Modellen veranschaulichen. Diese sollten sowohl zeigen, wie die Asteroiden von außen aussehen, als auch, wie sie im Innern aufgebaut sind. Dazu arbeiteten wir in vier Gruppen, die einen Zwiebschalenasteroiden, einen Schutthaufenasteroiden und die jeweiligen Querschnitte bastelten.

Die Modelle für die Ansicht von außen wurden mit Pappmaché gefertigt. Für das Grundgerüst dienten für den Zwiebschalenasteroiden zwei Farbbecher und für den Schutthaufenasteroiden ein Drahtgestell. Über das Pappmaché

streuten wir eine Regolithschicht aus Sand, Kohlenstaub, Lehm, Pulver, Mehl und anderen Materialien.



Beim Einlöten der metallischen Einschlüsse in das Schutthaufenmodell.

Für das Querschnittsmodell des differenzierten Asteroiden benutzten wir eine angemalte Glasurmurmel als Kern, eine Styroporkugel als dicke Silikatschicht und selbst hergestellte Knetmasse für die Eisschicht. In die Knete konnten wir mit den Fingerspitzen sogar Krater modellieren. Um das Querschnittsmodell des undifferenzierten Asteroiden herzustellen, mischten wir eine Art Teig an. Darin waren alle möglichen Materialien enthalten: Mehl, Lehm, Steine, Sand und vieles mehr. Dieser Teig wurde in einem Ofen „gebacken“, also ausgehärtet. Im Anschluss löteten wir Draht hinein, der Metalleinschlüsse darstellen soll. Bei beiden Modellen benutzten wir auch unsere Regolithschicht für die Oberflächen.

Raumfahrtmissionen zu Asteroiden

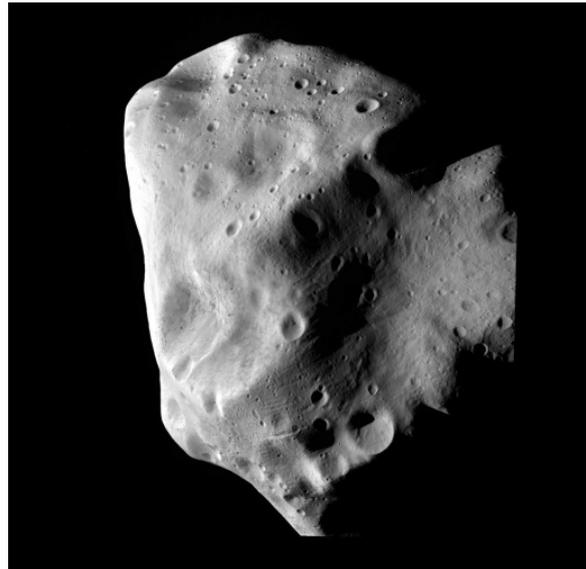
Asteroiden waren über viele Jahre hinweg in den Augen der Raumfahrtagenturen kein besonders wichtiges Ziel. Man stellte relativ schnell fest, dass diese Objekte klein und verkratert waren, und die Weltraumbehörden rechneten sich keine große Chance auf wichtige Informationen aus. Sonne, Planeten, Monde, aber auch Kometen erschienen den Astronomen als weit interessantere Objekte. Außerdem vermutete man, dass der Hauptasteroidengürtel, in dem sich die meisten größeren Objekte befinden, zu dicht mit Asteroiden, Trümmerstücken und Staub bevölkert sei, um überhaupt von einer

Raumsonde gefahrlos durchquert zu werden. Diese Annahme wurde jedoch mit Pioneer 10 widerlegt, der ersten Raumsonde, die den Asteroidengürtel kreuzte. Bei ihrer Durchquerung betrug der Abstand zum nächsten Asteroiden ungefähr 8,8 Mio. km.

Dennoch führten die Begegnungen von Raumsonden mit Asteroiden eher ein Schattendasein im Vergleich zur Erforschung der großen Planeten: Auf dem Weg zu ihrem Ziel flog die Jupiter-sonde Galileo 1991 erstmals am Asteroiden Gaspra und 1993 an Ida vorbei. Die erste Sonde, deren Hauptziel ein Asteroid war, war die NASA-Sonde NEAR aus dem Jahr 1996. Nach einem Vorbeiflug am Asteroiden Mathilde 1997 erreichte die Sonde im Jahr 2000 den Asteroiden Eros. Dabei wurden wichtige Daten über den ca. 30 km großen Gesteinsbrocken gesammelt. 2001 landete die Sonde sogar auf Eros, obwohl sie gar nicht dafür ausgelegt gewesen war. Von dort aus sendete sie noch über zwei Wochen Daten.

Nach zwei weiteren erfolgreichen NASA-Sonden (Deep Space 1, die 1999 zum Asteroiden Braille flog, und Stardust im Jahr 2002 zu Annefrank) schickte die japanische Behörde JAXA 2003 eine weitere ambitionierte Mission auf den Weg. Hayabusa sollte nicht nur auf dem Asteroiden Itokawa landen, sondern auch zum ersten Mal Bodenproben entnehmen. Trotz einiger technischer Probleme gelang die Landung 2005. Ab ihrem Rückflug im Jahr 2007 musste die Sonde wegen technischer Probleme allerdings eine drei Jahre lange Odyssee überstehen. Auch dies gelang Hayabusa. Die Rückkehrkapsel landete 2010 in Australien. Nach der Ankunft zeigte sich – entgegen vieler Erwartungen – dass die Sonde erfolgreich beim Sammeln von Proben war, die derzeit untersucht werden.

Die europäische Sonde Rosetta flog 2008 am Asteroiden Steins vorbei. Ihr eigentliches Ziel ist ein Komet, den sie voraussichtlich 2014 erreichen wird, aber bei ihrem Flug durch den Weltraum konnten auch Asteroiden untersucht werden. Dabei schoss die Sonde einige Fotos von Steins und dessen verkraterter Oberfläche. 2010 kam sie noch an dem wesentlich größeren Asteroiden Lutetia vorbei, dessen Geschichte aufgrund diverser Erdrutsche, Grate und Felsen



Der Asteroid Lutetia, fotografiert von der Raumsonde Rosetta. Bild: NASA/JPL-Caltech/JAXA/ESA

deutlich bewegter scheint.

Die neueste Asteroidensonde stammt von der NASA: Dawn, 2008 gestartet, erreichte 2011 die Umlaufbahn des großen Asteroiden Vesta. Dabei gelangen der Sonde einige Fotos, außerdem sammelte sie weitere Daten. Im September 2012 verließ die Sonde Vesta, um weiter Richtung des Zwergplaneten Ceres zu fliegen, den sie 2015 erreichen wird.

Meteoriten

JÜRGEN KLOOSS

Meteoritenklassen

Wenn man nun nicht gleich eine Raumsonde auf den Weg schicken kann, so bieten sich Untersuchungen von zur Erde gefallenem Asteroidenmaterial an, also an Meteoriten. Eine spannende Frage ist dabei, welche Arten von Meteoriten es eigentlich gibt, und auch wie man einen Meteoriten überhaupt als solchen erkennt! Meteoriten werden gemäß ihrer Zusammensetzung in drei Klassen unterteilt: die Steinmeteoriten, die Stein-Eisen-Meteoriten und die Eisenmeteoriten. Diese Klassen werden nach ihrem Aussehen und ihren Eigenschaften noch weiter unterteilt:

| Steinmeteorite | | | Stein-Eisen-Meteorite | | Eisenmeteorite | | |
|---|---|--------------------------------|-----------------------|--------------|--|------------|---------|
| Chondrite | Achondrite | Mondmeteorite Marsmeteorite | Pallasite | Mesosiderite | Oktaedrite | Hexaedrite | Ataxite |
| Gewöhnliche Chondrite Kohlige Chondrite Enstatit Chondrite Kakangari Chondrite Rumuruti Chondrite | Primitive Achondrite Differenzierte Achondrite | | | | Größte Oktaedrite Grobe Oktaedrite Mittlere Oktaedrite Feine Oktaedrite Feinste Oktaedrite | | |

- Bei den Steinmeteoriten unterscheidet man Chondrite und Achondrite, wobei sich die Achondrite durch ein vorangegangenes Aufschmelzen und die daraus resultierende Mineralientrennung und Schichtenbildung (Differenzierung) von den Chondriten unterscheiden. Als Chondren bezeichnet man Silikateinschlüsse, die Bezeichnung deutet daher auf ein eventuelles Vorhandensein solcher Einschlüsse hin.
- Die Stein-Eisen-Meteorite werden in Pallasite und Mesosiderite aufgeteilt, die einen unterschiedlichen Gehalt an den Mineralien Feldspat und Pyroxen aufweisen.



Scheibe eines Eisenmeteoriten mit Widmanstätten-schen Figuren.

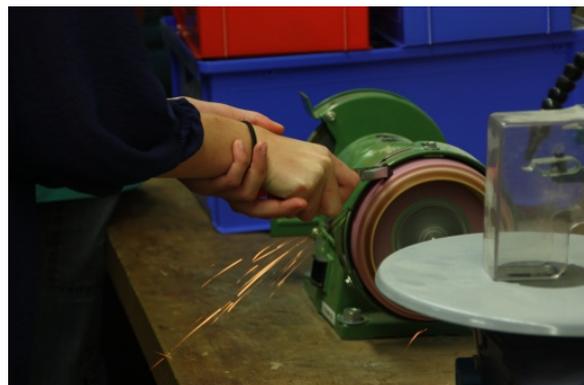
- Den Eisenmeteoriten werden die Oktaedrite, Ataxite und Hexaedrite untergeordnet, wobei nur die Oktaedrite ausgeprägte Widmanstätten-sche Figuren besitzen. Dies sind regelmäßige, sich kreuzende Linien auf der Oberfläche, die nach dem Ätzen mit konzentrierter Säure auftreten, da die zwei unterschiedlichen im Meteoriten vorkommen-

den Eisen-Nickel-Legierungen unterschiedlich stark auf Säure reagieren.

Teilweise werden die Unterklassen in Abhängigkeit ihrer chemischen Zusammensetzung noch feiner unterteilt.

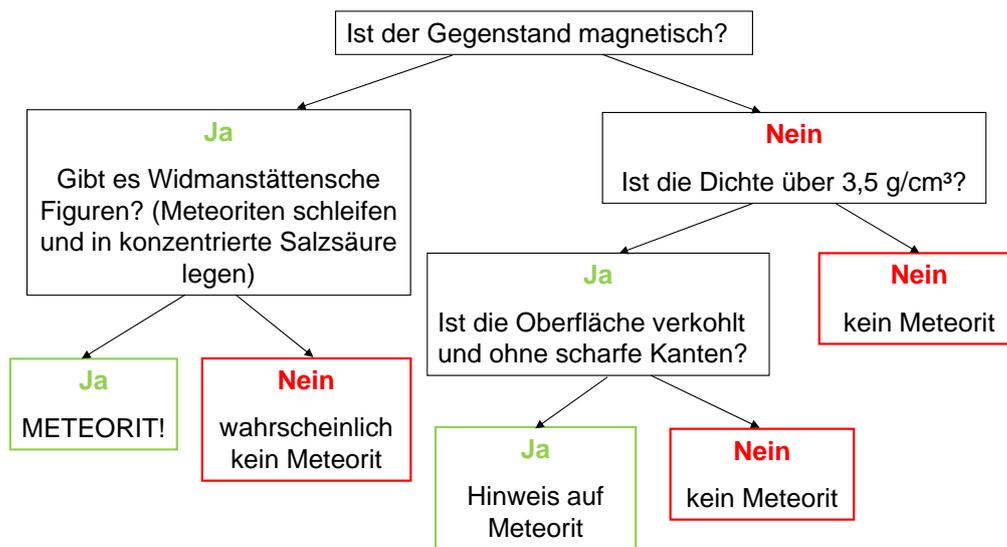
Untersuchung eines echten Meteoriten

An einem gekauften Meteoriten haben wir verschiedene Untersuchungsmethoden ausprobiert. Dabei sind wir folgendermaßen vorgegangen: Zuerst haben wir mit einem Magneten überprüft, ob der Meteorit magnetisch ist. Da dies der Fall war und es sich daher um einen Eisenmeteoriten handeln konnte, versuchten wir die Widmanstätten-schen Figuren sichtbar zu machen. Sie sind ein eindeutiges Indiz für einen Eisenmeteoriten.



Anschleifen des Meteoriten.

Dazu schliffen wir den Meteoriten an und legten ihn in konzentrierte Salzsäure (36%). Unter dem Mikroskop waren die regelmäßigen Linien gut sichtbar. Also lag der Schluss nahe, dass unser Meteorit ein echter Eisenmeteorit war.



Meteorit im Salzsäurebad.

Ein unbekannter Stein – vielleicht ein Meteorit?

Mit den erlernten Methoden überprüften wir nun einen möglichen Meteoriten auf seine Echtheit, der Carolin zur Überprüfung ans Institut geschickt worden war. Wir bewältigten hier also eine echte wissenschaftliche Aufgabe. Dazu testeten wir wieder, ob der Stein magnetisch war. Da dies nicht der Fall war, wussten wir, dass es sich wenn dann nur noch um einen Steinmeteoriten handeln konnte.

Steinmeteoriten besitzen eine typische Dichte von über $3,5 \text{ g/cm}^3$. Da diese jedoch von unserem Untersuchungsexemplar mit einem Wert von $2,4 \text{ g/cm}^3$ deutlich unterschritten wurde, konnten wir schon recht sicher ausschließen

dass es sich um einen Meteoriten handelte.

Dieser Verdacht bestätigte sich, als wir seine Oberfläche untersuchten und feststellten, dass diese sehr kantig war. Dies wäre für einen Meteoriten sehr untypisch, da die Oberfläche beim Eintritt in die Atmosphäre aufgeschmolzen und durch den Luftstrom geglättet wird.

Himmelsbeobachtungen

RIZA-MARIA BERZ, LUISE
NOTTMAYER

Nachdem wir ungeduldig auf die erste sternklare Nacht gewartet hatten, spielte das Wetter endlich mit, sodass wir unsere eigenen Erfahrungen mit dem Nachthimmel machen konnten. Wir bewaffneten uns mit Teleskopen und Ferngläsern, und da es im September nachts auch ziemlich kalt werden kann, machten wir uns dick verpackt auf den Weg zur Wiese neben dem Sportplatz.

Bevor wir uns jedoch an die Teleskope wagten, setzten wir uns erst einmal mit unseren Sternkarten gemeinsam auf eine Plane und zeigten uns gegenseitig mit Hilfe eines Laserpointers die Sternbilder am Sommerhimmel. Da wir schon durch unsere Schülermentorin Anna einen Überblick bekommen hatten, konnten wir uns schon recht gut aus.

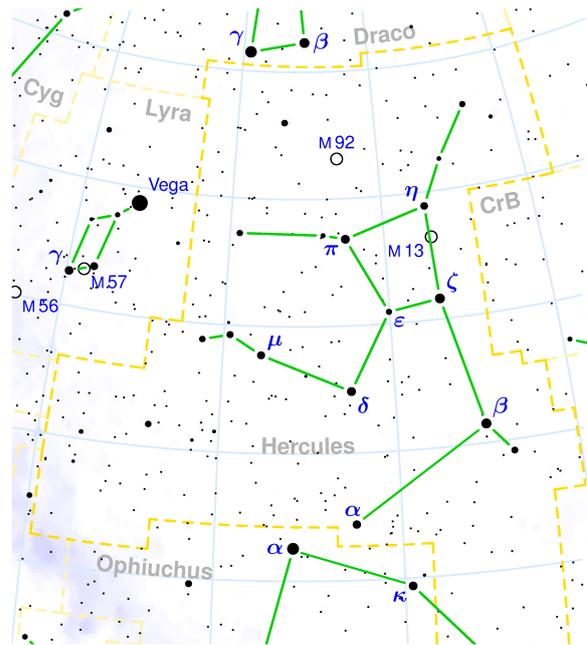
Um Sternbilder zu finden, die uns noch nicht

bekannt waren, benutzten wir eine drehbare Sternkarte. Sie besteht aus einer runden Scheibe, auf der der Sternhimmel mit seinen Sternbildern aufgezeichnet ist, und einer durchsichtigen Plastikscheibe, die darüber liegt. Am Rand befinden sich jeweils eine Skala mit den Tagen des Jahres und den Stunden eines Tages. Wenn man nun die passende Uhrzeit unter das entsprechende Datum rückt, kann man den Himmelsausschnitt betrachten, der zu diesem Zeitpunkt sichtbar ist, denn ein Teil der oberen Plastikscheibe ist abgedunkelt, sodass ein helles Oval den sichtbaren Teil des Himmels eingrenzt. Der Rand des Ovals stellt dann den Horizont dar und in der Mitte des Ovals steht das Sternbild, das im Zenit steht, also am Himmel senkrecht über dem Beobachter. Man muss dabei beachten, dass man eine Sternkarte von der passenden Erdhalbkugel hat, da sich die sichtbaren Sternbilder auf den beiden Hemisphären unterscheiden. Außerdem muss man die Sternkarte immer auf die Winterzeit einstellen. Mit einigen drehbaren Sternkarten kann man auch noch andere nützliche Positionen bestimmen, wie zum Beispiel die der Planeten.

Die Sternbilder

Will man sich nun erstmal einen Überblick am Nachthimmel verschaffen, so ist es oft am einfachsten, sich am Großen Wagen zu orientieren, denn er ist das ganze Jahr über am Nachthimmel zu sehen. Mit seiner Hilfe kann man die Himmelsrichtungen bestimmen, indem man den Abstand seiner hinteren beiden Kastensterne um das fünffache verlängert. So findet man den Polarstern, der den letzten Stern der Deichsel des Kleinen Wagens darstellt und den nördlichen Himmelspol markiert. Auf ähnliche Weise kann man noch weitere Sternbilder finden. Man nennt diese Methode sich am Himmel zurechtzufinden auch Starhopping.

Im Sommer kann man sich aber auch an einer anderen Sternkonstellation orientieren, dem Sommerdreieck. Es besteht aus dem Stern Vega im Sternbild Leier, Altair im Adler und Deneb aus dem Schwan. Die drei Sterne sind sehr hell und man kann sie deshalb leicht als Dreieck erkennen. Diese Gruppierung befindet sich im Sommer hoch am Himmel. Vom Sommer-

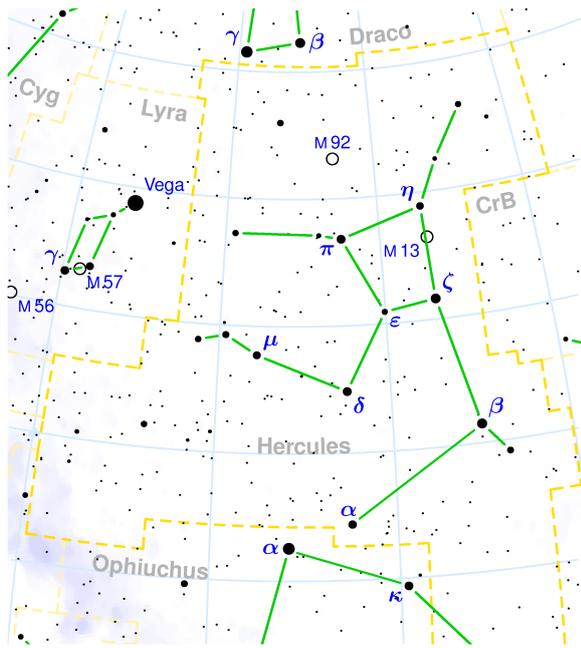


Das Sternbild Großer Bär, das den Großen Wagen enthält. Grafik: Wikipedia/Torsten Bronger, GPL

dreieck aus kann man viele kleinere Sternbilder finden, wie zum Beispiel den Delfin oder den Pfeil. Gleich neben der Leier befindet sich ein auffälliges Viereck, das den Rumpf des Sternbildes Herkules bildet, in dessen Herzen sich der Kugelsternhaufen M13 befindet. Kugelsternhaufen sind Ansammlungen von Millionen Sternen, die durch ihre Anziehungskraft zusammen gehalten werden und so am Himmel ein tolles Beobachtungsobjekt darstellen. An diesem Beispiel kann man sehen, dass Sternbilder auch hilfreich sein können, um spezielle Himmelsobjekte zu finden und sie durch das Teleskop genauer betrachten zu können.

Ein besonders schönes Sternbild ist auch die Nördliche Krone neben dem Herkules, da ihre halbkreisförmige Anordnung tatsächlich an eine Krone erinnert. Tief über dem Horizont kann man neben der Krone den Rinderhirten finden, eher bekannt unter dem Namen Bärenhüter oder Bootes. Sehr auffällig ist sein Hauptstern Arktur, der als hellster Stern des Nordhimmels am Firmament steht.

Ein Sternbild, das oft vernachlässigt wird, obwohl es einen ziemlich großen Teil des Himmels einnimmt, ist der Schlangenträger. Die Sonne kann auch in diesen Sternbild stehen, sodass



Die Sternbilder Herkules und Leier. Grafik: Wikipedia/Torsten Bronger, CC-BY-SA

der Schlangenträger zwischen dem Skorpion und dem Schützen eigentlich das 13. Tierkreiszeichen sein müsste. Am Nachthimmel kann man ihn südlich von Herkules ausmachen, wo er dicht neben dem Kopf der Schlange liegt. Die Erdachse präzediert, sodass die Sonne an einem bestimmten Zeitpunkt des Jahres von unserem Planeten aus gesehen nicht mehr an derselben Stelle am Firmament steht wie am gleichen Zeitpunkt vor 3500 Jahren, als die Babylonier die ersten Tierkreiszeichen festlegten.

Ein sehr bekanntes Sternbild, das das ganze Jahr über sichtbar ist, ist die Kassiopeia. Sie wird auch das Himmels-W genannt, da sie aus sechs hellen Sternen besteht, die die Form eines großen W am Himmel bilden. Genauso wie für viele andere Sternbilder gibt es auch für dieses einen griechischen Mythos:

Kassiopeia, die Königin Äthiopiens, behauptete, sie sei schöner als die Nymphen des Meeres. Dies erzürnte jedoch Poseidon, den Gott des Meeres, der daraufhin ein Meeresungeheuer in ihr Land schickte. Zur Rettung des Landes sollte Kassiopeias und Kepheus Tochter Andromeda dem Untier geopfert werden. Sie konnte aber von Perseus gerettet werden, indem er mit ihr auf Pegasus floh. All diese Figuren kann

man auch am Nachthimmel wiederfinden, außer ihnen gibt es aber noch viele weitere zu entdecken.



Eigene Aufnahme des Mondes durch ein 10cm-Teleskop.

Nachdem wir uns selbstständig am Himmel zu-rechtfinden, vertieften wir nun unseren Blick ins Universum mit verschiedenen Spiegel- und Linsenteleskopen. Wir schauten uns die Andromedagalaxie in ihrem gleichnamigen Sternbild an. Obwohl sie die sich uns am nächsten befindliche Galaxie am Nordhimmel ist, ist sie trotzdem so weit entfernt, dass sie durch ein Teleskop nur als verwaschene Spindel zu erkennen ist. Auch den schon erwähnten Kugelsternhaufen im Herkules und den Doppelstern Albireo im Sternbild Schwan betrachteten wir näher. Zuletzt widmeten wir uns auch näher gelegenen Objekten wie dem Mond, den wir schließlich durch das Okular fotografierten. Nun waren wir für die Nachtwanderung gerüstet!

Eigene Aufnahmen des Ringnebels

ELIAS HUBERT

Um in der Zwischenzeit unsere Kenntnisse in der Himmelsbeobachtung noch weiter zu vertiefen, benutzten wir das ROTAT-Teleskop der Stiftung Interaktive Astronomie und Astrophysik mit einem Spiegeldurchmesser von 60 cm, das in Frankreich am Observatorium der Haute

Provence steht und das wir über das Internet fernsteuern konnten. An das Teleskop ist eine leistungsfähige CCD Kamera montiert, sodass man Fotos von Himmelsobjekten machen kann. ROTAT soll zukünftig auch verstärkt Schulklassen für den Unterricht zur Verfügung gestellt werden.



Eigene Aufnahme des Ringnebels (M57) mit dem ROTAT-Teleskop der Stiftung Interaktive Astronomie und Astrophysik¹

Unser Beobachtungsobjekt war der Ringnebel. Seine astronomische Bezeichnung ist M57, und er befindet sich im Sternbild Leier. Seine Entfernung zu uns beträgt 2300 Lichtjahre, er selbst hat einen Durchmesser von etwa 0,9 Lichtjahren. Wir sehen hier das Ende des Lebens eines sonnenähnlichen Sterns als sogenannter planetarischer Nebel.

Um ihn zu fotografieren, visierten wir ihn an und machten insgesamt drei Schwarzweißbilder von ihm. Für die Fotos haben wir jeweils einen Filter in den Farben Rot, Grün und Blau vor der Kamera verwendet. Anschließend legten wir die drei Bilder mit Hilfe des Bildbearbeitungsprogramms ImageJ übereinander und färbten sie einzeln in der entsprechenden Farbe ein. Auf diese Weise ergab sich ein schönes Farbbild, auf dem man den Nebel deutlich sehen kann. So ist jeder von uns nun stolzer Besitzer eines eigens angefertigten Bildes des Ringnebels. Das Licht des Nebels, das wir mit unserer Kamera nachgewiesen haben, war etwa 2300 Jahre unterwegs. Wir haben also Licht eingefangen, das zu Beginn des römischen Reiches ausgesendet wurde.

¹<http://www.stiftung-astronomie.de>

Rotation

LEONARD ENDER, JONATHAN HOCK

Nach einer Woche fand die sogenannte Rotation statt. Jeder Kurs stellte seine bisher durchgeführten Projekte vor und gab einen Ausblick auf weitere Kursziele. Aus diesem Grund wurde jeder Kurs in vier Gruppen à drei Teilnehmer aufgeteilt. Infolgedessen fand sich je eine Gruppe aus jedem Kurs zusammen, um gemeinsam die Präsentationen der verschiedenen Kurse anzuhören. Wie der Name vermuten lässt, wurde zwischen den einzelnen Kursräumen rotiert. In jedem Kursraum hielt die jeweilige Gruppe ihren Vortrag, die anderen hörten gespannt zu. Es war sehr interessant, die Projekte der anderen Kurse näher geschildert zu bekommen.

Stickstoffversuche

LEONARD ENDER

In unserem Kurs lag eines unserer Ziele darin, einen möglichst realistischen Asteroideneinschlag zu simulieren. Hierzu benötigten wir ein möglichst naturgetreues Asteroidenmodell. Dies stellte uns jedoch vor ein Problem: Wie sollten wir die tiefen Temperaturen nachstellen, die im Universum herrschen? Dazu verwendeten wir flüssigen Stickstoff. Mit einer Temperatur von -196 °C (77 K) stellt er die Temperaturbedingungen im Weltall annähernd realistisch dar.

Um mit dieser klaren, farblosen Flüssigkeit hantieren zu dürfen, erhielten wir zuvor eine Sicherheitseinweisung. Unsere ersten Versuche erfolgten an Lebensmitteln. An diesen wurde uns spektakulär verdeutlicht, wie schnell und atemberaubend der Erstarrungsprozess durch die Kälte abläuft. Wir testeten nach und nach die verschiedensten Obstsorten und letztlich sogar Kekse. Da sich das Ganze mehr und mehr zu einer Art Show entwickelte, bereitete es nicht nur den Schülern, sondern auch den Aufsichtspersonen enorm viel Spaß und Freude.

Um jedoch unserem eigentlichen Ziel, der Asteroidenherstellung näher zu kommen, sammelten wir einige Materialien, die so auch teilweise in echten Asteroiden vorkommen. Auf unserer Liste standen:



Auf dem warmen Erdboden verdampft der Stickstoff schlagartig.

- Sand (als Vertreter für die Silikate)
- Wasser
- zerstoßene Grillkohle
- Ammoniak
- Alkohol
- zerstoßene Vitamintabletten (Spuren weiterer organischer Verbindungen)

Wir vermischten diese Zutaten und formten dann mithilfe des flüssigen Stickstoffs mehrere feste Klumpen. Diese Asteroidenmodelle überzeugten uns von ihren Eigenschaften her schon sehr. Bis zur Abschlusspräsentation mussten sie in der Küche im Tiefkühlfach gelagert werden. Schließlich haben wir noch ein Modell hergestellt, dessen Nutzen uns erst später klar werden sollte: Auf Ammoniak und Alkohol haben wir dabei aus Gründen des Brandschutzes und der Geruchsbelästigung verzichtet. Die anderen Zutaten vermischten wir erneut zu einer Masse und füllten einen Teil davon in ein elastisches Gummigeäß. In dessen Mitte

positionierten wir eine Bocciakugel. Diese verkörperte mit rund 725 g den schwersten Teil des Asteroiden, nämlich den Kern. Während wir das Ganze ständig mit flüssigem Stickstoff und etwas Wasser übergossen, füllten wir unsere Masse bis zum Anschlag in das Gefäß. Der Eisenkern war somit fest umschlossen. Unser so entstandenes, realitätsnahes Asteroidenmodell besaß letztendlich eine Masse von 1,349 kg bei einem Volumen von rund 800 ml.



Die Stickstoffeisaktion.

Mit dem übriggebliebenen Stickstoff erlaubten wir uns nach dem Abendessen einen kleinen Spaß: Unter Aufsicht der Kursleiter durften wir Speiseeis für die gesamte Science Academy herstellen. So gab es an diesem Tag kostenlos Vanille-, Schokoladen-, sowie Kirscheis für alle Teilnehmer der Akademie. Dies hat viel Spaß gemacht und den Teilnehmern auch sichtbar geschmeckt.

Somit waren die Stickstoffversuche an diesem Tag ein voller Erfolg. Dies zeigt sich nicht nur daran, dass wir im Umgang mit Flüssigstickstoff vieles gelernt haben, sondern auch dass wir sehr viel Freude am Experimentieren hatten.

Der große Einschlagversuch

JONATHAN HOCK

Nachdem wir bei der Wanderung nach dem Mittagessen noch länger bleiben mussten, angeblich um „aufzuräumen“, fuhren wir zum Flugplatz Schlierstadt, um dort – was wir zu diesem Zeitpunkt noch nicht wussten – ein Einschlagsexperiment mit unserem selbstgebauten

Asteroiden durchzuführen. Das Modell wurde bis zu seinem Einsatz ständig gekühlt, und kurz vorher aus seinem Gummigefäß befreit.



Das tiefgefrorene Asteroidenmodell

Als wir am Flugplatz ankamen, erwartete uns dort schon unser Kursleiterteam, und Dominik verriet uns, was nun wirklich auf uns zukam: Ein Fallschirmspringer der „Southside-base“ würde unseren tiefgefrorenen Modellasteroiden aus einem Sportflugzeug werfen, und Anna würde mitfliegen, um den Abwurf aus dem Flugzeug mittels Fotokamera und GPS zu dokumentieren. Wir wurden mit Helmen und Ferngläsern ausgestattet, und warteten darauf, dass das Flugzeug endlich losflog.



Abwurf des Asteroiden

Als das Flugzeug gestartet, zwei große Schleifen geflogen und wieder gelandet war, hatten wir nur zwei Fallschirmspringer aus dem Flugzeug springen sehen. Sie erzählten uns nach der Landung, dass alles planmäßig verlaufen sei. Sie hatten den Asteroiden aus einer Höhe von

ca. 480 m bei einer Fluggeschwindigkeit von ca. 120 km/h abgeworfen. Der Asteroid war einfach zu klein und zu schnell, als dass wir ihn vom Boden aus hätten verfolgen können. Jetzt mussten wir also nur noch den Einschlagskrater finden ...

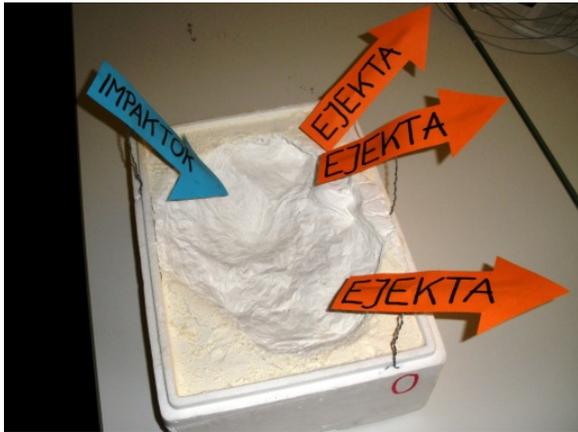
Mitglieder des Fallschirmsportzentrums, die auf der Landebahn standen, auf der der Asteroid einschlagen sollte, berichteten uns, sie hätten ein Pfeifen hinter sich gehört. Also gingen wir auf den Acker neben der Landebahn und suchten – ohne Erfolg. Ein paar von uns gingen noch in das kleine Wäldchen daneben, und fanden schließlich dort den Krater.



Ausgießen des Kraters mit Blitzzement

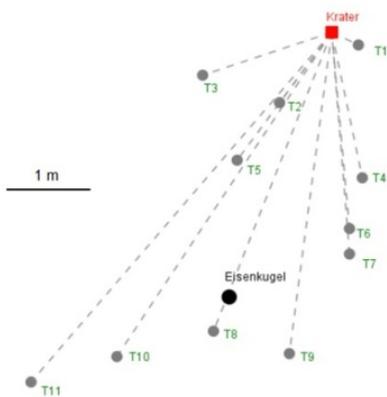
Als wir alle am Einschlagsplatz angekommen waren, fingen wir an, das Streufeld des Kraters mit allen Trümmerteilen zu vermessen und eine Skizze anzufertigen. Das Streufeld hatte eine Länge von 3,89 m und die Entfernung von Einschlagskrater zur Bocciakugel betrug 3,36 m. Später haben wir berechnet, dass das Streufeld eine Fläche von ca. 5 m² umfasste und einen Öffnungswinkel von 40° hatte. Da man draußen in dem Wäldchen Abstände viel besser messen kann, rechneten wir diese erst später in Winkel um. Dafür benötigten wir den Kosinussatz, den wir uns erst herleiten mussten, weil viele aus dem Kurs ihn noch nicht kannten. Außerdem haben wir den Krater mit Blitzzement ausgegossen und so später einen Gipsabdruck des Kraters angefertigt.

Mit dessen Hilfe haben wir gemessen, dass der Krater 9 cm tief war, eine Nord-Süd-Ausdehnung von 22 cm und eine West-Ost-Ausdehnung von 28 cm hatte. In einer der nächsten



Positiv des Kraterabdrucks aus Gips.

Kurseinheiten haben wir (unter Vernachlässigung der Luftreibung) berechnet, dass unser Asteroid eine Aufprallgeschwindigkeit von etwa 370 km/h hatte, dass der Einschlagswinkel 70° betrug und dass beim Aufschlag eine kinetische Energie von 7,1 kJ frei wurde. Später hat Elias außerdem ein Video des Fluges, dass er mit seinem iPod vom Boden aus aufgenommen hatte, so bearbeitet, dass man den Abwurf des Asteroiden sehen konnte.



Maßstabsgetreues Schema des Trümmerfeldes beim Abwurfexperiment

Schließlich haben wir unseren Krater mit dem realen Mondkrater Tycho verglichen und errechnet, dass unser Krater etwa 340.000 mal kleiner ist als Tycho, aber trotz der deutlichen Unterschiede beim Ablauf von Einschlägen so stark verschiedener Größenordnungen grundsätzlich einige erstaunlich ähnliche Eigenschaften aufweist.

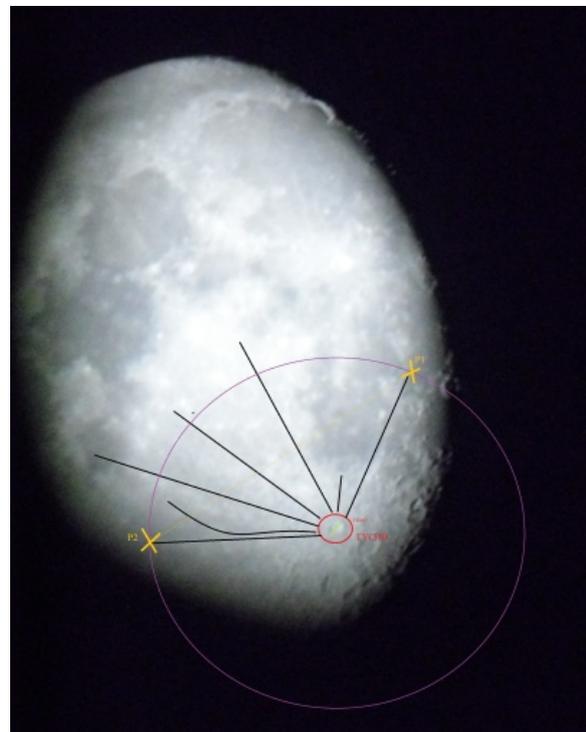
Wir alle fanden, dass dies das tollste Experiment der Akademie war.

Vergleich der Einschlagsversuchs mit dem Mondkrater Tycho

MARKUS BREUNING

Allgemeines zu Tycho

Tycho ist ein Mondkrater, der vor ca. 100 Millionen Jahren durch einen Asteroideneinschlag in den südlichen Hochebenen auf dem Mond entstanden ist. Er liegt im Zentrum eines der größten und auffälligsten Strahlensysteme des Mondes. Dieses Strahlensystem ist nichts anderes als die Auswurfsmasse des Impaktes, der den Krater verursachte. Sein Zentralberg ist 1600 m hoch, und mit einem Höhenunterschied zwischen Kraterwall und Kraterboden von 4850 m gilt Tycho als besonders tief. Sein Durchmesser beträgt etwa 85 km.



Eigenes Mondfoto mit dem Krater Tycho (eingezeichnet)

Vergleichsauswertung

Bei der Auswertung unseres Abwurfversuches fielen uns Parallelen zwischen unserem Krater und dem Mondkrater Tycho auf: Die Skizze des von uns erzeugten Trümmerfeldes sah dem Streufeld des Mondkraters Tycho auf unseren Mondbildern verdächtig ähnlich!

Aufgrund dessen stellten wir Berechnungen zum Vergleich der beiden Krater an. Das heißt, wir verglichen Werte wie Kraterdurchmesser, Kraterfläche, Streufeldlänge, Öffnungswinkel des Streufeldes und die Streufeldfläche der beiden Krater. So hat Tycho einen gemessenen Durchmesser von 85 km, eine Kraterfläche von etwa 5700 km^2 und eine Streufeldfläche von etwa 600.000 km^2 , unser Krater hingegen einen Durchmesser von 0,25 m, eine Kraterfläche von $0,05 \text{ m}^2$, und eine Streufeldfläche von 5 m^2 .

Aus den Öffnungswinkeln der Streufelder konnten wir keine Aussage über etwaige Ähnlichkeiten der beiden Krater treffen, da wir bei Tycho die Krümmung des Mondes nicht berücksichtigt hatten, und außerdem der Einschlagswinkel unterschiedlich gewesen sein kann. Trotzdem errechneten wir für Tycho den Öffnungswinkel des Streufeldes zu etwa 120° . Zum Vergleich: Unser eigener Versuch hatte einen Streufeldwinkel von 40° .

Die von uns gemessene Streufeldlänge bei Tycho beträgt 750 km, die von unserem eigenen Krater 3,89 m. Erstaunlich ist aber, dass während der Mondkrater Tycho etwa 340.000 mal größer ist als unser selbst erzeugter Krater ist, das Verhältnis der jeweiligen Streufeldgrößen diesem Maßstab bis auf einen Faktor von weniger als 2 folgt. Dieser Abweichungsfaktor ist für astronomische Verhältnisse vergleichsweise gering. Das heißt unser eigener Abwurfversuch simuliert einen echten Einschlag eines Asteroiden im Maßstab 1:340.000 erstaunlich gut.

Mondkraterzählung

MARKUS BREUNING

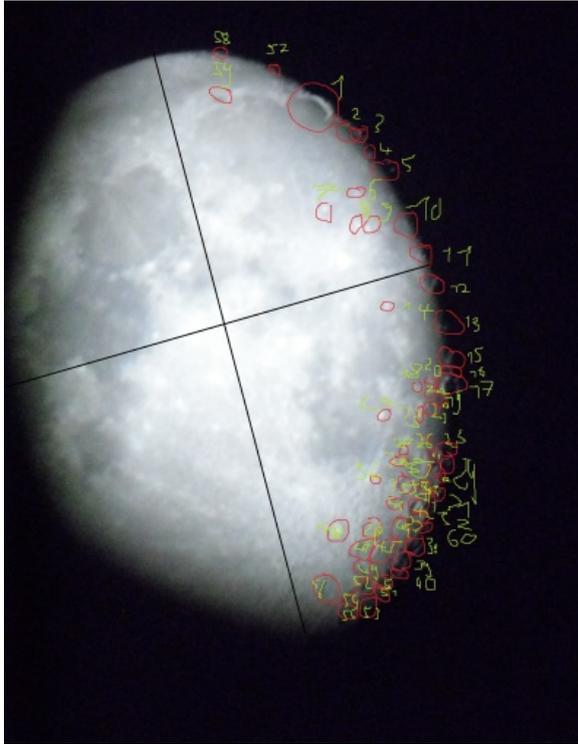
Wie schon beschrieben hatte jeder von auch die Gelegenheit, durch die Teleskope Fotos vom Mond zu machen. Sowohl Digitalkameras, als auch Handykameras kamen hier zum Einsatz.

Der Mond hat durch seine vielen Einschlagskrater einen engen Bezug zum Thema Asteroiden, da die Krater zumeist durch Asteroideneinschläge hervorgerufen wurden. Deshalb ging es nun darum, unsere Mondaufnahmen im Hinblick auf die Asteroideneinschlagskrater auszuwerten. Dazu wählten wir vier Mondfotos aus. Hauptkriterien für die Auswahl war vor allem die Auflösung der Bilder, also wie gut auch sehr kleine Krater erkennbar sind. Auch die Sicht auf die südlichen Hochebenen des Mondes spielte eine gewisse Rolle. Sieht man jedoch von den nicht verwertbaren Fotos ab (überbelichtet, verwackelt, Krater nicht erkennbar), waren die meisten Fotos für unsere weiteren Untersuchungen geeignet.

Zunächst haben wir alle sichtbaren Mondkrater mit einem Bildbearbeitungsprogramm markiert bzw. umkreist. Dies erfolgte unter hoher Konzentration, um alle Mondkrater zu finden. Auf zwei Bildern waren zirka 60 bis 90 Krater zu erkennen, auf den anderen beiden 140 bis 250 Krater. Als nächstes haben wir alle Krater durchnummeriert. Dies diente zum einen der besseren Übersicht und später zur Messwertfassung. Damit war die Grundlage geschaffen, die Größe aller sichtbaren Asteroideneinschlagskrater zu vermessen.

Dabei haben wir mit Hilfe des Bildbearbeitungsprogrammes Paint bei jedem Krater die Bildkoordinaten (x/y) von den zwei Punkten auf dem Kraterrand bestimmt, die am weitesten voneinander entfernt sind, da die Krater am Mondrand nicht mehr rund aussehen.

Den Durchmesser der Krater berechneten wir mit dem Satz des Pythagoras, denn die Differenzen zwischen den beiden x- und y-Koordinaten sind die beiden Katheten eines rechtwinkligen Dreiecks, und die Hypotenuse entspricht dem Kraterdurchmesser. Der Durchmesser liegt aber zuerst nur in der Einheit Pixel vor. Man muss also, will man Aussagen über die realen Flächen oder den Durchmesser der Krater treffen, die Einheit in Kilometer umrechnen. Der Umrechnungsfaktor ist der Maßstab des Bildes. Um ihn zu bestimmen, nimmt man zwei Punkte (x/y) von zwei sich gegenüber liegenden Stellen des Mondrandes. Die Hypotenuse ist der Durchmesser des Mondes



Mondfoto bereits mit Markierungen und Nummerierungen

in Pixeln, der dem Monddurchmesser in Kilometern (3476 km) entspricht. So erhält man einen Wert, der aussagt, wie viele Kilometer einem Pixel auf dem Bild entsprechen, sprich der Quotient ist der Umrechnungswert. Diesen multipliziert man nun mit den Durchmessern der Asteroideneinschlagskrater in der Einheit Pixel und erhält so den Durchmesser in der Einheit Kilometer.

Den Durchmesser kann man auch in jede andere gängige Einheit umrechnen. Außerdem kann man über den Durchmesser auch die Fläche der Krater berechnen. Dazu wird die Kraterfläche als Kreis ($\pi r^2 = \pi(d/2)^2$) berechnet, sodass das Ergebnis für die Kraterfläche nur ungefähr stimmt. Bei unserer Mondkraterzählung war der durchschnittliche Krater 8800 km^2 groß und hatte einen Durchmesser von 58 km. Gut ein Drittel (32 %) unserer Kraterdurchmesser lagen über 50 km, und 6 % sogar über 100 km, doch der Großteil (62 %) der Kraterdurchmesser war kleiner als 50 km.

Da der Einschlagskrater immer wesentlich größer ist als der Durchmesser des Impaktors, be-

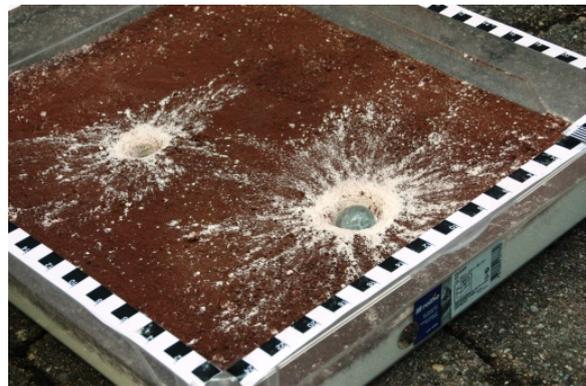
deutet das also, dass für sehr viele der von uns beobachteten Mondkrater tatsächlich Asteroiden mit Durchmessern von mehreren Kilometern in Frage kommen.

Weitere Einschlagversuche

FRANZISKA HILD, ANNA ZIELKE

Zur Untersuchung weiterer Einschläge und daraus entstehenden Kratern haben wir in unserem Kurs zusätzlich kleinere Einschlagsversuche durchgeführt, bei denen wir verschiedene Gegenstände als Asteroiden-Modelle in verschiedene Materialien haben fallen lassen.

Alle Versuche wurden aus verschiedenen Positionen mit drei Hochgeschwindigkeitskameras aufgezeichnet, die bis zu 480 Bilder pro Sekunde aufnahmen. Die Aufnahmen dienen einer genaueren Untersuchung und halfen unter anderem beim Verständnis der Kraterbildung. Außerdem konnten auch die Druckwellen der Einschläge gut nachvollzogen werden. Bei der Versuchsauswertung war uns die Berechnung verschiedener Parameter, wie beispielsweise die Energie, die beim Aufprall frei wird sowie die Einschlagsgeschwindigkeit, wichtig.



Krater im Tiramisumodell.

Unseren ersten Versuch haben wir „Tiramisu“-Modell getauft. Dazu wurde ein großer rechteckiger Behälter mit einer 3 cm hohen Mehlschicht gefüllt und diese anschließend mit Kakao bestreut. Am Behälter haben wir zusätzlich noch rundherum Papierlineale angeklebt, um in den Bildern und Filmen Kratergröße ablesen zu können.

Nun haben wir sechs verschieden große Glasmurmeln als Einschlagskörper (Impaktoren) verwendet und aus verschiedenen Höhen in die Mehlschicht hineinfallen lassen. Der Versuch mit einer Glaskugel, deren Durchmesser 3 cm betrug und eine Masse von 15,5 g hatte, war aufgrund des entstehenden Kraters besonders anschaulich. Dies veranlasste uns dazu den Versuch genauer auszuwerten. Unser Fallobjekt, also das Glaskugel, wurde in diesem Experiment aus einem Meter Höhe abgeworfen.

Als unser Impaktor auf der Mehlschicht auftraf, entstand ein Krater mit einem Durchmesser von 4,5 cm. Ein Teil des Mehls aus dem Krater wurde direkt zur Seite gedrückt. Der Rest des Mehls wurde in die Luft geschleudert und verteilte sich strahlenförmig mehrere Zentimeter weit um den Einschlag herum. Man konnte dies gut beobachten, da die Auswurfmasse zum Großteil aus Mehl bestand und die Strahlen um den Krater herum daher weiß waren und sich somit von dem dunklen Kakao absetzten.

Die beim Aufprall freiwerdende Energie bestimmten wir zu $E = mgh = 0,15 \text{ J}$. Für die Aufprallgeschwindigkeit ergibt sich somit $v = \sqrt{2E/m} = 4,4 \text{ m/s}$.



Bocciakugel im Sand mit äußerem und innerem Kraterwall.

Einen weiteren Versuch, das „Sandkasten“-Modell, führten wir im Beachvolleyballfeld durch. Zuerst glätteten wir den Sand des Einschlaggebietes, damit wir die Auswirkungen des Einschlages reell nachvollziehen konnten. In diesem Versuch war unser Impaktor eine 725 g schwere Bocciakugel, die aus einer Höhe von 2,13 m fallen gelassen wurde. Auf unseren Zeitlupenaufnahmen konnten wir deutlich erken-

nen, wie unser Impaktor Sand verdrängte und zur Seite auswarf. Außerdem beobachteten wir, wie schon in unseren vorherigen Versuchen, die Bildung eines Kraterwalls und Druckwellen, die sich in Kreisen ausbreiteten. Bei diesem Versuch berechneten wir eine Einschlaggeschwindigkeit von 6,46 m/s für das fallende Objekt. Die kinetische Energie war hierbei mit 15,1 J deutlich größer als bei unserem „Tiramisu“-Modell.

In unserem letzten Versuch, dem sogenannten „Aquarium-Modell“, haben wir den Aufschlag eines Körpers auf Wasser untersucht. Hierfür stellten wir ein Aquarium auf, dessen Boden wir zunächst mit Sand bedeckten und anschließend mit Wasser auffüllten. Als unser Impaktor diente hierzu ein 220 g schwerer Stein, dessen Fallhöhe ein Meter bis zur Wasseroberfläche betrug. Hier konnte man die Verdrängung des Wassers beim Auftreffen auf die Oberfläche beobachten. Des Weiteren bildete sich eine hohe Wassersäule, die die Auswurfmasse darstellt, sowie eine Flutwelle, die anhand der Videos von unserem „Sandkasten“-Modell mit der dort entstandenen Druckwelle vergleichen konnten. Wenn man unseren Versuch auf einen echten Einschlag auf die Erde überträgt, würde die Flutwelle einem Tsunami entsprechen. Unsere Berechnungen ergaben, dass der Stein mit einer Geschwindigkeit von 4,4 m/s und einer kinetischen Energie von 2,1 J auf die Wasseroberfläche traf.

Aus diesen drei Einschlagsversuchen und dem großen Abwurfexperiment werden auch die Gefahren für die Erde im Falle eines Asteroideneinschlages sichtbar. Allein der Einschlagskrater ist im Durchmesser oft vielfach so groß wie sein Verursacher, also der Asteroid.

Asteroideneinschläge auf der Erde

JONATHAN HOCK

Jährlich fallen etwa 20000 Meteoriten mit einer Masse von mehr als 100 Gramm zur Erde, die aber normalerweise so klein sind, dass sie keinen Schaden anrichten. Global gefährlich sind erst Objekte mit einem Durchmesser von mehr

als 500 Metern. Wenn ein solcher Asteroid auf dem Festland der Erde einschlagen würde, würden die dabei entstehende große Hitze und eine gewaltige Schockwelle im Umkreis von vielen Kilometern alles Leben auslöschen. Die Einschlagskraft würde eine riesige Menge geschmolzenes Gestein aus dem Krater auswerfen, das durch seine große Hitze gewaltige Waldbrände auslösen würde. Würde der Einschlagskörper im Meer auftreffen, was am wahrscheinlichsten ist, da die Erde zu ca. 70% von Wasser bedeckt ist, würde dieser einen riesigen Tsunami auslösen.



So stellt man sich den Einschlag eines großen Asteroiden auf der Erde vor. Grafik: NASA/Don Davis

Der Staub, der bei einem großen Einschlag in die Atmosphäre gelangt, würde die Sonneneinstrahlung vermindern und so einen Impaktwinter mit einer Dauer von mehreren Monaten oder sogar Jahren auslösen. Dadurch würde die Erde zuerst abkühlen. Später jedoch würde ein durch Kohlenstoff- und Schwefelgase ausgelöster Treibhauseffekt folgen. Durch die verdampften schwefelhaltigen Gesteine würde auch saurer Regen entstehen. Infolgedessen wäre der Fortbestand vieler Arten auf der Erde bedroht.

Rein statistisch gesehen muss man alle 100.000 Jahre mit einem größeren Einschlag mit regionalen Folgen rechnen. Katastrophen wie der Asteroideneinschlag, der zum Aussterben der Dinosaurier führte, also globale Folgen hatte, finden etwa alle 100 Millionen Jahre statt.

Die nächste Begegnung der Erde mit einem größeren Asteroiden wird im Jahre 2029 stattfinden.

den. Der Asteroid mit einem Durchmesser von ungefähr 270 Metern wird in nur ca. 31.000 km Entfernung an der Erde vorbeifliegen. Wenn er dabei einen ganz bestimmten, nur 600 Meter großen Bereich durchfliegt, würde er dadurch so abgelenkt, dass er sieben Jahre später auf die Erde stürzen würde. Da dieser Bereich aber so winzig ist, liegt die Wahrscheinlichkeit, dass Apophis 2036 tatsächlich mit der Erde kollidiert, nur bei 0,0004%.

Exkursion ins Nördlinger Ries

HANNAH KÜHN

Um aber die Folgen eines echten Einschlages auf der Erde auch einmal aus der Nähe zu erforschen, unternahmen wir am Montag der zweiten Akademiewoche unsere Exkursion ins Nördlinger Ries. Vor 14,6 Mio Jahren schlug dort ein 1,5 Kilometer großer Asteroid ein und verursachte einen Krater von 25 Kilometern Durchmesser.

Wir fuhren morgens los und kamen erst mittags am Steinbruch Aumühle bei Oettingen an, auch weil Dominik sich verfahren hatte und wir viel länger gebraucht hatten als geplant. Im Auto konnten wir aber dem Geologen Dr. Tilmann Althaus, der uns durch den Steinbruch Aumühle führte, auch schon Fragen stellen.



Auf der Suche nach Glasbomben im Suevit.

In diesem Steinbruch findet man Gestein, das bei dem Einschlag in die Luft geschleudert wurde und dann zurück zum Erdboden gefallen ist. In den unteren Schichten liegt die Bunte Brekzie (Gestein, das beim Auftreffen des Einschlagskörpers zur Seite gedrängt wurde).

Darüber liegt dann der Suevit (Gestein, das beim Einschlag nach oben geschleudert wurde und auf die Bunte Brekzie fiel). Im Suevit finden sich kleine Gesteinseinschlüsse: die Glasbomben (auch Flädle genannt). Diese sind geschmolzene Gesteinstropfen, die in die Luft geschleudert wurden und im Suevit landeten. Später konnten wir unsere Eindrücke aus dem Gelände gut mit den Erfahrungen aus den Einschlagsversuchen vergleichen! Danach durften wir mit Schutzhelmen, Schutzbrillen und Hämmern ausgestattet Gestein aus der Wand schlagen, um es mitzunehmen und näher zu untersuchen.



Eine Glasbombe aus dem Nördlinger Ries.

Als nächstes sind wir in das Rieskratermuseum nach Nördlingen gefahren und haben uns dort die Ausstellungen angeschaut. Die Hauptausstellung hatte natürlich das Thema Nördlinger Ries. Es wurde in einer Bilderstrecke gezeigt, was Sekunden nach dem Einschlag passierte, es gab viele Ausstellungsstücke zu der Veränderung des Gesteins (zum Beispiel dass an manchen Stellen Diamant entstanden ist) und Einschlagsimulationen, bei denen gezeigt wurde, welche Schäden durch verschieden große Meteoriten angerichtet würden. Außerdem wurden verschiedene Meteoritenarten vorgestellt, es gab ein Stück echtes Mondgestein und andere Stücke zum Thema Meteoriteneinschläge zu sehen. Dazu gab es eine Sonderausstellung zu den Neuschwansteinmeteoriten, in der alle drei zusammen ausgestellt waren. Anschließend sind wir wieder nach Adelsheim gefahren, wo wir ohne Verspätung angekommen sind. Im Werkraum haben wir dann noch die Gesteinsproben geputzt und poliert.

Abschlusspräsentation

LEONARD ENDER, JONATHAN HOCK

Am vorletzten Tag, nach dem Festakt zum 10. Geburtstag der JuniorAkademie Adelsheim, präsentierten die Kursteilnehmer in Gruppen à drei Personen erneut ihre durchgeführten Projekte, diesmal aber auch für die angereisten Gäste. Dies waren Verwandte und Bekannte der Teilnehmer, sowie Förderer der Akademie und Ehrengäste, unter ihnen auch Hans-Werner Hector, Gründer der H. W. u. J. Hector Stiftung, die die Akademie wesentlich mitfinanziert und uns deshalb die ganzen schönen Erlebnisse mit ermöglicht hat. Er besuchte zusammen mit vielen anderen Gästen auch unseren Vortrag. Wir waren überrascht, wie viele Menschen in unseren Kursraum passen, denn er war bei allen Vorträgen zum Bersten voll. Die Rückmeldung der Besucher zeigte uns, dass unser Vortrag sehr gut ankam. Die Vorträge der anderen Kurse waren ebenfalls interessant. Dies verdeutlichte, dass die JuniorAkademie 2012 ein voller Erfolg war.



Volles Haus bei der Abschlusspräsentation.

Man kann auf jeden Fall sagen, dass wir alle in unserem Kurs sehr viel über die Asteroiden und verwandte Objekte gelernt haben. Uns ist nun viel klarer geworden, dass sie faszinierende Forschungsobjekte sind, auch weil man, wenn einiges Tages wirklich die konkrete Gefahr eines Einschlages bestünde, zur Abwehr eines Asteroiden zuerst sehr viel über seine Bahn und seinen Aufbau wissen müsste.

Fazit

ANNA KANDZIORA

Die zwei Wochen im Sommer und die beiden zusätzlichen Wochenenden werden den Teilnehmern sowie den Leitern immer in guter Erinnerung bleiben. Wir haben viel zusammen gelacht, genascht, experimentiert und gelernt. Aber unsere Freundschaft endet nicht mit dem Ende der Akademie. Geplant sind bereits zwei Nachtreffen. Nachdem ich als Schülermentorin bei dem großen Einschlagsversuch keinen Tandemsprung wagen konnte, sollen nun unsere Teilnehmer diese Chance bekommen. Hierzu werden wir uns auf dem Flugplatz nahe Adelsheim treffen. Außerdem ist ein Treffen am Haus der Astronomie in Heidelberg geplant.

Zum Schluss möchte ich mich bei unseren Teilnehmern und den Kursleitern bedanken. Ihr seid super! Und ... ASTROPOWER!

Zitate aus dem Kurs

- „Wir haben einen Gipsabguss mit Gipsbinden aus Gips vergipst.“ – Elias
- Leonard: „Es würde nicht auffallen, wenn wir alle bescheuert wären.“ Jürgen schaut zu den Sägespänen und fragt: „Hat hier jemand Parmesan gesägt?“
- „Wir haben einen Asteroiden aus dem *Flugzug* geworfen!“ – Anna K.
- „Zusammen haben wir die Einschlagskraft für den Weltuntergang!“ – Lena (im Jahr 2012)
- Zum Thema gute Laune: „Seitdem ich hier bin tut mein Gesicht weh.“ – Luise
- Markus: „ASTRO-POWER“ (Sportfest)
- „Niveau sieht von unten betrachtet immer aus wie Arroganz.“ – Dominik
- Zur Anschuldigung von uns, warum unsere Kursleiter sich uneinig sind: „Nur weil ich ihr einen Knetfladen ins Gesicht geklatscht habe!“ – Dominik
- Überall im Kursraum liegen Süßigkeiten. Jonathan: „Was? Wo gibt's hier Süßigkeiten?“
- „Riza und ich sind eigentlich Zwillinge.“ – Dominik (auf die Änderung der Sternzeichen bezogen)
- Als wir mit dem ROTAT-Teleskop übers Internet beobachteten, kam Jens, ein Bekannter von Dominik und Carolin in die Sternwarte und kommunizierte mit uns über einen Chatroom. Seine Antwort, als wir ihn fragten, ob er mal in die Kamera winken könne, war: „Da muss ich mir ja eine Hose anziehen!“

