



JuniorAkademie Adelsheim

22. SCIENCE ACADEMY
BADEN-WÜRTTEMBERG
2025



Genetik



Klimaphysik/Informatik



Mikrogravitation



Pharmazie



Philosophie/Theater



Physik

Regierungspräsidium Karlsruhe Abteilung 7 – Schule und Bildung

**Dokumentation der
JuniorAkademie Adelsheim 2025**

**22. Science Academy
Baden-Württemberg**

Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim:

Regierungspräsidium Karlsruhe

Abteilung 7 –Schule und Bildung–

Hebelstr. 2

76133 Karlsruhe

Tel.: (0721) 926 4245

Fax.: (0721) 933 40270

www.scienceacademy.de

E-Mail: joerg.richter@scienceacademy.de

birgit.schillinger@scienceacademy.de

rico.lippold@scienceacademy.de

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von der Kurs- und Akademieleitung sowie den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der 22. JuniorAkademie Adelsheim 2025 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mithilfe von L^AT_EX gesetzt.

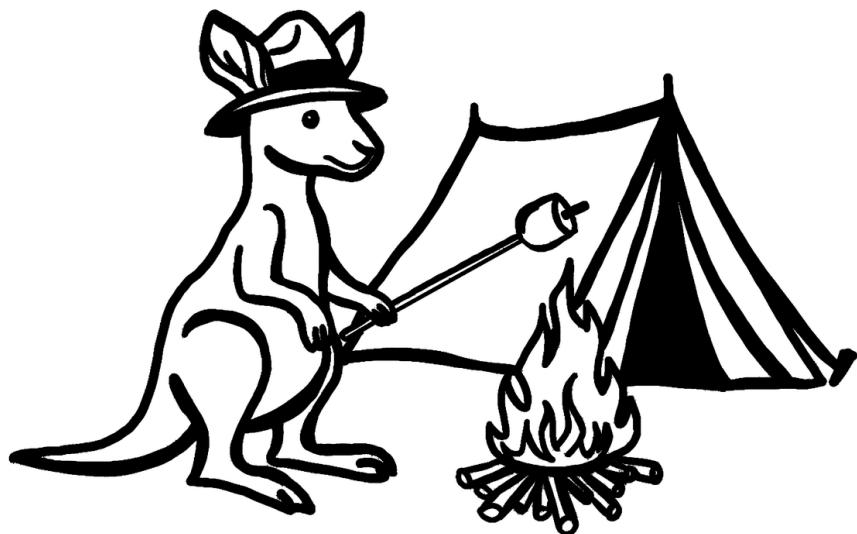
Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter, Tobias van Lier

Copyright © 2025 Jörg Richter, Dr. Birgit Schillinger

Vorwort – Expedition ins Unbekannte

Jede Science Academy hat ihr Motto: Dieses Jahr lautete es „Expedition“. Und so startete unsere Expedition im Juni auf dem Gelände des Landesschulzentrums für Umweltbildung (LSZU) in Adelsheim mit 77 neugierigen, hochmotivierten, abenteuerlustigen jungen Menschen. Am Eröffnungswochenende kam unser Expeditionsteam das erste Mal zusammen und lernte sich kennen. Jedes Mitglied kam mit eigenen Vorerfahrungen, Talenten, Interessen und Erwartungen. Dieses Kennenlernen weckte bei allen die Neugier und Lust auf diese Expedition. Begleitet von unserem 28köpfigen Leitungsteam sollten sie schon bald neue Interessen entdecken, wissenschaftliche Erfahrungen sammeln und Freundschaften knüpfen.

Science Academy 2025



Im Sommer brach unsere Expedition endgültig auf, ausgerüstet mit Zelt und Hut sowie weiteren wichtigen Gegenständen, die im Laufe der Expedition ihre Bedeutung erhielten. Über zwei Wochen hinweg forschten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in den sechs Kursen an packenden Fragestellungen und stießen auf überraschende Erkenntnisse.

Im Kurs Mathematik/Informatik wurde der Klimawandel mithilfe anspruchsvoller Modelle analysiert, aber auch Machine Learning kam zum Einsatz. Der Pharmaziekurs untersuchte, welchen Einfluss die Ernährung auf die Aufnahme eines Medikaments hat. Unterdessen testete der Raketenkurs in einer selbstgebauten Rakete die Schwerelosigkeit im Parabelflug. Der Physikkurs entwickelte eine effektive Montierung für Solarzellen, die sich nach der Sonne dreht. Die seit Jahren schwelende Frage, welche der Tiere auf dem Gelände Ziegen oder Schafe sind, konnte der Genetikkurs durch eine DNA-Analyse endlich klären. Und das Experiment, den Philosophiekurs mit Theater zu kombinieren, war höchst gelungen, und die abschließende Theateraufführung von Brechts „Der gute Mensch von Sezuan“ beeindruckte durch Tiefgang und schauspielerische Leistung.

VORWORT

Neben der Kurszeit haben sich die Expeditionsmitglieder bei Ausflügen und in den KüAs, beim Sport, im Chor oder als Teil des Orchesters, bei der Wanderung und dem Grillabend besser kennengelernt und ihre Interessen ausgelebt. So wurde es nie langweilig, und der große Abschlussstag kam viel zu früh.

Am Dokumentationswochenende bot sich dann die Möglichkeit, auf die gemeinsame Zeit zurückzublicken und die während unserer gemeinsamen Zeit gewonnenen Erkenntnisse schriftlich zu dokumentieren. Zwar war damit nun die Zeit in Adelsheim vorbei, doch unsere Expedition ist noch lange nicht zu Ende.

Wie bei einem Roman, der irgendwann fertig geschrieben ist, aber in den Lesern weiterlebt, geht auch unsere Expedition weiter in die Welt, indem wir die Erinnerung an das Erlebte, die Neugier auf weitere Erkenntnisse und vor allem die neuen Freundschaften bewahren.

Wir wünschen Euch und Ihnen viel Spaß beim Lesen unseres Expeditionsberichts!

Eure/Ihre Akademieleitung

Melissa Bauer (Assistenz)

Julian Poschik (Assistenz)

Jörg Richter

Dr. Birgit Schillinger



Inhaltsverzeichnis

VORWORT	3
KURS 1 – GENETIK	7
KURS 2 – KLIMAPHYSIK/INFORMATIK	29
KURS 3 – MIKROGRAVITATION	47
KURS 4 – PHARMAZIE	67
KURS 5 – PHILOSOPHIE/THEATER	87
KURS 6 – PHYSIK	109
KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE	129
DANKSAGUNG	153
BILDNACHWEIS	155

Kurs 3 – Raketenphysik und Mikrogravitation



Unser Kurs

Angela Schäfer #DerEnergydrink

Wenn jemand Hilfe braucht, sei es nun beim Raketensuchen, Treppensprinten oder um ein Auto vorwärts zu bewegen: Angela ist immer sofort zur Stelle. Energiegeladen und motiviert bleibt Angela auch sogar dann noch, wenn niemand sonst mehr dazu in der Lage ist. Doch nicht nur in Sachen gute Laune, sondern auch beim Entwickeln und Bauen ist Angela für unseren Kurs unersetzlich!

Artem Mekhanik #GiantGenius

Artem ist der ruhige und gelassene Theoretiker des Kurses. Wenn jemand eine Frage hat, erklärt er die Zusammenhänge, ohne die Geduld zu verlieren. Er ist nicht nur

unser Theoretiker sondern auch der Experte für den Luftwiderstand. Artem ist immer konzentriert und bringt die Gruppe stets voran. Zudem entwickelte er unser Bergungsmodul mit.

Aylin Ünal #AylinUndDieKamera

6 bar – Start! Das ist Aylins Stichwort, denn für das Gelingen jedes unserer Raketenflüge ist Aylin von mehr als nur großer Bedeutung. Nicht nur als leidenschaftliche Starterin, die sich auch nicht vor Matsch, Wasser und Dreck scheut, sondern auch um Messreihen durchzuführen und die Kamera richtig auszurichten brauchen wir sie zwingend! Durch Aylin hat nicht nur unsere Kamera den richtigen Winkel, sondern auch unser Projekt ein viel klareres Bild.

Cong-Sin Ma #KURZ:Cong-Cong

Cong-Sin ist in unserem Kurs für alles rund ums Experimentieren zuständig und zwar nicht zuletzt, weil sie immer sehr genau und ausdauernd arbeitet. Nicht nur, wenn das Dosenexperiment mal wieder Probleme bereitet, nein, auch wenn die getesteten Kameras einfach nicht richtig funktionieren wollen, Cong-Cong bleibt cool und gut gelaunt. Mithilfe ihrer Ideen konnten wir unsere Wasserrakete in ein fliegendes Labor verwandeln!

Diego Marsella #Checker

Diego, die wissbegierige Perle unseres Kurses, ernährt sich von Wissen und komplizierten physikalischen Konzepten. Seine Lieblingsgerichte sind bekanntlich die Viskosität, Galilei-Transformationen und – natürlich – Differentialgleichungen, ohne die er vermutlich verhungern würde. Mit der Checkliste in der Hand und immer gut gelaunt sorgt er für eine optimale Atmosphäre, die sowohl zum konzentrierten Arbeiten als auch zum Ausruhen hervorragend passt. Sein Zusammenspiel aus fachlicher Kompetenz und ständiger Neugierde ist für jeden zu beneiden, ebenso wie Diegos Freundlichkeit und Offenheit, die das Leben in jeder Situation schöner machen. In zwei Worten ausgedrückt: brillanter Tausendsassa!

Estée Henkel #StrahlenderStern

Estée verzaubert täglich alle mit ihrer liebevollen und freundlichen Ausstrahlung. Mit ihrem strahlenden Lachen bringt sie immer gute Laune mit in den Kurs, egal was geplant ist. Durch ihre aufgeweckte Art brachte sie die Entwicklung der Experimente schnell und nahezu perfekt voran. Wann immer wir auf dem Schlauch stehen, können wir uns auf Estées Hilfe verlassen. Selbst, wenn unsere Rakete in den Wald fliegt, scheut sie keine Mühen, sie zu finden. Estée ist unser strahlender Stern und bringt Freude in die gemeinsame Projektarbeit.

Evelyn Hatko #FinnenMaschine

Evelyn ist unser Multitasking-Talent. Egal, wo man Hilfe braucht, Evelyn hat immer eine schlaue Lösung. Ihre Ideen helfen jedem weiter. Wenn die Gruppe verzweifelt,

bleibt Evelyn stark und steckt jeden mit ihrer Motivation an. Vor allem ist Evelyn unsere Finnen-Expertin.

Georg Wilke #LibreOffice>Powerpoint

Ohne unseren strengen, aber immer unterstützenden Kursleiter Georg hätten wir unser Projekt wahrscheinlich nicht geschafft. Georg hat uns immer auf Kurs gehalten und wir konnten jederzeit wertvolles Feedback von ihm bekommen. Mit seinem ansteckenden Humor erklärte er uns unter anderem, wie wir unsere Arbeitsweise verbessern und strukturiert unsere Rakete starten konnten. Wir sind dankbar, dass er den Wert auf unsere Unabhängigkeit gelegt hat: Es war unser Projekt, und die Kursleiter:innen haben uns unterstützt.

Jeannine Deger-Glaeser #AllesImGriff

Auch wenn etwas schiefläuft, bleibt unsere hilfsbereite und ehrliche Kursleiterin Jeannine immer ruhig und erklärt geduldig, was zu tun ist. Vollgetankt mit Kaffee startet sie voller Motivation den Tag mit Morgensport. Nicht nur die Rakete gab ihre Maximalleistung, auch sie arbeitete bis in die späte Nacht durch. Als uns die Antenne der Rakete im letzten Moment abriss, löste sie eifrig alle Kabel wieder zusammen. Ohne Jeannine wäre nicht nur unsere Laune im Keller, auch unsere Rakete wäre nie gestartet.

Linus Doenitz #SCHÄTZchen

Linus trug von Anfang an durch seine Erfahrung im Modellraketenbau zum Fortschritt des Projekts bei. Immer hat er neue Einfälle, um die Rakete zu verbessern, und erklärt sie gern den anderen Kursteilnehmer:innen. Er ist immer humorvoll dabei und nicht nur innerhalb, sondern auch außerhalb des Kurses eine sehr hilfsbereite und zuverlässige Person. Als professioneller „Aufpumper“ der Rakete schätzt er die erreichte Höhe gern mit dem Auge und hilft mit, unsere selbstgebauten Raketen in die Luft zu schicken!

Magnus Mair am Tinkhof

#NichtCarlsenDafürMehr

Magnus ist der echte „Sigma“ des Raketenkurses. Unser bodenständiger Schü-

lermentor war immer ein Anker für uns während unserer Kursarbeit. Magnus ist in jeder stressigen Situation chillig. Für den Raketenkurs ist das insbesondere eine hilfreiche und nötige Eigenschaft. Egal, ob er uns mit dem Bau oder im Wald bei der Raketensuche geholfen hat, ist er unser Fels in der Brandung.

Rafael Sladek #Ruhepol

Rafael ist der Tüftler hinter dem Experimentmodul. Mit viel Geduld baute er mit seinem Team die Halterung für die Experimente und richtete Kamera und Spiegel so präzise aus, dass alles perfekt zu sehen war. Beim Raketenstart hielt er die Rakete fest, stabilisierte sie an der Startrampe und sorgte dafür, dass die Rakete stabil stehen blieb, bis der Tank 2 bar erreichte. Dabei trägt er seine „tuffe“ Brille, die ihn in einen wahren Raketenwissenschaftler verwandelt. Außerdem ist er auch für seinen berüchtigten Volleyballaufschlag von allen gefürchtet. Abschließend kann man sagen, dass Rafael immer hilfsbereit, nett, fleißig und ein echter Allrounder ist.

Rishi Nair #UnserBro

Rishi, den man auch schon auf 20 m Entfernung durch seinen fröhlichen Gesang und seine gute Laune erkennen kann, sorgt immer für den nötigen Spaß. Sollte einmal ein lauter Schlag zu hören sein, war es bestimmt mal wieder Rishis sogenanntes „Backsteinhandy“, das zu Boden fällt. Trotz seiner manchmal etwas nervigen Angewohnheit, alle möglichen Dinge in die Hand zu nehmen (und natürlich wieder fallen zu lassen), ist Rishi vor allem durch seine Arbeit am Experimentmodul für unseren Kurs unersetztlich. Durch Rishi hat unser Kurs nicht nur besser funktioniert, sondern auch viel mehr Spaß gemacht!

Sara Linde #VomOrdnungsamt

Sara ist nicht nur passionierte Fallschirmfalterin, sondern zeigt sich auch sonst immer engagiert. Ob beim Autoanschieben, Organisieren und Strukturieren oder beim Fallschirmtesten: Sara führt all ihre Aufgaben gewissenhaft und zuverlässig aus und beweist dabei außerdem viel Ausdauer. Selbst

als unsere ganze Präsentation und damit ihre gesamte Arbeit gelöscht wurde, gab sie nicht auf. Ohne Sara hätten wir also weder eine Präsentation, noch eine fertige Rakete!

Vatsal Yadav #VatsalDuscht

Vatsal ist einer der Spezialisten für das Fallschirmmodul. Er bringt mit seiner lustigen und lockern Art immer gute Stimmung in den Kurs. Beim Raketenstart übernahm er eine wichtige Rolle: Er löste per Funk den Fallschirmmechanismus aus und brachte so die Rakete meist sicher zurück auf den Boden. Mit seinem Humor steckt er alle an und sorgt dafür, dass selbst die stressigen Phasen nie zu ernst werden. Sein musikalisches Talent am Klavier zeigte er beim Hausmusikabend. Vatsal ist immer gut gelaunt, hilfsbereit und ein wichtiger Teil unseres Kurses.

Vorwort

MAGNUS MAIR AM TINKHOF

Einmal im Leben die Schwerelosigkeit spüren – das ist ein Traum, den sicherlich schon viele hatten. Wir im Raketenkurs konnten uns im Sommer diesen Wunsch erfüllen. Jedenfalls ein bisschen. Zwar konnten wir selbst die Mikrogravitation nicht an unserem eigenen Körper spüren, das hätte unser Budget gesprengt. Mit einer selbstgebauten Rakete und durch Experimente ist es uns jedoch gelungen, die Mikrogravitation empirisch nachzuweisen.

Vor der eigentlichen Konstruktion der Rakete haben wir uns das nötige Handwerkszeug eines Raketenbauers angeeignet. Auf diesem Weg haben wir uns zuerst grundlegende physikalische Prinzipien – wie zum Beispiel den Luftwiderstand und den Impuls – erarbeitet. So konnten wir danach tiefer in die Materie eindringen, um schlussendlich bei dem Raketenprinzip zu landen. Nach diesem Prinzip ist es uns als Gruppe gelungen, den Akademiebus durch unseren eigenen Impuls anzutreiben.

Neben der Theorie war in unserem Kurs natürlich auch vor allem der praktische Teil wichtig, um unser Kursziel zu erreichen: Wir wollten ja schließlich mit einer selbst entwickelten Rakete die Mikrogravitation nachweisen. Dazu

organisierten sich die zwölf Teilnehmer:innen selbstständig in Gruppen und entwickelten unterschiedliche Module. Dieses Projekt und die gemeinsame Aufgabe formte die Gruppe und schweißte uns zusammen, da wir alle unser gemeinsames Ziel anstrebten. Das hat Spaß gemacht und sorgte dafür, dass wir immer besser aufeinander abgestimmt waren!

Nach zehn Tagen war es so weit: Wir konnten mit der Rakete Pluto T-10 den ersten Start durchführen. Mit jedem weiteren Flug konnten wir Schwachstellen identifizieren und waren deshalb in der Lage, unsere Rakete immer weiter zu verbessern. Zwar hat uns der ein oder andere Flug auch in den Adelsheimer Wald geführt, unser Bergungsteam war jedoch jedes Mal in der Lage, unser verloren geglaubtes Gerät wiederzufinden.

Und jetzt: Start der Doku in t minus 3 Sekunden – drei, zwei, eins, START ...

Projektarbeit

AYLIN ÜNAL

Projektarbeit ist für uns mehr, als nur einzelne Aufgaben zu erledigen – es ist ein Prozess des Lernens, des Ausprobierens und des Fortschritts. Nicht nur die Ergebnisse zählen, sondern auch der Weg dahin. Genau das erlebten wir in unserem Kurs. Zusammen haben wir uns nicht nur mit Mikrogravitation beschäftigt, sondern auch viel Zeit in das Lernen des Arbeitens an einem gemeinsamen Projekt investiert.

Wir verwendeten Methoden aus dem Projektmanagement und die **SMART**-Formel. Das hieß, unsere Aufträge und Etappenziele mussten folgende Kriterien erfüllen:

Spezifisch: Das Ziel soll klar und präzise formuliert sein.

Messbar: Es muss möglich sein, den Fortschritt und die Zielerreichung zu messen.

Akzeptiert: Alle müssen hinter dem Ziel stehen.

Realisierbar: Das Ziel muss erreichbar sein.

Terminiert: Das Ziel muss einen klaren Zeitrahmen haben, innerhalb dessen es erreicht werden kann.

Jede Kursschiene begann mit einem Stand-Up-Meeting, bei dem wir die einzelnen Aufgaben für den Tag auf Zetteln sammelten. Diese wurden auf einer Tafel auf fünf Kategorien verteilt: Organisatorisches, Antriebsmodul, Experiment- modul, Bergungsmodul und Theorie.



Morgendliches Stand-Up-Meeting

Jede:r übernahm mal die Verantwortung, die Aufgabenverteilung zu koordinieren, und konnte so Erfahrung als Moderator:in sammeln. Wir lernten dadurch, die Arbeit effizient und effektiv zu verteilen, damit sich weder zu viele, noch zu wenige Personen mit einer Aufgabe beschäftigten.



Scrum Board – Aufgaben



Scrum Board – In Bearbeitung

Anschließend begann die Arbeit. Gab es Fragen oder brauchte man Hilfe von den Anderen,



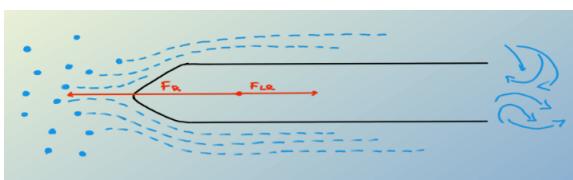
Scrum Board – Erledigt

mussten teilweise verschiedene Gruppen zusammenarbeiten, solange dadurch nur Fortschritt erzielt wurde und jede:r beschäftigt war. Anfangs nahm beispielsweise das Stand-Up-Meeting viel Kurszeit ein, weil wir noch nicht mit der Arbeitsweise vertraut waren. Doch im Laufe der zwei Wochen wurden wir immer schneller und effizienter.

Der Luftwiderstand

ARTEM MEKHANIK

Eine der wichtigsten physikalischen Größen, die im Zusammenhang mit unserer Rakete steht, ist der Luftwiderstand (auch Luftreibung genannt). Der Luftwiderstand ist die Kraft, die einen Körper abbremst, wenn dieser sich relativ zur Luft bewegt.



Prinzip des Luftwiderstands

Die Hauptursachen für den Luftwiderstand sind:

1. Druckunterschiede vor und hinter dem Körper: Bewegt sich ein Körper in der Luft (z. B. ein Flugzeug oder eine Rakete), so verdrängt er die Luftteilchen nach hinten, also in den Bereich hinter dem Körper, in welchem durch die beschleunigte Luftteilchenmasse ein niedrigerer Druck herrscht als vor dem Körper. Somit entstehen hinter dem Körper Verwirbelungen, sogenannte Turbulenzen, die ebenfalls zum Luftwiderstand beitragen (siehe Abbildung Luftwiderstand). Eine ungleichmäßige oder eckige Form führt zu stärkeren Turbulenzen, was den Druckunterschied und damit den Druckwiderstand erhöht.
2. Reibung der Luftteilchen an der Körperoberfläche, die den Körper abbremst. Eine raue oder unebene Oberfläche verstärkt diese Reibung und erhöht den Luftwiderstand. Dies wird auch Viskosität, also Zähigkeit der Luft, genannt.
3. Induzierter Widerstand tritt nur bei Körpern auf, die Auftrieb erzeugen (z. B. ein Flugzeugflügel). Er ist ein Nebenprodukt des Auftriebs und entsteht durch Verwirbelungen (Randwirbel) an den Flügel spitzen.

Die Luftwiderstandskraft \vec{F}_{LR} wirkt immer entgegen der Bewegungsrichtung des Körpers. Dabei ist der Betrag F_{LR} der Luftwiderstandskraft abhängig von

- dem Betrag der Geschwindigkeit v des Körpers,
- der Querschnittsfläche A des Körpers,
- der Dichte ρ der Luft und
- dem Luftwiderstandsbeiwert c_w (auch c_w -Wert genannt), der von der Form des Körpers abhängt und nur experimentell in Windkanälen bestimmt werden kann.

Mit diesen Variablen gilt die folgende Gleichung zur Berechnung des Luftwiderstands:

$$F_{LR} = \frac{1}{2} \cdot A \cdot c_w \cdot \rho \cdot v^2.$$

Um eine maximale Raketenhöhe für unser Projekt zu erreichen, können wir nur wenige der Einflussfaktoren vom Luftwiderstand ändern.

So kann vor allem der Luftwiderstandsbeiwert c_w verringert werden, indem die Oberfläche geglättet und die Form aerodynamischer gemacht werden.

Impuls und Impulserhaltung

VATSAL YADAV

Der Impuls ist eine physikalische Größe, die in der Umgangssprache als „Wucht“ oder „Schwung“ bezeichnet werden kann. Das Symbol für den Impuls ist \vec{p} . Er ist definiert als das Produkt aus der Masse m und der Geschwindigkeit \vec{v} eines Objektes:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}.$$

Er ist eine Vektorgröße, das bedeutet, dass er nicht nur einen Betrag, sondern auch eine Richtung hat. Er besitzt diese Eigenschaft, da auch die Geschwindigkeit ein Vektor ist. Die Einheit des Impulses wird oft in $\frac{\text{kg} \cdot \text{m}}{\text{s}}$ oder auch Ns angegeben.

Der Impuls ist eine Erhaltungsgröße. Das bedeutet, dass der Gesamtimpuls eines abgeschlossenen Systems immer gleich bleibt. Es gilt:

$$\vec{p}_{\text{vorher}} = \vec{p}_{\text{nachher}}.$$

Andere Erhaltungsgrößen sind beispielsweise Energie und Masse: Sie bleiben über die Zeit gleich. Deshalb ist der Impuls des ausgestoßenen Treibstoffes gleich dem Impuls der Rakete. Im Kurs haben wir diesen Satz auch mit einem Experiment veranschaulicht.

Das Experiment



Raketenprinzip mit dem Auto

Wir sprangen nacheinander aus einem ausgeschalteten Minivan (siehe Bild), um zu sehen,

was passiert. Wir beobachteten, dass sich das Auto nach vorne bewegte, wenn wir hinten aus dem Auto sprangen. Die Geschwindigkeit des Autos war allerdings viel geringer als unsere Geschwindigkeit beim Rausspringen, was den Grund hat, dass unsere Masse viel kleiner ist als die des Autos:

$$\vec{p}_{\text{vorher}} = \vec{p}_{\text{nachher}}$$

$$0 = \vec{p}_{\text{Auto}} + \vec{p}_{\text{wir}}$$

$$\vec{p}_{\text{Auto}} = -\vec{p}_{\text{wir}}$$

$$m_{\text{Auto}} \cdot \vec{v}_{\text{Auto}} = -m_{\text{wir}} \cdot \vec{v}_{\text{wir}}$$

$$\vec{v}_{\text{Auto}} = -\frac{m_{\text{wir}} \cdot \vec{v}_{\text{wir}}}{m_{\text{Auto}}}$$

Die Schlussfolgerungen

Da hier

$$m_{\text{Auto}} > m_{\text{wir}}$$

gilt, muss

$$v_{\text{Auto}} < v_{\text{wir}}$$

gelten. Aber es können auch weitere Fakten dieser Gleichung entnommen werden:

Je größer unsere Masse ist, desto schneller ist das Auto, da

$$v_{\text{Auto}} \sim m_{\text{wir}}.$$

Außerdem gilt, dass das Auto schneller ist, je schneller wir springen, da

$$v_{\text{Auto}} \sim v_{\text{wir}}.$$

Zuletzt gilt, dass das Auto langsamer ist, je größer seine Masse ist, da

$$v_{\text{Auto}} \sim \frac{1}{m_{\text{Auto}}}.$$

In einem solchen Modell wäre das Auto die Rakete, und wir wären das ausströmende Wasser. Das Modell wäre viel wahrheitsgemäßer, wenn dass Wasser in vielen kleinen Schritten rauskommen würde, was die diskrete und kontinuierliche Raketengleichung unterscheidet, die später beschrieben werden.

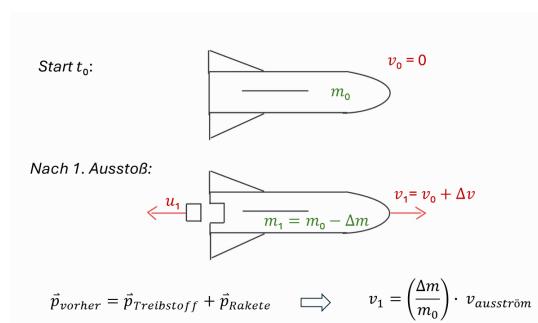
Die diskrete Raketengleichung

CONG-SIN MA

Eine Rakete funktioniert nach dem physikalischen Prinzip des Rückstoßantriebs. Um zu verstehen, wie eine Rakete aus dem Stand heraus beschleunigt, betrachten wir ihre Bewegung der Einfachheit halber zunächst in diskreten Zeitschritten, also schrittweise. Zum Startzeitpunkt, den wir als t_0 bezeichnen, hat die Rakete ihre maximale Masse m_0 , die sich aus dem Leergewicht der Rakete und der gesamten Treibstoffmenge zusammensetzt. Da sie noch keine Bewegung erfahren hat, ist ihre Anfangsgeschwindigkeit v_0 gleich null.

Nach dem ersten Zeitabschnitt hat die Rakete durch den Ausstoß des Treibstoffs eine kleine Masse Δm verloren, die sich mit der Geschwindigkeit u_1 relativ zur Rakete bewegt. Als unmittelbare Reaktion darauf erfährt die Rakete selbst eine neue Geschwindigkeit v_1 , errechnet aus der Summe der Anfangsgeschwindigkeit v_0 und der Geschwindigkeitsänderung Δv , in entgegengesetzter Richtung. Ihre neue Masse beträgt nun

$$m_1 = m_0 - \Delta m$$



Diskrete Raketengleichung

Mit Hilfe des Impulserhaltungssatzes konnten wir den Zusammenhang herleiten. Der anfängliche Gesamtimpuls war null, da die Geschwindigkeit gleich null war. Nach dem Ausstoß setzt er sich aus dem Impuls der nun leichteren Rakete, die sich mit der neuen Geschwindigkeit bewegt, und dem Impuls des ausgestoßenen Treibstoffs zusammen:

$$\begin{aligned} \vec{p}_{\text{vorher}} &= \vec{p}_{\text{nachher}} \\ 0 &= \vec{p}_{\text{Rakete}} + \vec{p}_{\text{Treibstoff}} . \end{aligned}$$

Formt man diese Gleichung um, so erkennt man, dass die Geschwindigkeitszunahme der Rakete Δv_1 gleich dem Verhältnis der Massenänderung Δm zur Anfangsmasse m_0 , multipliziert mit der konstanten Ausströmungsgeschwindigkeit des Treibstoffs $v_{\text{ausstroem}}$ ist:

$$\Delta v_1 = \frac{\Delta m}{m_0} \cdot v_{\text{ausstroem}} .$$

Dieses Prinzip wiederholt sich mit jedem weiteren Schub. Direkt nach dem ersten Ausstoß erfolgt ein zweiter. Die Rakete hat nun bereits die geringere Masse m_1 und bewegt sich mit der Geschwindigkeit v_1 . Beim Ausstoß der nächsten Teilmasse Δm erfährt sie eine weitere Geschwindigkeitszunahme Δv_2 . Ähnlich wie im ersten Schritt beträgt der Geschwindigkeitszuwachs nach dem zweiten Ausstoß nun:

$$\Delta v_2 = \frac{\Delta m}{m_1 - \Delta m} \cdot v_{\text{ausstroem}} .$$

Wiederholt man dies auch nach dem dritten Ausstoß erhält man entsprechend für den Geschwindigkeitszuwachs:

$$\Delta v_3 = \frac{\Delta m}{m_0 - 2 \cdot \Delta m} \cdot v_{\text{ausstroem}} .$$

Dieses schrittweise Vorgehen lässt sich für eine beliebige Anzahl von Schüben fortsetzen. Die Gesamtgeschwindigkeit ergibt sich dabei stets als Summe der einzelnen Geschwindigkeitsänderungen. Somit kann man die Bewegung der Rakete ungefähr bestimmen. Da der reale Flug der Rakete jedoch nicht in einzelnen Zeitschritten erfolgt, sondern kontinuierlich, muss dafür eine genauere Gleichung hergeleitet werden. Das führt uns zur kontinuierlichen Raketengleichung.

Die kontinuierliche Raketengleichung

ARTEM MEKHANIK

Um den zeitlichen Geschwindigkeitszuwachs unserer Rakete kontinuierlich zu beschreiben, bedienen wir uns der Raketengrundgleichung. Sie beschreibt die Geschwindigkeit einer Rakete, die durch den kontinuierlichen Ausstoß von

Treibstoff angetrieben wird, zu einem bestimmten Zeitpunkt t .

Formuliert wird die Gleichung wie folgt:

$$v(t) = -\ln \left(\frac{m_0 - \mu \cdot t}{m_0} \right) \cdot v_{\text{ausstroem}}.$$

Dabei steht m_0 für die Anfangsmasse, t für die Zeit und $v_{\text{ausstroem}}$ für die Ausströmungsgeschwindigkeit des Treibstoffs relativ zur Rakete. μ steht hier für eine infinitesimale Massenänderung pro Zeit, das heißt, wir betrachten unendlich kleine Massendifferenzen Δm , um die unsere Rakete leichter wird.

Freier Fall und Mikrogravitation

RISHI NAIR



Die Internationale Raumstation¹

Völlig schwerelos herumschweben – so stellen sich die meisten von uns das Bewegen auf der ISS vor. Auf Videos von den Astronauten, die sich darin befinden, sieht man, dass sie nicht wie gewohnt zum Boden fallen, sondern frei durch die Luft schweben.

Diese Vorstellung ist nur teilweise richtig: Die Astronauten schweben zwar, wenn wir sie vom Inneren der berühmten internationalen Raumstation beobachten, jedoch sind sie nicht „schwerelos“. Alle Objekte auf der ISS machen nämlich genau das, was man von Innen nicht beobachten kann: fallen. Der „Freie Fall“ ist physikalisch gesehen die Zeitspanne, in der keine Kraft außer der Gewichtskraft der Erde auf ein Objekt wirkt. Dies bedeutet, dass, wenn man zum Beispiel einen Ball nach oben wirft, der Ball nicht erst frei fällt, wenn er an Höhe verliert, sondern schon sobald er unsere Hand

verlässt und nach oben fliegt und somit keine Kraft außer der Gewichtskraft wirkt.

Die Falldauer eines Objekts wird nicht von seiner Masse beeinflusst. Somit würden zum Beispiel ein Hammer und eine Feder gleichzeitig auf dem Boden landen, wenn wir uns auf dem Mond befänden. Da die Erde eine Atmosphäre hat, spielt beim freien Fall der Luftwiderstand eine Rolle. Die Feder, die eine größere Angriffsfläche hat, landet später auf dem Boden als der Hammer, da der Luftwiderstand sie bremst. Auf dem Mond existiert dieses Problem nicht, da keine Atmosphäre vorhanden ist.

Man kann auch auf deutlich einfachere Weise zeigen, dass die Masse mit der Falldauer nichts zu tun hat, indem man zwei gleiche Blätter Papier betrachtet. Eines wird zerknüllt und gleichzeitig mit einem anderen glatten Papier aus der gleichen Höhe fallen gelassen. Das zerknüllte Blatt wird weniger von der Luft gebremst und landet früher als das normale, obwohl beide Blätter die gleiche Masse haben. Der Orbit des Mondes, der Satelliten und der ISS sind in Wirklichkeit auch freie Fälle. Diese Objekte haben eine so große Tangentialgeschwindigkeit, dass sie „um“ die Erde fallen, anstatt sie zu treffen.

Oft wird Albert Einsteins „glücklichster Gedanke“ im Kontext des freien Falls erwähnt: Für einen Menschen, der sich im freien Fall befindet, ist keine Gewichtskraft spürbar, also fühlt er sich „schwerelos“. Als äußerer Beobachter erkennt man sofort, dass der Mensch fällt, aber von seiner Perspektive (und später von der Perspektive auf der ISS) ist die Gewichtskraft der Erde nicht messbar.

Während des freien Falls herrscht also Mikrogravitation, das Phänomen, welches wir umgangssprachlich „Schwerelosigkeit“ nennen. Während sich zum Beispiel ein Astronaut in einem Zustand der Mikrogravitation befindet, spürt er keine Gewichtskraft. Dabei ist die Masse des Astronauten nicht verschwunden. Es sind auch Wechselwirkungen zwischen den Objekten in der Rakete vorhanden, da jeder Körper mit Masse eine Kraft auf jeden anderen ausübt. Deshalb nennt man diesen Zustand „Mikrogravitation“, da die Gravitation zwar vorhanden, aber nicht spürbar ist. Also kann

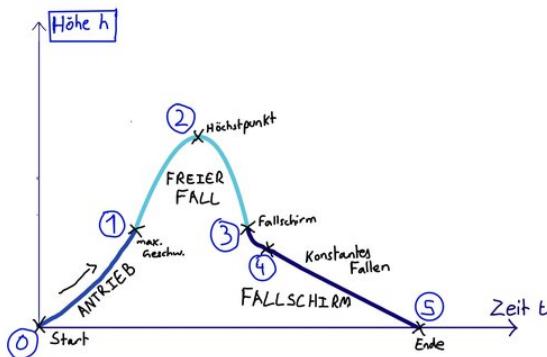
¹Abb.: Roskosmos/NASA.

kein Körper wirklich schwerelos sein, aber man kann diesen Zustand innerhalb eines frei fallenden Systems simulieren. Hier kam unsere Rakete und unser Kursziel ins Spiel: Wir wollten dieses „Fehlen“ der Gewichtskraft innerhalb einer Rakete überprüfen.

Raketenflug im Modell

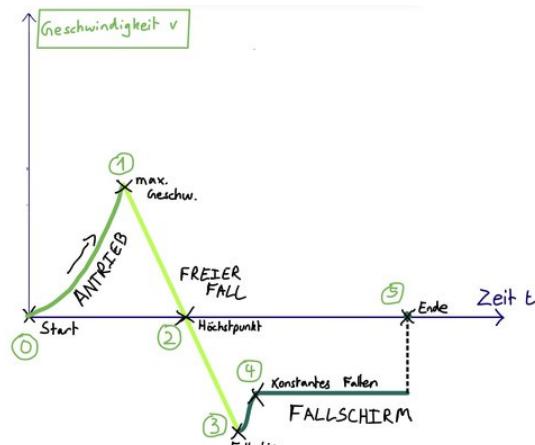
ARTEM MEKHANIK

Natürlich interessierte uns, wie die Flughöhe h , die Geschwindigkeit v und die Beschleunigung a unserer Rakete in Abhängigkeit von der Zeit t im Einzelnen aussehen, weshalb wir entsprechende Diagramme zeichneten. Dabei kennzeichneten wir verschiedene Phasen des Fluges mit unterschiedlichen Nummern in den Diagrammen. Der Abschnitt, in dem sich die Rakete im Zustand des freien Falls befindet, ist jeweils mit einer helleren Farbe markiert.



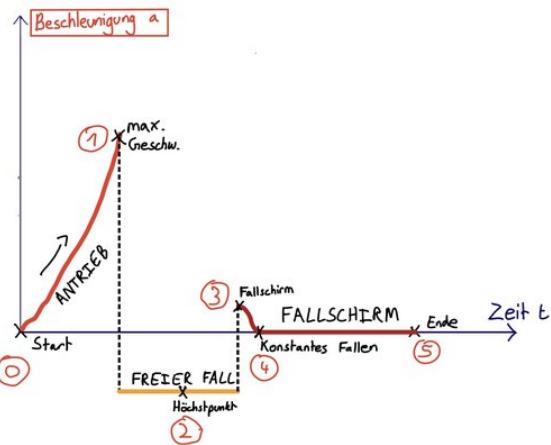
Flughöhe in Abhängigkeit von der Zeit

Nach dem Start wurde die Rakete durch den kontinuierlichen Ausstoß von Treibstoff angetrieben und erreichte so ihre maximale Geschwindigkeit, jedoch noch nicht ihre maximale Höhe (0 bis 1). Hat die Rakete keinen Treibstoff mehr zur Verfügung, folgt die Phase des freien Falls, in der sie ihren Hochpunkt, also ihre maximale Höhe erreicht (1 bis 2) und anschließend nach unten fällt (2 bis 3). Dieser Abschnitt wird im Diagramm parabelförmig dargestellt (1 bis 3). Nach dem Auslösen der Fallschirme (3) und deren vollständiger Entfaltung (4) folgt die Phase des konstanten Fallens, in welcher die Rakete mit konstanter Geschwindigkeit auf den Boden landet (4 bis 5). Die Höhe am Ende ist dementsprechend 0 (5).



Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Zeit

Nachdem die Geschwindigkeit v der Rakete nach dem Start bis zu ihrem Maximum kontinuierlich ansteigt (0 bis 1), fällt sie mit konstanter Beschleunigung, wenn der Tank der Rakete geleert ist und sie sich im Zustand des freien Falls befindet (1 bis 3), in welchem die Rakete zuerst ihren Höchspunkt erreicht und anschließend nach unten fällt (2 bis 3), was die negative Geschwindigkeit impliziert. Nachdem die Fallschirme ausgelöst werden, wird der Betrag der Geschwindigkeit rasch kleiner (3 bis 4), bis sie sich vollständig entfalten und die Rakete mit konstanter Geschwindigkeit auf den Boden fällt (4 bis 5). Trifft die Rakete den Boden, so ist sie nicht mehr in Bewegung und ihre Geschwindigkeit wird sofort 0, was durch einen Sprung im Diagramm dargestellt ist (5).



Beschleunigung in Abhängigkeit von der Zeit

Analog zur Geschwindigkeit v steigt die Beschleunigung a nach dem Start an (0 bis 1), bis

kein Treibstoff mehr vorliegt und die Rakete im Zustand des freien Falls sprunghaft (1) langsamer wird, was man an der negativen Beschleunigung erkennt (2). Nachdem die Fallschirme ausgelöst wurden (3), wird die Rakete kurzzeitig langsamer, was durch eine kurzzeitige Phase der positiven Beschleunigung dargestellt ist (3 bis 4). Nach der vollständigen Entfaltung der Fallschirme fällt die Rakete mit konstanter Geschwindigkeit auf den Boden, die Beschleunigung ist daher bis zum Ende 0 (4 bis 5).

Der für uns interessante Abschnitt eines Raketenflugs war die Mikrogravitationsphase während des freien Falls. Diese Phase war für uns wichtig, da hier unsere Experimente durchgeführt wurden und somit die Mikrogravitation nachgewiesen werden konnte.

Aufbau der Rakete

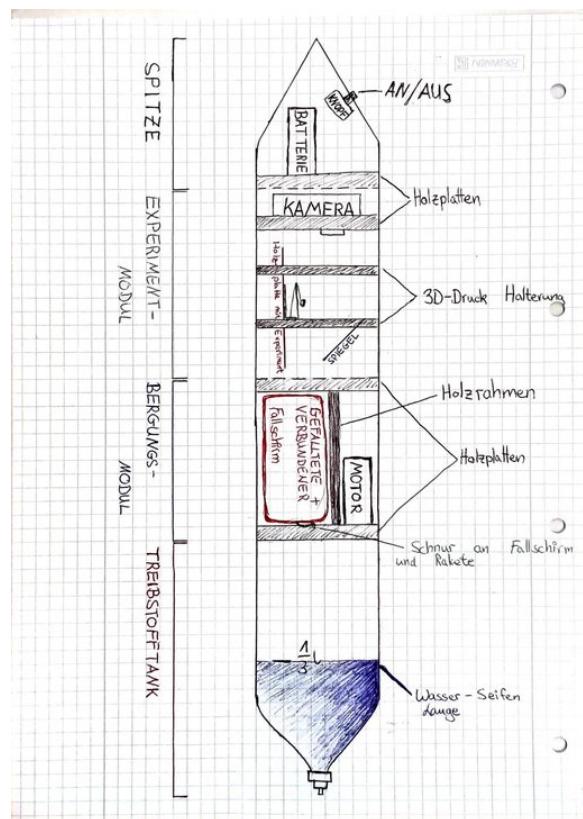
LINUS DOENITZ

Unsere Raketen folgten alle dem gleichen Aufbauprinzip: Ganz unten befand sich das Antriebsmodul, bestehend aus Treibstofftank und Düse. Darüber bauten wir das Bergungsmodul ein, welches aus einem Fallschirm und dessen Auslösemechanismus bestand. Das Experimentmodul mit den einzelnen Experimenten und der Kamera lag direkt darüber. Mit der Spitze, die uns eine Energieversorgung bot, vollendeten wir unsere Raketen.

Das Antriebsmodul

Für den Drucktank verwendeten wir Mehrweg-PET-Flaschen und als Treibstoff Wasser. Um herauszufinden, mit welchem Luft-Wasser-Verhältnis unsere Rakete starten sollte, ermittelten wir mit über 40 Testflügen einiger Spielzeugwasserraketen das optimale Verhältnis von zwei Drittel Luft zu einem Drittel Wasser.

Zusätzlich versetzten wir das Wasser mit etwas Seife, um die Ausströmungsgeschwindigkeit weiter zu erhöhen. Unsere Überlegung war, dass das Wasser aufgrund der geringeren Oberflächenspannung schneller aus der Düse strömen würde und damit unsere Zeit in der Mikrogravitation verlängern könnte. Mittels Testflügen



Schematischer Aufbau unserer Raketen

und Recherche fanden wir heraus, dass das Seifenwasser zu einem gleichmäßigeren Ausströmen führt und damit einen effizienteren Impulsübertrag ermöglicht. Laut diversen Quellen² erhöht das Seifenwasser die Flughöhe um rund 15 %.



Konzentriertes Arbeiten an den Tanks

Um einen größeren Drucktank zu ermöglichen, beschlossen wir, mehrere Flaschen druckdicht

²Z. B.: Air Command Rockets,
URL: <http://www.aircommandrockets.com/>.

miteinander zu verkleben. Dafür schnitten wir einige PET-Flaschen so zurecht, dass wir ein ca. 11 cm langes zylindrisches Stück erhielten, und tauchten anschließend eine Seite des Stücks ungefähr eine Sekunde in 2,5 cm tiefes heißes Wasser. Dadurch verjüngte sich das in das Wasser getauchte Stück gerade so stark, dass es in ein anderes zylindrisches Stück gesteckt werden konnte. Im Anschluss wurden die Teile mit Spezialkleber aneinandergeklebt und mussten 24–40 Stunden aushärten.

Die ersten paar Prototypen hielten die erforderlichen 6 bar nicht aus, womöglich aufgrund von zu kurzer Trocknungszeit und zu großer Verjüngung. Erst nach drei Versuchen wurden den 6 bar erfolgreich standgehalten. Das erhöhte unser Tankvolumen um 0,4 Liter von einem Liter auf 1,4 Liter. Im Anschluss schafften wir es auch, fünf Flaschenstücke zusammenzukleben, wodurch wir nun auch einen 3-Liter-Tank zur Verfügung hatten.

Die Finnen

Finnen, auch Leitwerk oder Flossen genannt, stabilisieren den Flug einer Rakete. Indem die Finnen Turbulenzen erzeugen, entsteht auf der einen Seite ein Überdruck, wodurch auf die mehr Druck ausgesetzte Seite gedrückt wird, was der Rakete schließlich ein Kräftegleichgewicht beschert. Die Stabilität wird erreicht, weil dieses System eine negative Rückkopplung darstellt: Je stärker die Abweichung vom Kräftegleichgewicht, desto stärker ist die Kraft, die das Gleichgewicht wiederherstellt.

Das Zentrum der aerodynamischen Kräfte wird Druckpunkt genannt. Je größer die Finnen sind, desto mehr verschiebt sich der Druckpunkt zu den Finnen. Für die Stabilität der Rakete ist es wichtig, dass dieser Punkt ein bis zwei Raketendurchmesser unter dem Schwerpunkt liegt. Ohne Finnen würde eine Rakete, ähnlich wie ein Pfeil ohne Federn, schnell anfangen zu tauemeln und sich zu drehen.

Unsere Finnen konstruierten wir aus mehreren laminierten Papieren, die wir mit Panzertape an dem Treibstofftank befestigten. Die Form der Finnen wurde so gewählt, dass die Auflagefläche an der Flasche möglichst groß ist.

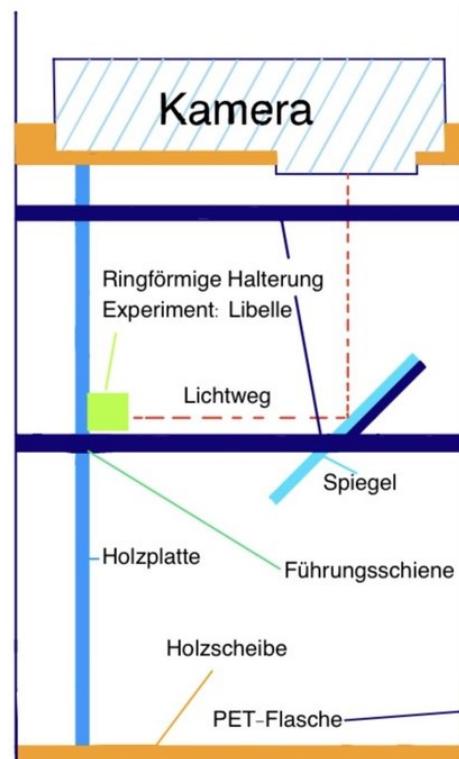
Auch über die Anzahl der Finnen machten wir uns Gedanken. Wir entschieden uns für drei Finnen, da sie eine hohe Richtungsstabilität bieten, leicht sind und weniger Luftwiderstand als vier oder mehr Finnen erzeugen.

Das Experimentmodul

RAFAEL SLADEK

Um den Zustand der Mikrogravitation während des Raketenflugs nachzuweisen und zu dokumentieren, bauten wir ein Experimentmodul. Dieses wurde durch scheibenförmige Zwischenstücke aus Balsaholz von den anderen Modulen der Rakete getrennt.

Im Modul nutzten wir ringförmige Halterungen mit integrierten Führungsschienen. Die Experimente befestigten wir separat auf dünnen Holzscheiben, die wir vor jedem Start der Rakete in die Führungsschienen einschoben. So wurden die Plättchen stabilisiert und die Experimente konnten von der Kamera aufgenommen werden.



Schematischer Aufbau des Experimentmoduls

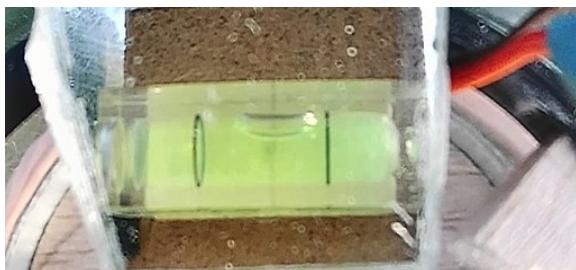
Die Kamera musste aus Platzgründen und wegen eines zu kleinen Weitwinkels im oberen Zwischenstück montiert werden. Die Linse der Kamera wurde dabei über einem Spiegel positioniert, der sich im Winkel von 45° auf einer der ringförmigen Wandhalterungen befand (siehe Bild). Durch den nun verlängerten Lichtweg konnten wir den Bereich auf den Holzplatten fokussieren und filmen, in dem sich die Experimente befanden. So konnten wir auf einfache Weise nach jedem Flug die Experimente austauschen.

Die Experimente

ANGELA SCHÄFER, ESTÉE HENKEL,
EVELYN HATKO

Libellen-Experiment

Mithilfe dieses Experimentes wollten wir das Zusammenspiel von Stoffen verschiedener Dichten während der Mikrogravitation beobachten. Dafür verwendeten wir eine Libelle, wie man sie beispielsweise aus einer Wasserwaage kennt. Diese befestigten wir waagrecht an der Experimentierplatte. Auf der Erde schwimmt die linsenförmige Luftblase aufgrund des Dichteunterschieds am oberen Rand der Libelle. Zu diesem Zeitpunkt wirken drei verschiedene Kräfte: Auftrieb (auf die Luftblase), Oberflächenspannung und die Gewichtskraft (auf das Wasser).



Libelle am Boden

Während der Mikrogravitation gibt es kein Oben und Unten, es wirken keine Gewichtskraft und kein Auftrieb. Nur die starke Oberflächenspannung des Wassers herrscht. Sie strebt danach, die Oberfläche der Luftblase möglichst klein zu halten. Der optimale Körper für das Verhältnis des größtmöglichen Volumens zur

kleinstmöglichen Oberfläche ist die Kugel. Ohne das Einwirken von Auftrieb und Gewichtskraft wird die Luftblase deshalb während der Mikrogravitation kugelförmig.



Libelle in der Mikrogravitation

Magnetstab-Experiment

Bei diesem Experiment sind drei scheibenförmige Ringmagnete auf einem dünnen Holzstab so aufgereiht, dass sie sich abstoßen. Da sie von der Gewichtskraft nach unten gezogen werden, entsteht ein Kräftegleichgewicht zwischen Gewichts- und Magnetkraft. Zwischen den Magneten ist nur ein kleiner Abstand und sie befinden sich in der unteren Hälfte des Holzstabs.



Magnetstab am Boden

Unsere Vermutung war, dass sich die Magnete im Zustand der Mikrogravitation gleichmäßig verteilen würden, da die Gewichtskraft keine Rolle spielt. Die einzige Kraft, die dann noch vorhanden wäre, ist die Abstoßung durch die gleiche Polung zwischen den Magneten. Die Videoaufnahme während des Fluges bestätigte diese Vermutung. Es war zu sehen, wie der obere Magnet ab dem Moment, wo Mikrogravitation eintrat, nach oben glitt und der mitt-

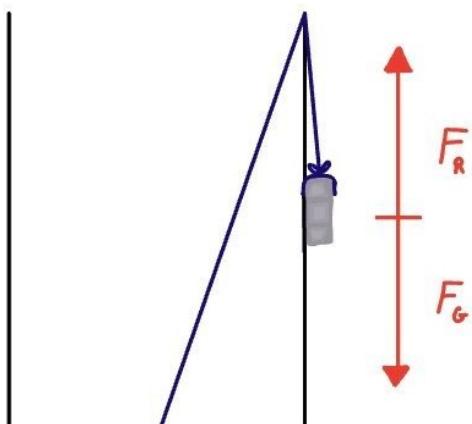
lere Magnet genau in die rot markierte Mitte des Stabs rutschte. Genau in dieser Verteilung haben die einzelnen Magnete den größten Abstand zueinander. Das Magnetstab-Experiment zeigte eindeutig die Mikrogravitation während des Raketenflugs.



Magnetstab in der Mikrogravitation

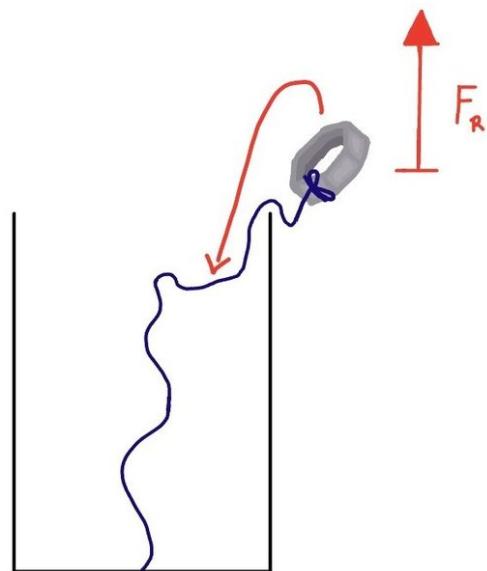
Dosen-Experiment

Unser letztes Mikrogravitationsexperiment war wie folgt aufgebaut: Zuerst benötigten wir eine Dose, eine Gummischnur und eine Schraubenmutter. Die Schraubenmutter wurde mit der Gummischnur am Boden der Dose befestigt. Vor dem Raketenstart hing die Mutter außerhalb der Dose. Da das Gummiband elastisch ist, hat es eine Rückstellkraft. Das Gewicht der Mutter zieht nach unten und spannt dementsprechend das Gummi, es herrscht ein Kräftegleichgewicht.



Skizze vom Dosenexperiment am Boden

Während des freien Falls wirkte Mikrogravitation. Die einzige sichtbare Kraft ist die Kraft des Gummibands, die die Mutter in die Do-



Dosenexperiment in der Mikrogravitation

se zieht. Sobald der Fallschirm ausgelöst wird, endet der freie Fall und dadurch auch die Mikrogravitation.

Das Bergungsmodul

DIEGO MARSELLA

Das Bergungsmodul sorgte für die sanfte Landung der Rakete, damit sie mehrmals verwendet werden konnte. Hierfür entwickelten wir einen Auslösemechanismus, der zum richtigen Zeitpunkt per Funk ausgelöst werden sollte.

Das Bergungsmodul befand sich über dem Antriebsmodul unserer Rakete. Es bestand aus flexiblen PET-Flaschen, weshalb Balsaholzscheiben zur Stabilisierung und der Beibehaltung der zylindrischen Form angebracht wurden. Sie trennten das Bergungsmodul vom Rest der Rakete. An zwei Massivholzleisten, die an der Flaschenwand des Moduls (PET-Flasche) mit Schrauben befestigt waren, wurden innen Gummibänder gespannt. Sie dienten als Schleuder, um die Fallschirme herauszukatapultieren.

Wir schnitten eine klappbare Doppeltür aus der Modulflasche aus und befestigten sie an beiden Seiten mit Klebeband. Direkt an der Seite einer Fallschirmtür war eine kleine Schraube angebracht. Unter den Massivholzleisten fixierten wir einen Schrittmotor. Ein zusätzliches Gummiband wurde an der Schraube und über einen



Fertigung des Bergungsmoduls

Haken am Motor außerhalb der Flasche so gespannt, dass die Fallschirmtüren zugeschoben wurden. Dieses Band nennen wir Auslösegummiband. Da aber das Auslösegummiband bei ausgeschaltetem Motor nicht festgehalten werden konnte, gab es zusätzlich noch ein weiteres Gummiband, das Sicherheitsgummiband, das um die ganze Flasche gespannt war. Es sorgte dafür, dass die Fallschirme nicht schon vor dem Raketenstart herauskamen. Der Motor war mit einem Kabel verbunden, das bis zur Spitze der Rakete reichte. In der Spitze befand sich die Stromversorgung für den Motor und eine Antenne.

Die Antenne empfing das Signal der Funksteuerung und steuerte den Motor an, der den Haken um 90° drehte. Dadurch löste sich das Auslösegummiband und die Fallschirme wurden mit der Schleuderkraft der innen liegenden Gummibänder durch die Türen herausgedrückt. Für eine sichere Landung benötigten wir zwei Fallschirme. Wir verwendeten eine ganz bestimmte Falttechnik, damit sie so wenig Platz wie möglich verbrauchten und sich so schnell wie möglich entfalten konnten. Die Schnüre der Fallschirme waren mit einem Faden gebün-

delt und an einem Haken befestigt. Der Haken wurde innen an der oberen Balsaholzscheibe montiert.

Der Luftwiderstand sorgte dafür, dass die Schirme sich in weniger als einer Sekunde entfalteten und die Rakete abbremsten.

Im Laufe der Akademie entwickelten wir verschiedene Modelle. Am Anfang war unsere Vorstellung, mit Federn zu arbeiten, die dann ein Brett mitsamt den Fallschirmen herauskatapultieren sollten. Jedoch war es schwierig, Federn an einer Plastikflasche zu befestigen, weshalb wir diesen Vorschlag direkt verworfen. Eine weitere Idee involvierte Gummibänder, die den Fallschirm herausziehen sollten. Anstatt sie als Schleuder zu verwenden, wollten wir die Gummibänder zum Ziehen nutzen. Die Kraft würde dann schlagartig zum Herausdrücken der Fallschirme freigesetzt werden. Jedoch reichte die Gummikraft nicht aus, um die Fallschirme herauszuziehen. Nach weiteren gescheiterten ähnlichen Ideen fiel uns endlich die beschriebene Idee der Schleuderkraft ein, die wir schließlich für unsere Rakete verwendeten.

Die Raketenstarts

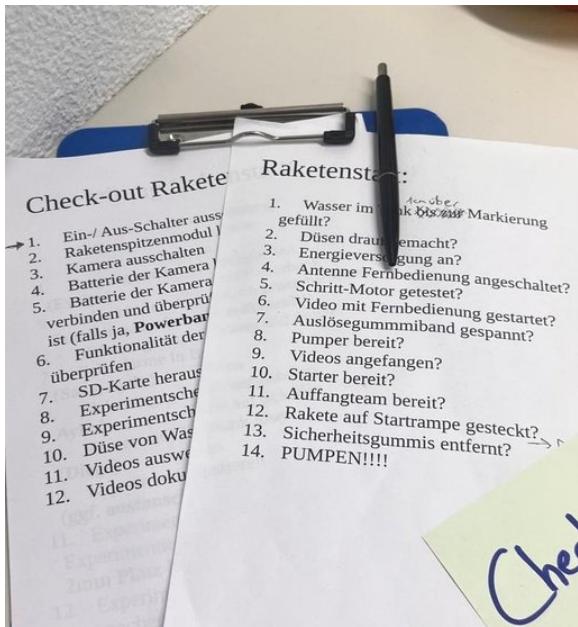
SARA LINDE

6 bar – Start!

Nein, ganz so schnell ging es leider nicht. Denn wer eine Rakete starten möchte, braucht eine sehr gute Vorbereitung.

Startvorbereitungen

Aus diesem Grund erstellten wir eine Check-In-Liste, die über Ja- / Nein- Fragen chronologisch alle wichtigen Schritte bis zum Start abfragt. Nur wenn eine Frage mit einem klaren „Ja!“ beantwortet werden konnte, konnten wir zur nächsten übergehen. Klappte allerdings etwas nicht, war beispielsweise das Ventil undicht oder der Schrittmotor am Bergungsmodul nicht intakt, kam es unverzüglich zu einem Startabbruch.



Checkliste

Unsere Flüge

Während unserer Zeit in der Akademie starteten wir neben Spielzeugraketen nicht nur eine Rakete, sondern sogar vier! Nämlich einen selbstgebauten Prototyp zur Bestimmung der maximalen Masse, sowie drei Raketen für die Experimente. Zum Glück für uns landete nur unser einfacher Prototyp im Wald. Die weiteren Raketen Pluto T-10, Pluto T-11 und Pluto T-12 hatten einen deutlich komplexeren Aufbau und unterschieden sich voneinander in der Größe ihres Treibstofftanks. Hatte der Tank unserer Pluto T-10 noch eine Treibstoffmenge vom 333 ml, so fasste der Tank unserer Pluto T-11 467 ml Treibstoff und unsere Pluto T-12 sogar 1000 ml bei einem Leergewicht von 780 g.

Nach einem verschobenen „First Launch“-Termin, der aufgrund einer abgerissenen Antenne und einiger Problemen im Experimentmodul nicht zustande kam, startete am zehnten Tag unserer Zeit in Adelsheim endlich unsere kleine Pluto T-10. Während die Checkliste abgearbeitet wurde, war die Spannung dementsprechend groß. Leider wurden wir enttäuscht, denn wegen einer undichten Gummidichtung hatten wir beim Pumpen zu viel Wasser verloren und die Rakete hob beim Start kaum ab. Nach einer anschließenden Krisensitzung und einer

ausgetauschten Dichtung starteten wir erneut. Beim zweiten Start lief alles strukturierter und unsere Rakete kam auf eine Höhe von ungefähr 7 m. Das reichte allerdings noch lange nicht, um die Fallschirme auszulösen.



Pluto T-10 beim Wiegen

Aus diesem Grund startete noch am selben Tag die Pluto T-11, die eine Höhe von ca. 17 m erreichte und somit hoch genug flog, um auch unseren Fallschirm auszulösen. Alles lief perfekt und nachdem auch das Video aus der Rakete kaum hätte besser sein können, wagten wir, nach ein paar weiteren Flügen mit verschiedenen Experimenten an Bord, einen Flug mit unserer größten Rakete Pluto T-12.

Wegen der Größe der Rakete mussten wir eine Führungsstange an die Startrampe bauen. Die Pluto T-12 flog die berechnete Höhe von 41 m und die Fallschirme konnten sich vollständig öffnen. So landete unsere Pluto T-12 unter lautem Jubeln sanft im Gras. Wie beim Start mussten wir nach der Landung (vor allem, um Energie zu sparen) bestimmte Schritte befolgen und die laufenden Geräte ausschalten.

Unser Kursziel, Experimente in der Mikrogravitation durchzuführen und auszuwerten, haben wir mithilfe smarter Projektarbeit erfolgreich erreicht!



Pluto T-11 nach erfolgreicher Landung



Pluto T-12 in der Ausstellung

Exkursion ans DLR

AYLIN ÜNAL

Am Exkursionstag besuchten wir das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (kurz: DLR) in Lampoldshausen. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden.



Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt in Lampoldshausen³

Am DLR in Lampoldshausen werden seit vielen Jahren Prototypen der Ariane-Triebwerke für die ESA getestet und weiterentwickelt. Die fertigen Ariane-Raketen starten von Kourou in Französisch-Guayana. Neben den wis-

senschaftlichen Einrichtungen gibt es dort das DLR School Lab, ein Labor, das speziell für Schüler:innen konzipiert wurde. Hier können junge Menschen einen Einblick in die Arbeit der Forscher:innen erhalten und auch Vieles selbst ausprobieren.

Nach einer kurzen Einführung und einem Überblick zum Tagesplan ging es los mit einer Führung durch die Ausstellung. Wir betrachteten verschiedene Modelle der Antriebe der Ariane-Raketen und erfuhren viele interessante Fakten über sie und ihre Funktionsweise. Anschließend arbeiteten wir in drei Gruppen im DLR School Lab. An jeder Station gab es einen Experten, der uns das jeweilige Thema vorstellt. Zudem konnten wir an allen Stationen kleine Experimente durchführen, die uns die Inhalte besser veranschaulichten. Es gab folgende drei Stationen:

Infrarot-Strahlung

An dieser Station von Frau Merle drehte sich alles um die Entdeckung und Anwendungen der Infrarot-Strahlung, insbesondere in der Raumfahrt. Zunächst führten wir den Versuch zur Entdeckung der infraroten Strahlung von Wilhelm Herschel durch. Dafür verwendeten wir eine Lampe, deren Licht wir mithilfe eines Prism-

³Abb.: DLR, CC BY-NC-ND 3.0.

mas in die verschiedenen Farben brachen. Wir beobachteten, dass die Thermometer, die im Bereich des sichtbaren Spektrums angebracht waren, wie erwartet eine höhere Temperatur zeigten. Überraschend war jedoch, dass die Temperatur auch dort stieg, wo keine Farbe zu sehen war. So konnten wir heute nachvollziehen, was Herschel schon im Jahr 1800 entdeckt hatte: Es gibt neben dem roten Licht noch eine unsichtbare Strahlung – das Infrarotlicht.

Abschließend verwendeten wir Wärmebildkameras und stellten mithilfe einer Rettungsdecke den Staub im All nach. Wir betrachteten die Temperaturunterschiede unserer Haut ohne und mit einer Folie bedeckt. Unsere Wärmebilder verglichen wir mit den Wärmebildern von Satelliten.



DLR-School-Lab-Station zur Infrarot-Strahlung

Aerodynamik

Bei der Station mit Herrn Ölschlägers beschäftigten wir uns mit allem rund um Aerodynamik bei Flügen. Zuerst erfuhren wir etwas über die Grundlagen und die Entdeckung dieses Forschungsbereichs. Dabei spielte Otto Lilienthal eine wichtige Rolle. Er war einer der ersten, die sich mit Aerodynamik beschäftigten, indem er eigene Gleitflugzeuge baute. Dabei fand er heraus, dass besonders gebogene Flügel Auftrieb erzeugen und so das Fliegen ermöglichen.

An der Station ging es vor allem darum, wie sich Luft bewegt und welche Kräfte auf Körper wirken, die sich in der Luft bewegen. Beispiele dafür sind der Auftrieb und der Luftwiderstand. In einem kleinen Windkanal konnten wir beob-

achten, wie die Luft an Objekten vorbeiströmt und Wirbel entstehen. Außerdem konnten mithilfe von Kraftmessern Auftrieb und Luftwiderstand des Objekts gemessen werden.



Windkanal im DLR School Lab

ISS

Das dritte Thema, welches uns von Herrn Eckstein vorgestellt wurde, war die „International Space Station“, kurz: „ISS“. Seit dem Jahr 2000 ist sie ständig von Astronaut:innen bewohnt und umkreist in etwa 400 Kilometern Höhe die Erde. Die ISS ist wichtig für die Forschung, weil dort in der Mikrogravitation Experimente möglich sind, die man auf der Erde nicht durchführen kann.

Wir schauten uns den Aufbau der ISS genauer an. Sie besteht aus vielen Modulen, die von verschiedenen Raumfahrtnationen wie den USA, Russland, Europa und Japan ins All gebracht und miteinander verbunden wurden. Jedes Modul erfüllt bestimmte Aufgaben – es gibt Labore für Experimente, Wohnmodule für die Crew und technische Bereiche, die das Leben im All überhaupt erst möglich machen. Abschließend konnten wir mithilfe einer VR-Brille die ISS virtuell betreten. Dadurch hatten wir das Gefühl, uns wirklich in der Raumstation zu bewegen, und bekamen einen Eindruck davon, wie die Astronaut:innen an Bord leben und arbeiten.

In der Mittagspause ging es in die Mensa des DLR. Es war für jeden was dabei, für manche war es sogar wortwörtlich „der beste Kuchen, den sie je gegessen hatten“. Nach der Pause wurden die Gruppen getauscht.



DLR School Lab: VR-Simulation auf der ISS

Abschließend können wir nur eines sagen: Neben den interessanten Experimenten und leckerem Kuchen haben wir viel neues Wissen über Raumfahrt, Aerodynamik und die Forschung beim DLR mitgenommen. Dieser Tag war somit eine unglaubliche Erfahrung und gute Abwechslung zum Akademie-Alltag. Gleichzeitig hat die Exkursion manchen von uns auch gezeigt, wie interessant naturwissenschaftliche Berufe und Forschung sein können, und vielleicht sogar erste Eindrücke für die spätere Berufswahl gegeben. Wir bedanken uns für die spannende Zeit bei den Mitarbeiter:innen, die uns diesen Tag ermöglicht haben.

Unser Kurs

RISHI NAIR

Der Raketenkurs hat sich bei dieser Akademie auf eine wilde Reise begeben: Wassertanks zusammenkleben, Fallschirme testen, „Milch besorgen!“ und noch Vieles mehr – für ein Projekt, wie beispielsweise den Bau unserer Rakete, mussten wir gut planen und viel Teamgeist haben. Wir haben uns nicht nur mit Raketenphysik beschäftigt, sondern auch damit, wie man ein Projekt innerhalb kurzer Zeit planen, durchführen und präsentieren kann. Wir haben



Besuch beim DLR in Lampoldshausen

gelernt, als Team für ein gemeinsames Ziel zu arbeiten, und wir haben erfahren, wie man aus seinen Fehlern lernt und auf sie aufbaut.



Liebevolle Arbeit an unserer Pluto T-12

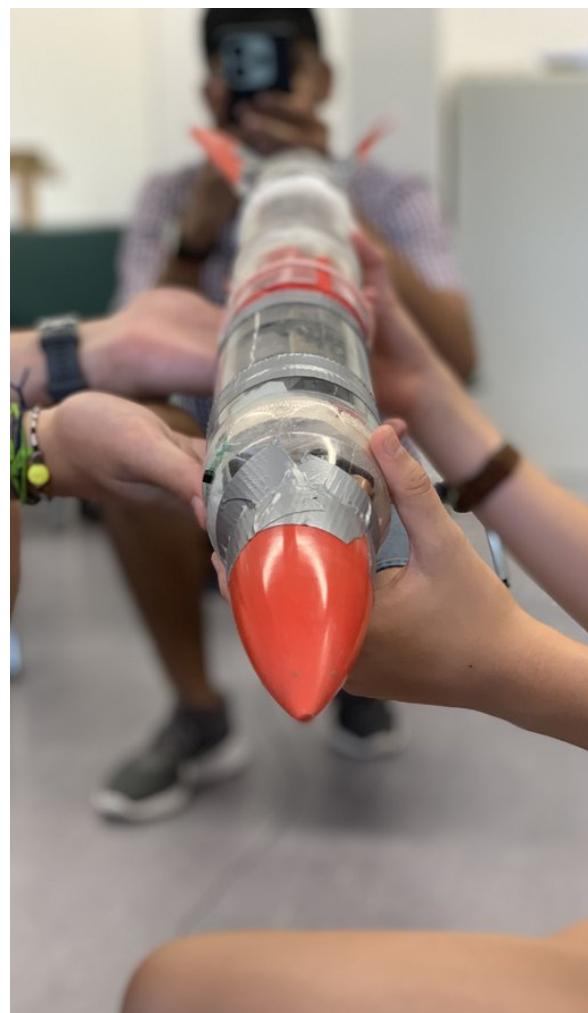
Anders als in der Schule war die Umgebung während der Kursarbeit lockerer. Man musste sich nicht melden und jeder hat sich wie ein Teil der Gruppe gefühlt. Wir waren da, um uns gegenseitig zu unterstützen und unser Ziel zu erreichen. Wir haben auch neue Freunde und

Kontakte für das Leben gefunden, mit denen wir uns noch enger verbunden fühlen, weil wir gemeinsam zahlreiche stressige Situationen erlebt haben. Wir mussten verrückte Probleme lösen, wie zum Beispiel den Last-Minute-Bruch unserer Antenne (5 min vor dem First Launch) oder, dass unsere Rakete im Wald verloren gegangen ist.

Wir hatten unsere Höhen und Tiefen – beim Sportfest waren wir nicht erfolgreich, aber wir haben dafür eine wichtige Lektion gelernt und unseren Teamgeist deutlich verbessert. Wir waren bei unserem ersten erfolgreichen Raketenstart euphorisch und haben gefeiert, denn egal wie groß die Hürden waren: Wir sind zusammen geblieben und haben weitergearbeitet. Das war die zentrale Lektion des Raketenkurses.

Zitate

- Wir schätzen mit dem Auge.
- Leute, ihr müsst *mehr Cola* trinken.
- Vatsal duscht!
- Und wie sollen die Fallschirme rauskommen?
– Wir hoffen und beten.
- Kake, wir haben nur 'ne Rake
- Die Rakete wird fliegen, sie ist guter als gut!
- Sie wird 1,64 km hoch fliegen!
- Wenn die Geschwindigkeit 0 wäre, gäbe es keine Luftreibung
- Am besten wäre eigentlich keine Rakete ...
- War das wieder Konjunktiv??
- Plastik mit Heißkleber kleben.
- KEINER SCHIEßT DIE RAKETE IN DEN WALD!
- Dieses Mal keinen Tafelschwamm hochschießen.
- Bauarbeiter Linus
- Die taffe Brille
- Ziel Nr. 1: Milch besorgen!
- Bereit zum Start? – Wir haben ein kleines Problem ...
- Mit Spitze und Finnen, werden wir gewinnen!
- Es ist *unsere* Rakete.



Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei denjenigen herzlich bedanken, die die 22. JuniorAkademie Adelsheim / Science Academy Baden-Württemberg überhaupt erst möglich gemacht und in besonderem Maße zu ihrem Gelingen beigetragen haben.

Finanziell wurde die Akademie in erster Linie durch die Dieter Schwarz Stiftung, die Vector Stiftung, die Hopp Foundation for Computer Literacy & Informatics und den Förderverein der Science Academy gefördert. Dafür möchten wir allen Unterstützern ganz herzlich danken.

Die Science Academy Baden-Württemberg ist ein Projekt des Regierungspräsidiums Karlsruhe, das im Auftrag des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg für Jugendliche aus dem ganzen Bundesland realisiert wird. Wir danken Frau Anja Bauer, Abteilungspräsidentin der Abteilung 7 „Schule und Bildung“ des Regierungspräsidiums Karlsruhe, der Leiterin des Referats 75 „Allgemein bildende Gymnasien“, Frau Leitende Regierungsschuldirektorin Dagmar Ruder-Aichelin, sowie dem Referat 35 „Allgemein bildende Gymnasien“ am Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, namentlich Herrn Jan Wohlgemuth und seiner Nachfolgerin Frau Dr. Margret Fetzer.

Koordiniert und unterstützt werden die JuniorAkademien von der Bildung & Begabung gGmbH in Bonn, hier gilt unser Dank der Leiterin des Bereichs Akademien Frau Dr. Ulrike Leikhof, der Referentin für die Deutschen JuniorAkademien und die Deutschen SchülerAkademien Dr. Dorothea Brandt sowie dem gesamten Team.

Wir waren wie immer zu Gast am Eckenberg-Gymnasium mit dem Landesschulzentrum für Umweltbildung (LSZU). Für die herzliche Atmosphäre und die idealen Bedingungen auf dem Campus möchten wir uns stellvertretend für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei dem Schulleiter des Eckenberg-Gymnasiums Herrn Oberstudiendirektor Martin Klaiber sowie dem Leiter des LSZU Herrn Studiendirektor Christian Puschner besonders bedanken.

Ein herzliches Dankeschön geht auch an Frau Oberstudiendirektorin Dr. Andrea Merger, Leiterin des Hölderlin-Gymnasium in Heidelberg, und Herrn Oberstudiendirektor Stefan Ade, Leiter des Schwetzinger Hebel-Gymnasiums, wo wir bei vielfältiger Gelegenheit zu Gast sein durften.

Zuletzt sind aber auch die Leiterinnen und Leiter der Kurse und der kursübergreifenden Angebote gemeinsam mit dem Schülermentorenteam und der Assistenz des Leitungsteams diejenigen, die mit ihrer hingebungsvollen Arbeit das Fundament der Akademie bilden.

Diejenigen aber, die die Akademie in jedem Jahr einzigartig werden lassen und sie zum Leben erwecken, sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Deshalb möchten wir uns bei ihnen und ihren Eltern für ihr Engagement und Vertrauen ganz herzlich bedanken.

Bildnachweis

Seite 12, Abbildung DNA-Aufbau:

Von Wikipedia-User Matt bearbeitet nach einer Abbildung von Wikipedia-User Madprime,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Chemische_Struktur_der_DNA.svg?lang=de
CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)

Seite 13, Abbildung DNA-Replikation:

Ausschnitt aus einer Abbildung von Wikimedia-User VWALevi2020,
<https://de.wikipedia.org/wiki/Replikation#/media/Datei:DNA-Replikation.png>
CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>)

Seite 15, Abbildung Ablauf einer PCR:

Bearbeitet nach einer Abbildung von Wikimedia-User Enzoklop,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Polymerase_chain_reaction.svg
CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)

Seite 54, Abbildung ISS:

Roskosmos/NASA, <https://www.dlr.de/de/forschung-und-transfer/projekte-und-missionen/iss/die-internationale-raumstation-iss-forschung-im-all-mit-nutzen-fuer-alle>

Seite 62, Abbildung DLR in Lampoldshausen:

DLR, <https://www.dlr.de/de/das-dlr/standorte-und-bueros/lampoldshausen/>
CC BY-NC-ND 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/legalcode>)

Seite 70, Menschlicher Verdauungstrakt:

Bearbeitet nach einer Abbildung von Wikimedia-User LadyofHats,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Digestive_system_diagram_de.svg
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 71, Aufbau des Dünndarms:

Bearbeitet nach einer Abbildung von Wikimedia-User McorNGHH,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Villi_%26_microvilli_of_small_intestine.svg
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)

Seite 71, pH-Skala:

Wikimedia-User Palmstroem, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PHscala.png>
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)

Seite 74, elektromagnetisches Spektrum:

Wikimedia-User Horst Frank / Phrood / Anony,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_spectrum_-de_c.svg
CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)

Seite 89, Fotografie von Bertolt Brecht:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bundesarchiv_Bild_183-W0409-300,_Bertolt_Brecht.jpg
Bundesarchiv, Bild 183-W0409-300 / Jörg Kolbe
CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)

Seite 93, Büste des Aristoteles:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aristotle_Altemps_Inv8575.jpg
Teil der Ludovisi Collection, Foto von Jastrow (2006)
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 95, Gemälde von Immanuel Kant:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kant_gemaelde_3.jpg
Johann Gottlieb Becker (1768)
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 95, Fotografie von Arthur Schopenhauer:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arthur_Schopenhauer_colorized.jpg
CC0 1.0 (<https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode.en>)

BILDNACHWEIS

Seite 97, Fotografie von Karl Marx:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Karl_Marx_by_John_Jabez_Edwin_Mayall_1875_-_Restored_%26_Adjusted_%283x4_cropped_b%29.png
John Jabez Edwin Mayall (1875)
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 99, Gemälde von Friedrich Nietzsche:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Portrait_of_Friedrich_Nietzsche.jpg
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 100, Gemälde von Gotthold Ephraim Lessing:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gotthold_Ephraim_Lessing.jpg
Nach einem Gemälde von Carl Jäger (ca. 1870)
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Alle anderen Abbildungen sind entweder gemeinfrei oder eigene Werke.

Bearbeitungen von Bildern unter einer CC-SA-Lizenz werden hiermit unter derselben Lizenz weitergegeben.

Abbildungen der Europäischen Weltraumagentur (ESA) werden gemäß der ESA Standard License für Bildungszwecke verwendet: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Copyright_Note/Images

Abbildungen der National Aeronautics and Space Administration (NASA) können für Schulen und Lehrbücher ohne explizite Erlaubnis verwendet werden: <https://www.nasa.gov/multimedia/guidelines/index.html>