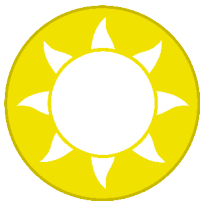
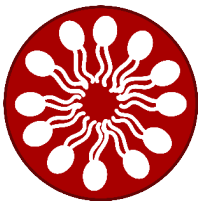
Deutsche JuniorAkademien

JuniorAkademie Adelsheim

14. Science Academy Baden-Württemberg 2016

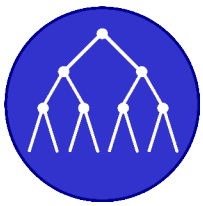


Astronomie



Chemie

Germanistik



Informatik

Physik

TheoPrax

H.W. & J. Hector Stiftung

Regierungspräsidium Karlsruhe
Abteilung 7 – Schule und Bildung

Stiftung Bildung und Jugend

Dokumentation der JuniorAkademie Adelsheim 2016

14. Science Academy Baden-Württemberg

Träger und Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2016:
Regierungspräsidium Karlsruhe
Abteilung 7 –Schule und Bildung–
Hebelstr. 2
76133 Karlsruhe
Tel.: (0721) 926 4454
Fax.: (0721) 933 40270
www.scienceacademy.de
E-Mail: joerg.richter@scienceacademy.de
petra.zachmann@scienceacademy.de

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von den Kurs- und Akademieleitern sowie den Teilnehmern der 14. JuniorAkademie Adelsheim 2016 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mit Hilfe von LaTeX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter
Copyright © 2016 Jörg Richter, Petra Zachmann

Vorwort

Zum 14. Mal bereits fand in diesem Jahr die Junior Akademie Adelsheim statt, traditionell am Landesschulzentrum für Umwelterziehung am Eckenberg in Adelsheim. Schon im Juni starteten wir, Leiter, Mentoren und 71 Teilnehmer, mit dem Eröffnungswochenende und dem damit verbundenen ersten Kennenlernen in die diesjährige Akademie. Mit dem Schreiben der Dokumentation im Herbst wurden die Ergebnisse und Erlebnisse der Akademie festgehalten und die Akademie damit zu einem schönen Abschluss gebracht.

Durch das Arbeiten in den Kursen erhalten die Jugendlichen Einblicke in das wissenschaftliche Arbeiten und erlernen den eigenständigen Umgang mit schwierigen Fragestellungen, indem sie sich intensiv mit einem Thema auseinandersetzen. Neben dem Zuwachs an fachlichem und methodischem Wissen können die Teilnehmer auf der persönlichen Ebene von der Akademie profitieren: Die gemeinsam verbrachte Zeit schweißt all diejenigen, die an der Akademie teilnehmen, zu einer großen Gemeinschaft zusammen und führt zu einer besonderen Akademieatmosphäre.

Getragen werden diese vielfältigen Erfahrungen jedes Jahr durch ein Motto. Es begleitet uns durch die Akademie und regt immer wieder zum Nachdenken und Reflektieren, aber auch zum Hervorheben von besonders witzigen und bemerkenswerten Momenten an. In diesem Jahr stand die Akademie unter dem Motto „Brücken“.

Hier in Adelsheim bauten wir zahlreiche Brücken: Zum einen bauten die Kurse Brücken zu neuem Wissen, und manchmal wurden Eselsbrücken gefunden, um sich neu Gelerntes besser zu merken. Besonders wichtig waren aber auch die neu entstandenen Brücken zwischen den Teilnehmern, die Freundschaften, die oft weit über die Akademiezeit hinaus Bestand haben.

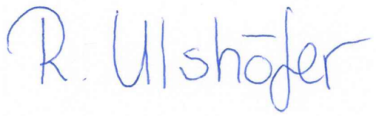
Wir haben jedoch nicht nur im symbolischen Sinne Brücken gebaut: Was genau die Akademie sein würde, das konntet ihr als Teilnehmer vor ihrem Beginn nicht wissen. Verdeutlicht wurde das durch eine große Plakatwand mit einem Abgrund, der zwischen zwei Ufern – dem Eröffnungs- und dem Doku-Wochenende – lag. Durch eure mitgebrachten Stärken, neu entdeckten Talente und gemeinsamen Akademie-Erlebnisse, die ihr fleißig auf Zetteln notiert habt, standen uns solide Bausteine für eine Akademiebrücke zur Verfügung.

Diese hat uns bis zum Doku-Wochenende geführt, bei dem ihr eure wissenschaftlichen Erkenntnisse und all das, was die Akademie sonst noch ausgemacht hat, in Form dieser Dokumentation auf Papier festgehalten habt.

Aber jetzt wünschen wir euch viel Spaß beim Lesen, Schmökern und Erinnern!

Eure/Ihre Akademieleitung

Anna Kandziora (Assistenz)



Rebecca Ulshöfer (Assistenz)

Jörg Richter

Dr. Petra Zachmann

Inhaltsverzeichnis

VORWORT **3**

KURS 1 – ASTRONOMIE **7**

KURS 2 – CHEMIE **29**

KURS 3 – GERMANISTIK **45**

KURS 4 – INFORMATIK **67**

KURS 5 – PHYSIK **83**

KURS 6 – THEOPRAX **101**

KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE **119**

DANKSAGUNG **137**

Kurs 6: Höher, schneller, sicherer – Modellraketen im Dienst der Forschung

Vorwort

Korbinian

270 Tonnen Salzsäure? Bei einem einzigen Start? Ja, das ist leider so: Bei einem Start einer Ariane-5-Rakete entstehen 270 Tonnen Salzsäure[1]. Das führt zum einen dazu, dass nach jedem dritten Start die Startrampe ausgewechselt werden muss, zum anderen, dass saurer Regen entsteht. Dieses Problems haben sich 12 Schülerinnen und Schüler im Kurs TheoPrax angenommen. Unter der Leitung von Monika, Stefan, Jürgen und Joel testeten wir verschiedene Treibstoffe an Modellraketen mit dem Ziel, umweltfreundliche, aber trotzdem leistungsstarke Treibstoffe zu entwickeln. Unsere Themenstellung erhielten wir vom Fraunhofer Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal. Um in zwei Wochen effektiv arbeiten zu können, teilten wir uns in zwei Gruppen auf: Die Chemie-Gruppe, die sich mit den Treibstoffen beschäftigte, und die Physik-Gruppe, die an dem Bau der Modellrakete arbeitete.

[1] Wingborg, N. et al., Green Propellants Based on ADN, *Proceedings of the Space Propulsion* **2008**, 5–8 May 2008, Heraklion, Greece

TheoPrax – was ist das eigentlich?

Carlos

TheoPrax ist eine Lehr- und Lernmethodik, bei der Theorie und Praxis eng verknüpft werden, somit wird die Motivation zum Lernen gesteigert. Mitte der 1990er Jahre wurde TheoPrax als Lernkonzept entwickelt: Mit großem Erfolg. Bis heute kamen über tausend gelungene Projekte mit Partnern aus Industrie und Forschung zustande. Auch wir erfuhren die Verknüpfung von Theorie und Praxis und konnten somit Einblicke in das wissenschaftliche Arbeiten erhalten.

Kursteilnehmer und Kursleiter

Linda und Dora

Tobias, das wandelnde Buch, versorgte mit kurzen, knappen Sätzen alle mit dem nötigen Grundwissen. Er bewahrte das Team oft vor dem berühmten Schuss in den Ofen, weil er uns durch kritisches Hinterfragen auf den richtigen Weg brachte. Durch sein schnell erlerntes Computerwissen konnte er uns gut unterstützen.

Korbinian, der fröhliche Clown, der immer gut drauf war, auch in manchen schwierigen Situationen. Er übernahm gerne die ihm zugeteilten Aufgaben und erwies sich dadurch z. B. im Labor als talentierter Aufräumer.

Franzi, die fröhliche, die mit ihrer coolen und lockeren Art die anderen aufmunterte. Selbst war sie hart im Nehmen und übernahm auch bereitwillig gerne die eher unbeliebteren Arbeiten. Dadurch behielt sie beispielsweise den nötigen Blick auf die Dokumentation des Projekts. Außerdem war sie gerne bereit, andere Kursteilnehmer bei manchmal frostigen Temperaturen zu wärmen.

Maria, die Sportskanone, immer voller Energie und mit ihrer ausgeglichenen Art ein Motivator für das Team. Es war unglaublich, wie viele vierblättrige Kleeblätter unsere Glücksfee bei der Sommerakademie fand. Gummibärchen mit Schaum waren ihre große Leidenschaft, aber auch die Schokobons waren vor ihr nicht sicher.

Johanna, die Liebe und Zurückhaltende, die mit ihren klugen Beiträgen dem Team sehr geholfen hat. Selbst stand sie gerne im Labor, um den Zucker zu karamellisieren, und sorgte so in unserem Labor für wohlige Gerüche. Beim Theaterspielen zeigte sie ihre coole Seite als Gangmitglied.

Linda, die Gutgelaunte, die mit ihrer optimistischen und motivierten Art die anderen ansteckte und immer den Überblick über alles behielt. Sie selbst verbrachte viel Zeit am Computer und bildete laut Aussagen aus dem Team mit dem Computer eine Einheit. Ihr Verdienst war es auch, dass eine ordentliche Dokumentation zustande kam, sodass sie sich die unzähligen von ihr verdrückten Oreos auf jeden Fall verdiente.

Fabian, der Oberschwabe, der in jeder Situation einen passenden schwäbischen Spruch auf Lager hatte. Er merkte sofort, wo Hilfe im Werkraum oder auch bei den Raketenstarts gebraucht wurde und unterstütze so tatkräftig die gesamte Gruppe. Fabian war voller Tatendrang und lockerte so manche schwierige Situation auf.

Carlos, der „König“ des TheoPrax-Kurses, der uns immer wieder mit seinen spontanen Aktionen zum Lachen brachte. Er arbeitete im Team wie zwei, was er als Zwilling oft zu hören bekam und kümmerte sich um viele technische Dinge. Mit seiner ruhigen Art sorgte er für ein ausgeglichenes Klima in der Gruppe.

Max, der Bauprofi, der alle immer wieder aufs Neue mit seinen außergewöhnlichen Ideen verblüffte. Er tüftelte gerne in der Werkstatt an neuen Dingen und versuchte immer wieder, unsere Raketen zu optimieren. Nebenbei begeisterte Max den gesamten Kurs mit seinen selbst gemachten, täglich wechselnden Bildschirmschonern.

Ria, die „Chefin“, die sich über jeden neuen, geglückten Start am meisten freute. Ria arbeitete gerne in der Werkstatt mit Klebstoffen und behielt mit einem Lächeln im Gesicht immer den Überblick über den Stand beim Raketenbau. Außerdem führte sie in-

nerhalb und außerhalb des Kurses die meisten Diskussionen mit einer extrem hohen Erfolgsquote.

Lorenz, unser „Hänschen Klein“, der bei jeder Besprechung 1000-mal den Satz: „Wie schreibt man das?“ von sich gab. Er begeisterte alle mit seinen kreativen Konstruktionen und baute mit Freude an den Raketen. Besonders gerne zeichnete und verklebte er Finnen. Für Spürhund Lorenz war das Raketensuchen ein Kinderspiel.

Dora, die Küchenkünstlerin, die immer zuverlässig und motiviert war. Sie war die geheime Chefin der Treibstoffgruppe und trieb die Gruppe auch unter Zeitdruck immer sanft voran. Dora trank mit Leidenschaft Tee und kreierte einen Raketenkuchen für unsere Kursleiter, der zwar nicht abhob, aber dafür sehr lecker schmeckte.

Joel, der beste und mit Abstand längste Schülermentor, der das Team wirklich immer motivierte! Mit lustigen Spielen lockerte er die Arbeitsatmosphäre auf und zeigte dem einen oder anderen dessen verstecktes Talent im alternativen Zeltaufbauen. Immer bei ihm war seine Kamera, mit der er den Traumberuf „Paparazzi“ entdeckt hat. Auch die Rolle als lebendige Rakete machte ihm keine Probleme.

Stefan, der Chemikerpapa, der die Treibstoffler unterstützte und mit Freude beobachtete, wie Dinge rauchten, stanken und knallten. Er wusste wirklich auf jede Frage eine Antwort und erklärte uns die kompliziertesten Dinge mit einfachen Beispielen. Stefan haute mit Vorliebe auf den großen Gong und drückte, zumindest bei den Starts, zum richtigen Zeitpunkt ab. Während der gesamten Akademie wurde jeder, der es nötig hatte, darüber aufgeklärt, dass zwischen Kleber und Klebstoff ein großer und sehr bedeutender Unterschied besteht.

Jürgen, der Werkstattprofi, der den Konstrukteuren tatkräftig zu Seite stand und auch hin und wieder spekulierte, ob F- Motoren nicht doch eine Option gewesen wären. Jürgen hob bei keinem Start ab und sorgte mit seiner lustigen Art für so manchen Risikobau. In der Werkstatt war er voll und ganz in seinem Element und gab den Raketen so noch den letzten Schliff.

Monika, die liebevolle Kurs-Mama, die immer den kühlen Kopf in stressigen Situationen bewahrte und damit jeden unterstützte. Alle Kursteilnehmer konnten mit all ihren Sorgen und Problemen, aber auch einfach nur mit lustigen Geschichten zu ihr kommen und wurden mit offenem Ohr empfangen, aufgemuntert und bestärkt. Neben dieser perfekten psychischen Versorgung, mit der jeder lernte, sich selbst und die anderen zu schätzen, ließ Monika auch die physische keinesfalls hängen und sorgte zusammen mit Stefan für den ständigen Nachschub an Süßigkeiten.

Themennennung/Projektarbeit

Ria

Die Ariane 5 ist die leistungsfähigste europäische Trägerrakete, die schwere Nutzlasten ins All befördern kann. Das Problem ist, dass bei jedem Start 270 Tonnen Salzsäure und weitere sehr umweltschädliche Chemikalien ausgestoßen werden. Deshalb wird in der Forschung schon lange versucht, umweltfreundliche, aber dennoch leistungsstarke Raketenfesttreibstoffe zu entwickeln. Der TheoPrax-Kurs lief dieses Jahr unter dem Motto „Höher, schneller, sicherer – Modellraketen im Dienst der Forschung“. Unsere Aufgabe war die Planung und Konstruktion von Modellraketen und die Entwicklung von umweltfreundlichen, aber leistungsstarken Festtreibstoffen. Der Schwerpunkt des Projekts lag dabei auf der Umweltverträglichkeit.

Da wir unsere Projektarbeit nach der TheoPrax-Methodik im Angebots-Auftragsverhältnis durchführten, hatten wir einen Auftraggeber, das Fraunhofer Institut für Chemische Technologie ICT in Pfinztal.

Vorstellung der Teamthemen: Physik

Ria

Die Physikgruppe bestand aus Max, Fabian, Linda, Ria, Lorenz und Carlos. Wir befassten

uns mit dem Bau von Modellraketen. Unser oberstes Ziel war der Bau einer Modellrakete, die sowohl sicher startet als auch sicher zum Boden zurückkehrt. Des Weiteren wollten wir Komponenten finden, die die Flugbahn einer Modellrakete verbessern und damit die Leistung unserer Raketen steigern.

Vorstellung der Teamthemen: Chemie

KORBINIAN

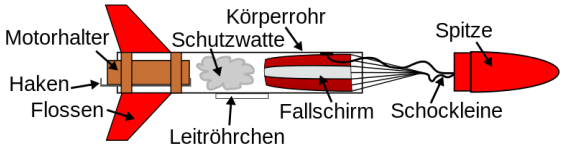
Unsere Gruppe bestand aus Dora, Maria, Franziska, Johanna, Tobias und Korbinian. Unser Ziel war es, umweltfreundliche Treibstoffe herzustellen, um die Modellrakete fliegen zu lassen. Wir arbeiteten im Labor, aber auch im Kursraum, denn wir mussten nicht nur die Treibstoffe anmischen, sondern sie vorher theoretisch mit Simulationsprogrammen berechnen. Darauf folgten viele Versuche und schließlich der Raketenstart.

Allgemeine Einführung in Raketen und Treibstoffe

MAX

Raketen

Eine Modellrakete ist im Grundaufbau vergleichbar mit Raketen, die in der Raumfahrt eingesetzt werden, weist aber dennoch Unterschiede auf. Der Aufbau, der Antrieb und die Funktion von Modellraketen sollen im Folgenden erläutert werden.



Aufbau einer Modellrakete[2]

Da Modellraketen im Normalfall nicht mehrstufig, sondern einstufig sind, wird als Raketenkörper meistens ein Körperrohr aus Pappe oder aus einem leichten Verbundwerkstoff, zum Beispiel CFK (Kohlenstofffaserverstärkter Kunststoff) oder GFK (Glasfaserverstärkter Kunststoff) verwendet. Der Raketenkörper besteht nicht aus einzelnen Segmenten und ist somit auch nicht trennbar.

Die Finnen, die die Rakete im Flug stabil halten, sind meist aus ähnlichen Materialien, auch Leichtmetalle wie Aluminium sind verwendbar.

Der Nasenkonus ist meistens aus Kunststoff gefertigt und sorgt für eine bessere Aerodynamik der Rakete, wodurch ein stabilerer Flug und eine größere Flughöhe erreicht werden. Außerdem schützt er im Falle eines Versagens des Rettungssystems die Rakete und die Messelektronik vor dem Aufprall, da die Spitze meist sehr stabil gebaut ist.

Das Rettungssystem, das im Inneren des Körperrohrs verstaut wird, besteht in den meisten Fällen aus einem Fallschirm aus Fallschirmseide, der mithilfe der Schockleine (eine sehr stabile und hitzebeständige Leine) mit dem Körperrohr und dem Nasenkonus verbunden ist. Durch die Ausstoßladung des Raketenmotors wird der Nasenkonus aus dem Körperrohr ausgestoßen und zieht den Fallschirm mit sich, welcher sich entfaltet und durch seinen Luftwiderstand den Fall der Rakete verlangsamt.

Bei kleineren Raketen wird häufig ein Strömer, auch „Flatterband“ genannt, verwendet. Ein Strömer besteht im Regelfall aus einem länglichen Streifen Fallschirmseide. Wenn er ausgestoßen wird, sorgt er zum einen durch seinen Luftwiderstand zu einer Verlangsamung des Falls, zum anderen bringt er die Rakete ins Trudeln und Schlingern, was ebenfalls den Fall verlangsamt.

Der Raketenmotor, der am unteren Ende des Körperrohrs eingesetzt wird, wird mithilfe der Motorhalterung befestigt, da der Durchmesser des Körperrohrs größer als der Durchmesser des Motors ist. Dazu wird der Motor in eine zusätzliche passende Röhre eingesetzt. Diese Röhre wird mithilfe von Zentrierringen im Körperrohr befestigt. Es können auch mehrere Motorhalterungen für mehr als einen Motor pro Rakete eingebaut werden.

[2] Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Raketenbauer, CC BY-SA)

Treibstoffe

In einem Feststoffantrieb für Raketen entstehen durch die chemische Reaktion von Feststoffen heiße Gase, die durch die Düse des Motors austreten und für den nötigen Schub sorgen.

Ein normaler Festtreibstoff besteht aus den Grundbestandteilen Binder und Oxidator. Als Binder verwendbar sind Zucker, Zellstoff und Hydroxy-terminiertes Polybutadien (HTPB). Als Oxidator wird meistens Kaliumnitrat, Ammoniumnitrat oder Ammoniumperchlorat verwendet.

Ein typischer Festtreibstoff in den Ariane-5-Boostern besteht aus HTPB, Ammoniumperchlorat und Aluminium.

Außerdem können Zusätze wie Katalysatoren, die die Aktivierungsenergie herabsetzen, und Stabilisatoren, die die chemische Beständigkeit des Treibstoffes erhöhen und die Lagerung vereinfachen, hinzugefügt werden.

Ein ausgewogenes Verhältnis der einzelnen Bestandteile ist wichtig, um ein zu langsames oder ein zu schnelles Abbrennen des Treibstoffes zu verhindern. Ein zu schneller Abbrand würde einen zu hohen Brennkammerdruck verursachen. Ein gleichmäßiges Abbrennen des Treibstoffes ist wichtig für einen gleichmäßigen und konstanten Schub.

Der gesamte Raketenmotor besteht aus einem Motorrohr, in das drei verschiedene Ladungen eingesetzt sind:

Die erste Ladung, die Treibladung, verbrennt relativ schnell und sorgt durch die ausströmenden Gase für den Schub, den die Rakete zum Abheben und Beschleunigen benötigt.

Die zweite Ladung, die Verzögerungsladung, verbrennt nur sehr langsam. Dadurch wird eine Zeitverzögerung bis zur letzten Phase, der Ausstoßphase bewirkt.

In der Ausstoßphase verbrennt eine kleine Menge Treibladung sehr schnell und sorgt für einen Überdruck im Körperrohr. Dadurch werden Nasenkonus und Rettungssystem ausgestoßen.

Für jede der drei Ladungen des Motors wird ein eigener Treibstoff mit passenden Eigenschaften benötigt.

Flugverlauf

Ein normaler Flug einer Rakete beginnt mit der Zündung und dem anschließenden Start der Rakete.

Durch den Abbrand der Treibladung entsteht der nötige Schub, um die Rakete in der Schubphase zu beschleunigen. Diese Phase dauert bei Modellraketen meistens nicht länger als zwei bis drei Sekunden.

In der Schuberhaltungsphase ist die Treibladung des Motors abgebrannt und die Verzögerungsladung brennt langsam ab, um für eine Zeitverzögerung zu sorgen. Währenddessen befindet sich die Rakete durch ihren Impuls, der sie vorantreibt, immer noch im Steigflug.

Am höchsten Punkt der Flugbahn oder auch kurz danach beginnt die Ausstoßphase, in der die Ausstoßladung des Motors den Nasenkonus aus dem Körperrohr ausstößt. Das Rettungssystem, das durch die Schockleine mit dem Nasenkonus und dem Körperrohr verbunden ist, wird dadurch auch aus dem Körperrohr befördert.

Im Sinkflug verlangsamt das Rettungssystem den Fall der Rakete und sorgt für ein sanftes Aufsetzen der Rakete bei der Landung.

Das Eröffnungswochenende

Lorenz

Unsere Akademiezeit war in drei Abschnitte unterteilt: das Eröffnungswochenende, die Sommerakademie und das Dokumentationswochenende.

Beim Eröffnungswochenende hatten wir die Gelegenheit, uns gegenseitig kennen zu lernen. Mit den ersten Themeneinblicken stiegen die Erwartungen an die Wochen im Sommer; gleichzeitig bekamen wir auch den nötigen Respekt vor der anstehenden Aufgabe.

Das erste Mal den Kursraum zu betreten und die anderen Teilnehmer zu sehen war natürlich sehr aufregend. Wir begannen mit einer Einführung in die TheoPrax- Methodik und einer Präsentation zum Projektmanagement. Da bei der Projektarbeit die Kommunikation eine sehr

wichtige Rolle spielt, machten wir daraufhin eine Kommunikationsübung, bei der jede Person verdeckt drei Bilder bekam. Diese mussten beschrieben werden und im Anschluss von uns in ihre richtige Reihenfolge gebracht werden. Dabei stellte sich schon die erste Vorliebe unsere Gruppe heraus: Das Diskutieren.

Am nächsten Morgen bekamen wir von unserem Kursleiter Stefan eine Einführung in die Raketentreibstoffe und in die physikalischen Grundlagen einer Rakete. Wir teilten uns in zwei Gruppen ein: Die Chemiker, die für die Herstellung der Treibstoffe zuständig waren, und die Konstrukteure, die sich um den Bau der Raketen kümmern sollten. Jeder von uns bekam einen Themenbereich zugeteilt, zu dem wir uns bis zum Beginn der Akademie informieren und eine kleine Präsentation vorbereiten sollten. Die einzelnen Gruppen mussten sich zusätzlich im Forum absprechen, welche Materialien sie während des Sommers zum Mischen der Treibstoffe und zum Bau der Raketen benötigen würden.

Ablauf der Sommerakademie

Linda

Während der Sommerakademie planten, bauten und erforschten wir unsere eigenen Modellraketen mit umweltfreundlichen Treibstoffen. Zuerst arbeiteten wir einen Zeit- und einen Projektstrukturplan aus. Diese Pläne begleiteten uns während der gesamten Akademiezeit. Wir setzten uns feste Ziele zum erfolgreichen Abschließen unseres Projektes. Als Erstes standen, neben den üblichen Konstruktions- und Laborarbeiten, Einheiten zu Kreativitätstechniken und Projektmanagement auf dem Plan.

Nach einer Woche intensiver Forschungsarbeit machten wir dann den nächsten wichtigen Schritt. Wir bereiteten die Rotation vor und schauten, was wir schon geschafft hatten und was noch zu machen war. In den folgenden Tagen planten wir weitere Raketen und Motoren und testeten diese dann auch bei mehreren Testflügen. Außerdem unternahmen wir einige Ausflüge zum Modellflugplatz, wo wir weitere erfolgreiche und spektakuläre Raketenstarts durchführten.

In den letzten Tagen beschäftigten wir uns dann noch mit dem Abschlussbericht für unseren Auftraggeber. Zum Schluss der Akademie hielten wir noch eine Abschlusspräsentation, bei der wir unsere Zuhörer mit Fachwissen, Anschauungsmaterial und kurzen Filmausschnitten von den Raketenstarts zum Staunen brachten.

Versuchsaufbau Treibstoffe

Tobias

Für unsere Experimente hatten wir ausreichend Material geordert – mehr als ausreichend, wie wir gegen Ende der Akademie feststellen mussten. Dadurch war der limitierende Faktor unseres exquisiten Laborspaßes, der dankenswerterweise vom Fraunhofer Institut für Chemische Technologie ICT finanziert wurde, nicht das Material, sondern die Zeit.

Die Fragezeichen in den Gesichtern kann man förmlich sehen

Bevor wir uns ins Labor begaben, um unsere Treibstoffe zu mischen und zu testen, mussten wir zunächst eine Auswahl treffen, denn eine Kombination aller bestellten Stoffe (Zucker, HTPB, Cellulose, Ammoniumnitrat, Kaliumnitrat, Aluminium) mit unterschiedlichsten Anteilen hätte weit über tausend Möglichkeiten eröffnet. Mit Hilfe des Programms „ICT-Code“ für thermodynamische Berechnungen, das uns über das Fraunhofer ICT zugänglich war, ermittelten wir die für uns wichtigen Eigenschaften unseres Stoffgemisches, so zum Beispiel die spezifische Ausströmgeschwindigkeit der Gase $c*$, den spezifischen Impuls I_{sp} pro Kilogramm Treibstoff sowie die Dichte ϱ und die Sauer-

stoffbilanz OB. Entscheidender Faktor unserer Materialkomposition war schließlich der spezifische Impuls.

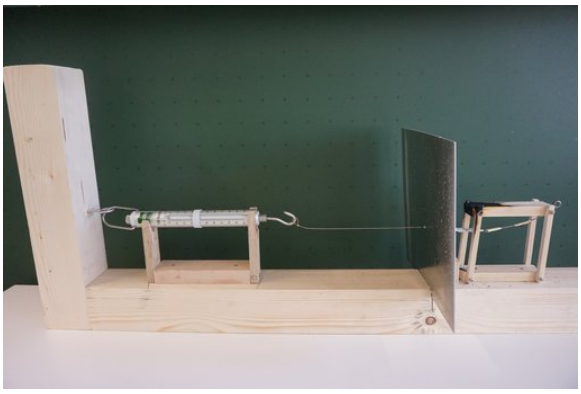
Nachdem wir im Simulationsprogramm annähernd hundert vielversprechende Zusammensetzungen berechnet hatten, verfassten wir Rezepturen. Dabei beschränkten wir uns nicht nur auf die Kombination mit dem errechneten höchsten spezifischen Impuls, sondern nutzten auch ähnlich eingestufte Materialzusammensetzungen.

Im Labor wurde fleißig gewogen, gemörsert, vermischt, karamellisiert, gegossen, geschüttet, geputzt und dokumentiert. Selbstverständlich kamen auch die Tests nicht zu kurz; diese umfassten sowohl den Abbrand als auch die Schubmessung.

Formen für Strands mit 4 gegossenen Treibstoffen

Zur Vorbereitung einer Abbrandmessung gossen wir unsere karamellisierten Treibstoffe in etwa 15 cm lange sogenannte Strands (einfache Streifen aus dem fertig gemischten Treibstoff), die wir nach dem Aushärten im Idealfall zur Gänze aus der Gussform herauslösten, was aber leider so gut wie nie der Fall war. Diese Strands legten wir so auf eine Aluminiumplatte, die mit einer Zentimeterskala versehen war, dass sie bis zu unserem festgelegten Messstartpunkt einen gleichmäßigen Abbrand aufwiesen. Lose, nicht karamellisierte Treibstoffgemische wurden in gleicher Art aufgeschüttet. Nach der Anzündung begann die Zeitmessung, sobald die Flammfront den Startpunkt überschritten hatte. Sie endete, als der Zielpunkt der Skala erreicht wurde. Mit einfachsten Rechnungen ließ sich anschließend die Abbrandgeschwindigkeit in mm/s bestimmen.

In der Werkstatt hatten wir lange an einer perfekten Vorrichtung zur Schubmessung getüftelt: Nach unseren Überlegungen sollten im Abbrandtest bewährte Materialkombinationen dafür in Motorhüllen mit 25 mm Innendurchmesser gefüllt werden, deren vorderes Ende zuvor mit einer Düse aus gepresstem und befeuchtetem Gips verschlossen worden war.



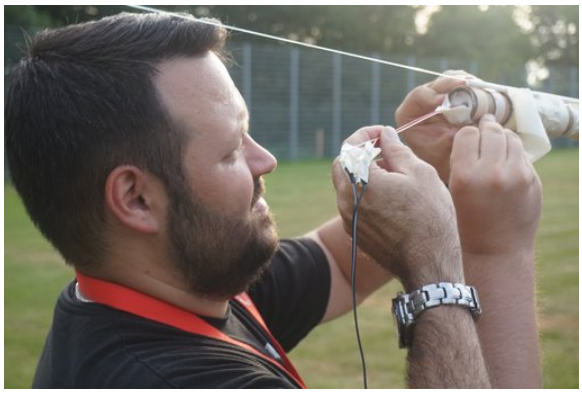
Schubmessvorrichtung (mit E-Saite)

Diese Motoren wurden auf dem beweglichen Schlitten der Anlage mit Kreppband fixiert und gezündet. Der entstehende Schub sollte dann über eine am Schlitten befestigte Gitarrensaite auf einen Kraftmesser übertragen werden, der hinter einer Aluminiumplatte angebracht wurde. Leider verrichtete die Anlage nicht die von ihr geforderte Arbeit. Auch eine Gipsabdichtung der Gasaustrittsöffnung bis auf ein mittiges, kleines Loch brachte keinen messbaren Erfolg.

Um unsere Entwicklung dennoch mit den Standardmotoren vergleichen zu können, spannten wir eine Angelschnur über den Sportplatz und forderten eine „Simulationsrakete“, in unserem Fall einfach ein Motor, der über eine Vorrichtung an der Angelschnur beweglich befestigt war, aus der Werkstatt an. Während unser Motor die Vorrichtung überhaupt nicht bewegte, bewältigte ein D-9 Motor des Modellbauers Klima die Versuchsanlage so gut, dass die Testrakete am Ende der Messstrecke zerschellte.

Alle unsere Optimierungsbemühungen galten daher der Düse, die in unseren bisherigen Versuchen, wenn überhaupt, nur provisorisch vorhanden war.

Für die Motoren, die am Schießtag in der Rakete zum Einsatz kommen sollten, wählten wir



Stefan mit drei Händen

nochmals größere Motorrohre mit einem Innendurchmesser von 30 mm und einer Höhe von etwa 20 cm. Zum Abdichten nutzten wir, wie für die Düse auch, mit Wasser vermischten Gips und füllten den von uns entwickelten Treibstoff sowie eine zur Verfügung gestellte Verzögerungs- und Ausstoßladung ein.

Konstruktion der Raketen

Carlos

Nachdem wir unsere Rakete per Space CAD5 berechnet hatten, befestigten wir als erstes die Finnen, die in einem genauen 120°-Winkel mit einer Konstruktion am Körperrohr befestigt wurden, welches aus möglichst leichtem Material bestehen musste.

Angeregte Diskussionen vor dem Bau der Raketen

Der nächste Schritt war das Bergungssystem, das entweder aus einem Fallschirm oder einem Strömer für kleinere Raketen bestand. Dabei musste darauf acht gegeben werden, dass der Fallschirm nicht so groß war, dass er das Körperrohr verstopfte. Die Fallschirme wurden aus stabiler Fallschirmseide ausgeschnitten und mit reißfesten Leinen zur Befestigung versehen, die wiederum mit einem Ring an der Schockleine und der Spitze befestigt wurden. Die Schockleine wurde entweder an der Motorhalterung festgeklemmt oder durch ein Loch im Körperrohr befestigt. Damit die heißen Gase der Ausstoßladung nicht den Fallschirm beschädigten, musste vor dem Start noch Schutzwatte in das Körperrohr gestopft werden. Diese ganze Bergungskonstruktion wurde vor dem Schießen noch auf dem Sportplatz getestet.

Hat da gerade etwas geklappt?

Als nächstes waren die Motorhalterungen an der Reihe. Anfänglich wurden sie umständlich mit Zentrierringen befestigt, die den Motor jedoch nicht gerade hielten. Das wurde aber einfacher, als wir zwei Motoren in die Rakete einbauten, um doppelten Schub zu erhalten, weil diese zusammen genau in das Körperrohr passten.

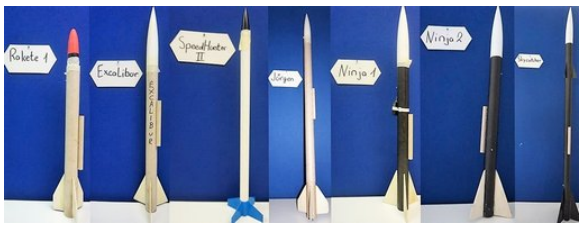
Später merkten wir auch, dass es praktisch war, die Hohlräume zwischen den Motoren aufzufüllen, damit von der Ausstoßladung nicht die Motoren, sondern der Fallschirm aus der Rakete gestoßen wurde. Dieser Fehler verlieh unserer Rekordrakete Ihren Namen „Excalibur“. Die Spitze war bei dieser Aktion stabil genug um einen Sturzflug aus 221 Meter Höhe zu überstehen. Das ist der absolute Beweis dafür, dass wir eine sehr stabile Konstruktion hatten. Raketen ohne vorherige Berechnung zu schießen stellte sich allerdings als schlecht heraus. Beim Schießen musste man außerdem darauf achten, dass die Startvorrichtung gegen den Wind geneigt war, um das Abdriften der Rakete durch den Wind einigermaßen auszugleichen.

Schießtage

Fabian

1. Raketenstarttag

Nachdem die Raketen gebaut waren, wollten wir testen, ob sie auch fliegen. Deshalb gingen wir am ersten Dienstag der Akademiezeit auf den Modellflugplatz des FMSC Bauland e. V. zu unserem ersten Raketenstart. Zu diesem Zeitpunkt hatten wir schon zwei Raketen konstruiert, die wir beide testen wollten.



Unser gesamtes Raketenarsenal

Als erstes startete die Rakete 1 mit einem D9-Motor von Klima. Die Rakete erreichte eine Höhe von 84 m, die mit einem barometrischen Altimeter gemessen wurden. Sie kam sicher wieder zum Boden zurück. Wir konnten sie deshalb auch schnell wiederfinden. Dennoch war der Flug nicht ganz perfekt: Uns war aufgefallen, dass die Rakete einen sehr instabilen und schlingernden Flug hatte. Unsere Vermutung war, dass entweder die Spitze zu schwer war oder die Finnen schief angebracht wurden.

Als nächstes erreichte Excalibur mit zwei C6-Motoren der Firma Klima eine Höhe von 123 m. Der Flug war relativ stabil, aber statt das Bergungssystem nach oben auszuschleudern, wurden die Motoren nach hinten ausgestoßen. Die Rakete wurde beim Aufprall leicht gestaucht, da sie im freien Fall in den Acker flog. Unsere erste Vermutung war, dass der Fallschirm zu viel Reibung verursachte, weil er zu groß war und zu sehr in das Körperrohr gestopft wurde.

Deshalb schossen wir Excalibur noch einmal mit zwei C6-Motoren der Firma Klima nach oben. Sie erreichte zwar 121 m, aber es traten die gleichen Probleme wie zuvor auf: die Motoren wurden nach hinten ausgestoßen und nicht das Bergungssystem nach vorne. Wir kamen zum Ergebnis, dass es nicht an dem Fallschirm liegen konnte, weil wir beim zweiten Versuch einen kleineren, reibungsärmeren Fallschirm verwendet hatten. Unsere nächste Vermutung war, dass der Druck der Ausstoßladung, der normalerweise den Fallschirm nach oben ausstoßen sollte, seitlich der Motorhalterung entwich, da wir dort den Hohlraum nicht abgedichtet hatten.

Zum Schluss wollten wir noch testen, wie die Rakete 1 ohne Finnen fliegt. Dieser Flug funktionierte nicht wie gedacht. Der Flug war sehr instabil, fast horizontal und erreichte nur eine Höhe von 81 m. Der Fallschirm wurde zu spät ausgestoßen, weil die Verzögerungsladung für die Höhe nicht geeignet war.

Fazit

Unser erster Starttag war erfolgreich. Wir wussten, dass unsere Raketen mit den Standardmotoren gut fliegen, und wir wussten jetzt, wie ein Start abläuft. Außerdem gewannen wir viele neue Erkenntnisse, zum Beispiel:

- Eine Rakete fliegt ohne Finnen nicht stabil.
- Die Finnen müssen sehr genau angeklebt werden.
- Wir müssen neben den Motoren den Hohlraum abdichten, damit der Druck der Ausstoßladung nicht nach hinten ausweichen kann.

2. Raketenstarttag

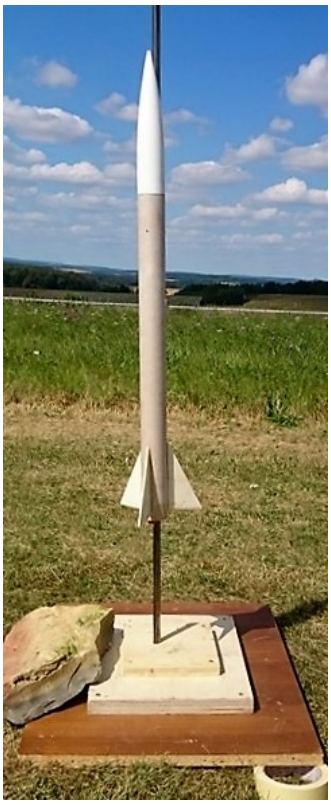
Nachdem wir weiter an unseren Raketen gefeilt hatten, wollten wir wissen, ob wir nach den Änderungen ein besseres Flugergebnis erzielen konnten.

Als erstes durfte Excalibur mit zwei C6-Motoren fliegen. Sie erreichte eine Höhe von 110 m, trotz eines leicht instabilen Flugs. Das Bergungssystem funktionierte allerdings immer noch nicht. Dieses Mal wurde nur die Spitze, nicht aber der Fallschirm ausgestoßen. Wir beschlossen daraufhin, den kleineren Fallschirm zu benutzen, da der große zu viel Platz benötigte und zu viel Reibung verursachte.

Wir schossen anschließend SpeedHunter 1. Sie zeigte mit einem B4-Motor einen sehr schönen

Flug. Da kein Bergungssystem für die Rakete eingeplant war, wurde der Motor nach hinten ausgestoßen. Die Rakete flog im freien Fall in ein Kleefeld und ging verloren.

Nun schossen wir Speedy, die Boden-Boden-Rakete, nach oben. Der Start war erfolgreich. Sie kam aber nicht sehr hoch, weil die Rakete eine sehr starke Rotation aufwies. Die Landung war sehr unsanft, da kein Bergungssystem vorhanden war.



Ready to take off

Als nächstes erreichte SpeedHunter 2 mit einem C6-Motor eine Höhe von 225 m. Dabei wurde das Bergungssystem wieder nicht ausgestoßen. Die Rakete hatte einen relativ stabilen Flug. Bei ihrem Sturz blieb sie unversehrt.

Bei Rakete 1 wurden die Finnen überarbeitet und ein anderes Bergungssystem benutzt. Die Höhe wissen wir nicht, da wir das Altimeter nicht dabei hatten. Sie hatte aber einen guten Flug, bei welchem das Bergungssystem nicht ausgestoßen wurde. Die Landung war unsanft und die Spitze drang tief in den Boden ein.

Zum Schluss durfte Excalibur noch einmal mit zwei D9-Motoren an den Start. Wir überarbeiteten kurz zuvor nochmals das Bergungssystem: die Schockleine wurde kürzer geschnitten und der Fallschirm wurde mehrmals mit der Schockleine umwickelt. Excalibur schaffte bei diesem Versuch unseren Highscore von 299 m. Der Flug war perfekt. Dieser Flug war stabil und das Bergungssystem wurde planmäßig ausgestoßen.

Fazit

Nach diesem Start wussten wir, wie wir den Fallschirm falten müssen, damit er problemlos mit dem Druck der Ausstoßladung ausgestoßen werden kann. Außerdem war es wichtig, jede Rakete vor der Konstruktion ganz genau zu planen. Dass Excalibur zum Schluss noch einen sehr guten Flug hatte, bei dem es nicht viel zu kritisieren gab, war sehr gut. Wir wussten nun, wie die Raketen am besten konstruiert werden sollten.

3. Raketenstarttag

Zu unserem letzten Raketenstart nahmen wir alle Raketen mit, die wir während der Akademiezeit konstruiert hatten. Außerdem packten wir noch verschiedene selbst entwickelte Treibstoffe ein, um zu schauen, wie leistungsfähig unsere Motoren sind.

Zum Start durfte Excalibur mit zwei D9-Motoren abheben. Die Rakete hatte nach einem erfolgreichen Start einen hohen und stabilen Flug. Leider war der Höhenmesser ausgeschaltet, weshalb wir die Höhe nicht bestimmen konnten. Das Bergungssystem funktionierte wunderbar, sodass die Rakete wieder sicher zum Boden zurückkommen konnte.

Danach schossen wir das erste Mal Ninja 1 in die Höhe. Nach einem geglückten Start brachten sie zwei D9-Motoren sehr weit nach oben. Sie hatte einen stabilen Flug und landete perfekt. Wie zuvor zeigte uns das Altimeter wieder keine Höhe an, obwohl es diesmal angeschaltet war, was uns (nach dem Lesen der Bedienungsanleitung) zu dem Entschluss führte, dass das Altimeter nur 10 Flüge misst und speichern kann. Deshalb mussten wir die aufgezeichneten Flüge löschen, damit das Altimeter wieder unsere neuen Flüge aufnehmen konnte.

Anschließend startete Rakete 1 mit einer anderen Spitze. Sie hatte einen taumelnden Flug, aber die Landung war perfekt, da das Bergungssystem wie bei allen anderen Flügen ohne Probleme ausgestoßen wurde. Das Altimeter zeigte wieder keine Werte an und wir kamen nun zu dem Schluss, dass es kaputt war.

Letzte Vorbereitungen ... Dann geht's ab!

Als letzte Rakete durfte SpeedHunter 2 mit Standardmotoren fliegen. Der Flug war relativ stabil. Die Höhe konnte aber wieder nicht abgelesen werden, da die Messung nicht erfolgreich war. Wie zuvor klappte auch die Landung.

Jetzt wollten wir noch unsere selbst gebauten Motoren testen. Wir testeten zwei Treibstoffe mit der Rakete Jürgen. Der erste Start war geglückt. Der Treibstoff zündete und die Rakete hob ab. Leider war der Kammerdruck zu hoch, weshalb die Düse unseres Motors herausbrach. Die Rakete erreichte ungefähr 2–3 Meter Höhe.

Bei dem zweiten Start war der Kammerdruck zu gering. Die Rakete blieb deshalb am Boden, und der Treibstoff brannte circa eine Minute.

Danach probierten wir mit Ninja 2 einen anderen Treibstoff aus. Wegen einer Fehlzündung glückte der Start nicht. Mit Skycatcher, unserer Ein-Meter-Rakete, zündeten wir zwei verschiedene Treibstoffe. Der erste davon war ein Fehlstart. Der zweite funktionierte zwar gut, die Rakete blieb jedoch am Boden. Aber das Bergungssystem funktionierte und der Fallschirm wurde ausgeworfen.

Fazit

Am Ende des Tages waren alle mehr oder weniger zufrieden. Bei der Konstruktionsgruppe hat alles funktioniert: Erfolgreicher Start – stabiler Flug – Auswurf des Fallschirms – Landung. Wir hatten nur ein Handicap: Der Höhenmesser (das Altimeter) funktionierte nicht immer. Das war dann aber nicht so schlimm, weil wir wussten, dass unsere Rakete sehr nah an die 400 m-Marke geflogen war, denn obwohl das Altimeter nicht funktionierte, konnte man deutlich mit bloßem Auge erkennen, dass die Rakete höher geflogen war als unsere Rekordrakete. Außerdem war die Zeit, die die Rakete ohne funktionierendes Altimeter wieder zu Boden brauchte, spürbar länger.

Rückkehr der Astronauten

Die Treibstoffgruppe konnte auch viel Positives mitnehmen:

- Erfolgreicher Start beim ersten Versuch.
- Auswurf des Fallschirms beim dritten Versuch.

Man kann sagen, dass die Raketen mit unseren Treibstoffen mit besserer Ausrüstung besser und höher geflogen wären. Das Hauptproblem war der zu hohe bzw. der zu niedrige Kammerdruck im Inneren der Motoren. Hätte man zum Beispiel eine Hydraulikpresse gehabt, hätte man den Motor besser fabrizieren können, und dieses Problem wäre wohl gelöst.

Ergebnisse der Physiker

Fabian

Wir waren damit beschäftigt, unsere Raketen so gut wie möglich zu konstruieren, und waren sehr zufrieden nach der letzten Kontrolle und dem letzten Raketenstart. Wichtig waren für uns:

- ein erfolgreicher Start

- ein stabiler Flug
- der Auswurf des Bergungssystems
- eine sichere Landung
- ein schnelles Wiederfinden der Rakete
- keine Schäden an der Rakete
- ein Flug so hoch wie möglich.

Bei dem letzten Start hatten alle Raketen einen sehr schönen und auch hohen Flug. Die Raketen kamen fast immer sicher nach unten, und wir konnten sie schnell wieder finden, was heißt: das Bergungssystem hat funktioniert.

Die 400 m-Marke (so hoch darf man ohne Genehmigung fliegen) haben wir leider nicht geschafft, aber wir sind sehr nahe an diese Marke herangekommen. Wir haben alle Raketen wiedergefunden, außer SpeedHunter 1. SpeedHunter 1 hatte aber auch kein Bergungssystem und landete in einem Kleefeld. Das war zwar tragisch für uns, aber trotzdem waren wir uns alle bewusst, dass das Schießen dieser Rakete ohne Fallschirm sehr riskant war. Außerdem haben wir viel über das Konstruieren von Raketen gelernt, z. B. dass eine Rakete ohne Finnen nicht fliegt. In der Werkstatt haben wir von Jürgen viele Tipps und Tricks bekommen, wie man dieses oder jenes besser machen könnte. Wenn wir mehr Zeit gehabt hätten, hätten wir die Raketen exakter konstruieren können. Zum Beispiel hätten wir den 120°-Abstand der Finnen, der der Rakete eine stabilere Flugbahn verliehen hätte, verbessern können. Das Gesamtgewicht der Rakete hätte auch noch verringert werden können.

Wir sind aber mit unseren Ergebnissen in nur zwei Wochen sehr, sehr zufrieden.

Ergebnisse der Chemiker

Johanna

Die verschiedenen Treibstoffkombinationen wurden mit Hilfe eines Simulationsprogrammes namens „ICT Code“ zusammengestellt und ihre Werte für den spezifischen Impuls, die Dichte etc. errechnet.

Dabei wurden bei manchen Kombinationen keine Werte für den spezifischen Impuls angezeigt oder teilweise bei einem besonders niedrigen bzw. hohen Oxidatorgehalt gar keine Werte angegeben, was an einem Fehler in der Berechnung lag.

Oft lagen aber große Unterschiede zwischen der Theorie, der Berechnung des Simulationsprogrammes, und der Praxis, den Ergebnissen der Versuche.

Nach der eigentlichen Treibstoffherstellung trat oft das Problem auf, dass die Treibstoff-Strands beim Herauslösen aus der Form zerbrachen und dann zur Abbrandmessung in Einzelteilen verbrannt wurden.

Der erste Versuch war eine Zucker-Kaliumnitrat-Kombination. Die Abbrandmessung ergab 23 mm/s.

In der Treibstoff-Backstube … mit himmlischem Karamellgeruch.

Bei diesen Versuchen kam es oft zu einer sehr starken Rauchentwicklung, einem unregelmäßigem Abbrand und mehreren Flammenfronten. Diese Ergebnisse sind jedoch etwas fragwürdig, da man aus Vorerfahrung weiß, dass so eine Abbrand-Geschwindigkeit eigentlich nur bei höheren Drücken entsteht.

Die gleichen Probleme traten auch bei Versuchswiederholungen auf. Dazu kam, dass sich die Treibstoffe mit der vorhandenen Ausrüstung nicht richtig pressen ließen und sofort wieder zu Pulver zerfielen.

Deshalb mussten für die Messungen teils etwas körnige Schüttungen benutzt werden. Dabei sind die Teilchen nicht so nah beieinander und die Wärmeübertragung funktioniert nicht so gut, darum sind Schüttungen für Abbrandversuche eher ungünstig.

Bei den Versuchen mit Ammoniumnitrat als

Oxidator mussten wir feststellen, dass diese Kombinationen nicht entzündet werden konnten, obwohl für sie sehr gute Werte errechnet wurden. Auch nach mehreren Wiederholungen mit verschiedenen Verhältnissen ließen sich diese Stoffe nicht verbrennen. Kombinationen, die sowohl Kaliumnitrat als auch Ammoniumnitrat enthielten, ließen sich nur mit viel Aktivierungsenergie entzünden, brannten unregelmäßig ab und hörten immer wieder auf zu brennen.

Ob es wohl hält?

Die Schubmessung erfolgte erst mit einer eigens dafür konstruierten Schubmessvorrichtung, bei der der Treibstoff auf einen Schlitten gespannt wurde und über einen Draht an einem Kraftmesser zog. Dieser Draht ist beim ersten Versuch einer Schubmessung allerdings gerissen, sodass der Versuch mit einem dickeren Draht wiederholt werden musste. Aufgrund der fehlenden Düse wurden bei weiteren Versuchen leider auch keine Ergebnisse erzielt, da sich nicht genug Brennkammerdruck aufbauen konnte. Daraufhin wurde eine andere Testmethode mit einem Seil in der Waagerechten angewandt, wobei zuerst das Seil durchschmorte. Nachdem die Distanz zwischen Motor und Seil vergrößert wurde, brannte der Treibstoff dann zwar ab, jedoch bewegte der Motor sich trotzdem nicht fort. Der Vergleich mit einem Standardmotor zeigte, dass das Problem bei dem selbst hergestellten Motor lag und die selbstgebaute Düse aus Gips keinen ausreichenden Brennkammerdruck zustande bringen konnte.

Die selbstgebaute Düse bestand aus Gips mit einem Loch in der Mitte und konnte nicht gepresst werden. Der Boden des Motors bestand ebenfalls aus Gips und die Motorhüllen aus einem in Phenolharz getränkten Papprohr, sodass der Gesamtmotor viel zu schwer wurde.

Ergebnisdiskussion der Physiker

Ria

Während wir daran arbeiteten, unsere Raketen immer mehr zu verbessern, sind uns einige Probleme aufgefallen.

Bei unserem größten Problem, dem Rettungssystem, traten folgende verschiedene Teilprobleme auf:

1. Manchmal hat die Ausstoßladung die Spitze nicht ausgestoßen. Stattdessen ging der erzeugte Druck hinten aus dem Körperrohr und nahm dabei die Motoren mit. Dieser Fall war der häufigste, bis wir herausfanden, woran es lag. Das größte Problem war, dass die Raketen anfangs hinten nicht abgedichtet waren. Dadurch konnte der Druck nach hinten „entweichen“. Außerdem benutzten wir längere Zeit keine Motorhaken, wodurch die Motoren zu locker in der Motorhalterung saßen.
2. Einige Male war zu beobachten, dass die Spitze zwar ausgestoßen wurde, der Fallschirm allerdings nicht. Daraus schlossen wir, dass der Fallschirm zu viel Reibung besaß. Um die Reibung zu minimieren, kürzten wir die Schockleine, entfernten die elastische Schockleine, so dass nur noch die Kevlar-Schockleine übrigblieb und verringerten das Volumen des Fallschirms. Mit diesen Optimierungen hatten wir tatsächlich Erfolg und das Problem trat am Ende nicht mehr auf.
3. Zudem kam es auch vor, dass der Fallschirm zwar ausgestoßen wurde, er sich allerdings nicht entfaltete. Das lag an der Falttechnik. Wenn der Fallschirm falsch gefaltet wird, kann er sich nicht entfalten.

Ein weiteres Problem, mit dem wir uns intensiv befassten, war die instabile Flugbahn von einigen unserer Modellraketen. Diesem Problem lag meist das Problem des Bauvorgangs zu Grunde. Es zeigte sich, dass die instabilen Flugbahnen häufig an der Ungenauigkeit

der Finnen lagen oder an winzigen Unregelmäßigkeiten an der Spitze. Mit den Geräten, die wir vor Ort hatten, konnten wir die Finnen in keinem exakten 120°-Winkel verkleben. Die zweite Ursache des Problems lag an Gewichten, die wir in der Planung im Vorfeld nicht berücksichtig hatten. Bei einigen Raketen wurden der Druck und Schwerpunkt dadurch so verschoben, dass sie sogar instabil wurden.

Ergebnisdiskussion der Chemiker

TOBIAS

Die Abbrandtests stellten uns immer wieder vor große Herausforderungen, die wir jedoch mit den uns zur Verfügung stehenden Mitteln nicht komplett meistern konnten:

Bei unseren nicht karamellisierten Treibstoffen konnten wir das Pulver zwar in unsere Abbrandformen, die Strands, geben, hatten jedoch keine Möglichkeit, das leicht gepresste Pulver wieder in einer strangähnlichen Form aus den Strands herauszulösen – es entstanden vielmehr großflächige Streuungen, die nicht zur Abbrandmessung geeignet waren. Bei zum Strang zusammengeschobenen Schüttungen hatten wir besonders mit einem unregelmäßigen und vor allem langsamen Abbrand zu kämpfen.

Bei den karamellisierten Strands dagegen waren die Werte aufgrund der besseren Wärmeübertragungsfähigkeit durch näher zusammenliegende Teilchen deutlich besser. Dass die Strands beim Herauslösen aus der Form öfters zerbrachen, störte nicht weiter, da man die Strands, zumindest einigermaßen, wieder zusammenpuzzlen konnte. Ein Problem, das aber bei beiden Varianten bestand, war der Funkenflug, der immer wieder für mehrere Flammfronten sorgte und somit aufgrund der kürzeren, tatsächlich zurückgelegten Strecke der vorderen Front die Messergebnisse des Abbrands in Millimeter pro Sekunde erhöhte und damit drastisch verfälschte.

Die Ergebnisse der thermodynamischen Berechnungen erwiesen sich nicht immer als praxisgetreu, teilweise funktionierten unsere Versuche mit den errechneten Masseverhältnissen nicht, was vor allem an einem fehlendem Kammerdruck gelegen haben könnte, letztlich zählte daher nur der im Labor erbrachte Beweis.

Mit der frühzeitigen Aushärtung eines künstlichen Binders, HTPB, hatten wir ebenfalls zu kämpfen: Das Treibstoffgemisch ließ sich unter keinen Umständen aus dem Becherglas in die dafür vorgesehene Form gießen, mehrere Holzspatel gingen bei Versuchen, die mehr als zähe Masse aus dem Glas zu lösen, zu Bruch. Mit einem Weichmacher konnten wir diesbezüglich Abhilfe schaffen.

Dass das Drahtseil an der Schubmessvorrichtung ganz ohne Schubeinwirkung riss, hängt vermutlich mit einer etwas ungünstigen Materialauswahl zusammen, eine dickere Gitarrensaite (für Gitarristen: es handelte sich um die E-Saite) hielt den Beanspruchungen stand, ein Schubwert konnte trotzdem nicht ermittelt werden.

Beim Seil in der Waagerechten war die Materialauswahl, eine Angelschnur (keine näheren Angaben für Angler, tut mir leid), ebenfalls nicht durchdacht genug, sie riss aufgrund der Hitze, ein mit weiterem Abstand vom Seil angebrachter Motor konnte dieses Problem lösen, das der Schuberzeugung leider nicht.

Ein letztes ungelöstes Problem stellte eine Düse dar, die aufgrund einer zu großen Öffnung nicht funktionierte. Die der endgültigen Version hingegen tat ihre Arbeit so gut, dass der Brennkammerdruck zu stark anstieg und die Düse aus dem Motorrohr herausplatzte, ebenso riss das Motorrohr auf einer Seite ein, die Rakete hob daraufhin nur zwei Meter vom Boden ab.

Auch in unserem endgültigen Motor (so endgültig, wie er nach zwei Wochen Forschung sein kann) hatten wir immer noch mit einem unregelmäßigen und vereinzelt langsamen Abbrand zu kämpfen.

Probleme, die bei uns ungelöst blieben, aber keineswegs unlösbar sind:

Unter Druck würden mehr Stoffkombinationen abbrennen, mit Hydraulikpressen ließe sich der Treibstoff gleichmäßig und besser verdichten (und vor allem jedes Mal aufs Neue gleich) und schließlich könnte man wesentlich bessere Düsen konstruieren.

Dass die Raketen nicht allzu hoch geflogen sind, ist aus unserer Sicht zwar schade, aber keineswegs ein Misserfolg; Forschung geht eben nicht in nur zwei Wochen!

Ausblick

Franziska

Im Rahmen unseres Projekts haben wir erste Ergebnisse erreicht. Jedoch kann man noch Vieles verbessern. Die Düse könnte deutlich verbessert werden. Dazu müsste sie genauer berechnet und sauberer gebaut werden. Um eine Düse genau zu bauen, hatten wir nicht die geeigneten Vorrichtungen. Ebenso könnte man auch die Motoren verbessern, denn da wir keine Hydraulikpresse zur Verfügung hatten, konnten wir unseren Pulver-Treibstoff nicht genügend in die Motorhülle pressen. Außerdem ist es wichtig, eine noch stabilere Flugbahn der Modellraketen zu erreichen und die Modellraketen leichter zu bauen.

Abschlusspräsentation

Maria

Mit der Abschlusspräsentation am vorletzten Tag der Sommerakademie stellten wir Eltern, Teilnehmern, Ehemaligen und vielen anderen Besuchern unsere Arbeit und Ergebnisse der letzten zwei Wochen vor. Gemeinsam erarbeiteten wir eine Präsentation, die aus einer kurzen Einführung in das Thema „Modellraketen“, der Erklärung der TheoPrax-Methodik und ihren Zielen und jeweils einem Teil zu unseren beiden Hauptthemen, der Konstruktion und der Treibstoffentwicklung, bestand. Außerdem nahmen wir uns eine der selbstgebauten Modellraketen und eigene Zeichnungen auf Flipchartpapier zu Hilfe, um den Aufbau einer Modellrakete, ihres Motors und einen unserer Versuche zu erklären.

Vorarbeit hatten wir eine Woche früher schon im Rahmen der sogenannten „Rotation“ geleistet, sodass wir bereits eine Orientierung hatten und nicht von vorne anfangen mussten. Um Besuchern die Möglichkeit zu geben, mehrere Vorstellungen anzusehen, teilten wir uns in vier Dreiergruppen auf, die zu verschiedenen Zeiten präsentierten.

Zu unserer Freude war das Interesse an unseren Vorträgen groß, der Vortragsraum war stets bis auf den letzten Platz gefüllt.

Am Ende unserer jeweiligen Präsentationen überreichten Monika und Stefan jedem von uns zusätzlich ein Zertifikat, mit dem unsere Teilnahme am TheoPrax-Kurs und die damit verbundenen Kenntnisse bestätigt wurden.

Was sonst noch so lief . . .

Dora und Maria

Bei aller Arbeit blieb uns dennoch Raum und Zeit für Freundschaften und Humor, Naschereien, Lernmodule und Spiele. Also verschiedenste Dinge, die unseren Kurs ausmachten.

Nach einem eher zögerlichen Start und dem Vorwurf, wir würden keine Süßigkeiten mögen, vernichteten wir bald immer größere Mengen an Keksen (Oreos, Doppelkekse, Waffeln . . .), Gummibärchen und anderer Nervennahrung. Besonders Max zeigte eine große Vorliebe für Doppelkekse. Auf weiblicher Seite wurde neben der Vernichtung der Süßigkeiten mit unserem Schülermentor auch sehr gerne Tee getrunken. Letztendlich mussten unsere Kursleiter mehr als einmal Nachschub besorgen.

Achtung: Teejunkies

Um Auflockerung zu schaffen, bauten die Kursleiter und unser Schülermentor Joel hin und wieder ausgefallene Gruppenspiele ein, die die Stimmung und Konzentration noch verbesserten. So bauten wir blind Zelte auf (das Durchfädeln der Stangen durch das Zelt wurde teil-

weise überbewertet, und so glichen manche der Zelte eher einem Tipi, was aber niemanden direkt zu stören schien), spielten „Ninja“ und tolle Kommunikationsspiele, mit denen wir die Wichtigkeit der Kommunikation lernten.

Gar nicht so einfach … Vor allem, wenn man es auch sehend nicht packt!

Immer wieder hielt Monika vorbereitete Module zu Themen wie Projektmanagement, Kommunikation und Kreativitätstechniken ab, die uns die Vorgehensweise bei unserer Arbeit erleichterten und uns auch außerhalb der Akademie weiterhelfen.

Auch auf dem Modellflugplatz, den wir freundlicherweise für unsere Tests nutzen durften, hatten wir eine Menge Spaß. Beginnend bei der Namensgebung für unsere zeitweise Höhenrekordhalterin „Excalibur“, nachdem diese ihren Sturz aus 123 m Höhe etwa 15 cm im Boden beendet hatte und wieder schwer aus dem Boden zu bekommen war. Doch für Carlos war das Herausziehen kein Problem, und er kann sich nun stolz „König des TheoPrax-Kurses“ nennen.

Große Freude hatten wir auch an dem Zwetschgenbaum dort, der sehr leckere reife Zwetschgen trug, an denen wir uns jederzeit bedienen durften, was wir dann auch reichlich taten. Am letzten Flugtag allerdings hatten einige von uns ziemlich mit dem kalten, windigen Wetter zu kämpfen, daher übernahmen sie nach dem Prinzip der Bionik die Wärme- und Überlebenstechnik der Pinguine, indem sie sich zu einem dichten menschlichen Knäuel zusammendrängten.

Ein tolles Event, das man nach der Akademie auf jeden Fall auch noch im Gedächtnis hat, ist das Sportfest, das unser Kurs mit einem fabelhaften fünften Platz beendet hat. An den verschiedenen Stationen, die auf dem Akademiegelände verteilt waren, vertrat stets jeder lautstark seine Meinung, und wir zeigten uns wieder von unserer diskutierfreudigen Seite, die leider nicht immer mit der davonlaufenden Zeit harmonierte.

Dreh den SWAG auf!

Von Joel wurden wir durchgehend motiviert, er glaubte immer an uns oder brachte es zumindest sehr überzeugend herüber und gab uns viele helfende Tipps. Mit ihm wurde unser Spruch fürs Sportfest auch erst perfekt. Nach einem lautstarken dreifachen „THEO…PRAX“ und dem anschließenden Countdown hätte sich niemand eine bessere lebende Rakete mit Hütchen auf dem Kopf vorstellen können, die aus einem Kreis von heiseren und lachenden Kursteilnehmern emporsteigt. Nur Korbinian hatte wegen seines Lachens oft keine Zeit zum kräftigen Mitschreien, was er sich von Joel hinterher anhören musste.

Nachdem wir alle Disziplinen bestritten hatten, marschierte unser Kurs, überzeugt von unse-

rer Leistung, im Gänsemarsch mit einem lautstarken „Hey Zwerge, Hey Zwerge, Hey Zwerge Ho ...“ zum abschließenden Eierlauf auf dem Sportplatz und konnte sich durch den Einmarsch eine Entschuldigung für das Zuspätkommen ersparen.

Rakete Joel hebt ab

Da wir stets von Monika, Stefan, Jürgen und Joel unterstützt wurden, hielten wir es für angebracht, uns bei ihnen zu bedanken und dachten da an einen Kuchen, da man während der Akademie nie „Nein“ zu etwas Süßem sagt. Deswegen trafen sich ein paar „Bäckerinnen“ aus unserem Kurs nach dem Mittagessen und während einer KüA-Schiene in der Leiterküche und hantierten fleißig mit Mehl, Zucker, Eiern und Co. Natürlich kamen während unserer Backaktion ausgerechnet Joel und Stefan in die Küche, doch wir konnten durch schnelle Reaktionen den Blick auf den Kuchen verhindern, und sie ahnten ihr Glück zu dem Zeitpunkt noch nicht. Die Überraschung ist uns dann also gelungen, sodass die essbare Rakete mit viel Zuckerguss und einer Flugplatzzwetschge als Motor allen gut schmeckte.

Pflaumen ... Motoren der Zukunft?

Fazit

Johanna

Treibstoffherstellung und Motorenkonstruktion

Die Treibstoffgruppe war in jeder Situation kreativ und hatte eine Lösung parat. Es gab stets neue Lösungsansätze, um Problemsituationen bestmöglich zu überwinden.

Im Labor wurde ordentlich gearbeitet und ausführlich dokumentiert, wobei der Sicherheitsaspekt immer im Vordergrund stand.

In einer weiteren Projektarbeit wäre es mit einer besseren Ausrüstung möglich, die Leistung der Treibsätze und die Verarbeitungsqualität der Motoren zu erhöhen und die Gesamtmasse zu reduzieren. Mit Hilfe einer Hydraulikpresse wäre es möglich, eine stabilere Düse zu pressen, die dem hohen Brennkammerdruck standhält.

Konstruktion der Raketen

Die Konstruktionsgruppe hat viele verschiedene Raketen entwickelt und gebaut. Dabei wurde stets auf genaues Arbeiten geachtet. Auch zusätzlich benötigte Dinge für den Bau der Raketen und die Raketenstarts, wie beispielsweise die Startrampe, wurden von den Konstrukteuren gebaut.

In einem weiterem Projekt könnte man versuchen, die Flugbahn der Rakete zu optimieren und die Gesamtmasse der Rakete zu reduzieren.

Arbeiten in der gesamten Gruppe

Nach anfänglichen Kommunikationsschwierigkeiten haben wir uns alle sehr gut verstanden und sorgten damit für eine gute Atmosphäre. Die Teamarbeit hat sehr gut funktioniert, wobei sich jeder mit seinen persönlichen Stärken einbringen konnte. Alle haben sich in den zwei Wochen positiv weiterentwickelt.

Wir haben viel Neues gelernt, konnten unsere Ideen umsetzen, hatten dabei sehr viel Spaß und haben in unserem Projekt viel erreicht.

Danksagung

Franziska

Wir möchten herzlich allen unseren Förderern und Unterstützern danken:

- unserem Auftraggeber Dr. Volker Gettwert vom Fraunhofer Institut für Chemische Technologie ICT für die Finanzierung und Ermöglichung unseres Projektes
- der Science-Academy Baden-Württemberg für das Angebot und die Organisation der Kursidee
- bei unseren Kursleitern Monika, Jürgen und Stefan für ihren unglaublichen Einsatz und ihre Geduld, mit denen sie die gemeinsame Arbeit erst möglich machten
- bei unserem Schülermentor Joel für seine Begleitung und Motivation, die unseren Kurs ausmachte, was sich besonders beim Sportfest zeigte
- beim Landesschulzentrum für Umwelterziehung für die Bereitstellung von Räumlichkeiten und Gelände
- bei Herrn Rieß vom Flug Modell Sport Club Bauland e. V. für die Erlaubnis, unsere Raketen auf dem Modellflugplatz zu starten und uns außerdem am Pflaumenbaum zu bedienen.

Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei denjenigen herzlich bedanken, die die 14. JuniorAkademie Adelsheim / Science-Academy Baden-Württemberg überhaupt möglich gemacht haben.

Finanziell wurde die Akademie in erster Linie durch die Stiftung Bildung und Jugend, die H. W. & J. Hector Stiftung, den Förderverein der Science-Academy sowie durch den Fonds der Chemischen Industrie unterstützt. Dafür möchten wir an dieser Stelle 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 und mit Unterstützung der Bildung & Begabung gGmbH Bonn für Jugendliche aus dem ganzen Bundesland realisiert wird. Wir danken daher dem Leiter der Abteilung 7 des Regierungspräsidiums Karlsruhe, Herrn Vittorio Lazaridis, der Referatsleiterin Frau Leitende Regierungsschuldirektorin Dagmar Ruder-Aichelin, Herrn Jurke und Herrn Dr. Hölz vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport sowie dem Koordinator der Deutschen Schüler- und JuniorAkademien in Bonn, Herrn Volker Brandt, mit seinem Team.

Wie in jedem Jahr fanden die etwas über einhundert Gäste sowohl während des Eröffnungswochenendes und des Dokumentationswochenendes als auch während der zwei Wochen im Sommer eine liebevolle Rundumversorung am Eckenberg-Gymnasium mit dem Landesschulzentrum für Umwelterziehung (LSZU) in Adelsheim. Stellvertretend für alle Mitarbeiter möchten wir uns für die Mühen, den freundlichen Empfang und den offenen Umgang mit allen bei Herrn Oberstudiendirektor Meinolf Stendebach, dem Schulleiter des Eckenberg-Gymnasiums, besonders bedanken.

Zuletzt sind aber auch die Kurs- und KüA-Leiter gemeinsam mit den Schülermentoren 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 die sie zum Leben erwecken, sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Deshalb möchten wir uns bei ihnen und ihren Eltern für ihr Vertrauen ganz herzlich bedanken.