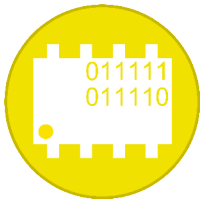
Deutsche JuniorAkademien

JuniorAkademie Adelsheim

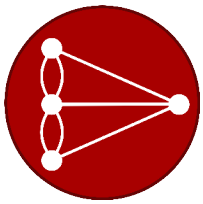
12. Science Academy Baden-Württemberg 2014



Digitaltechnik

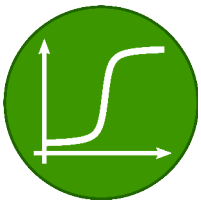
Geophysik

Geschichte/Germanistik



Mathematik

Physik



TheoPrax

H.W. & J. Hector Stiftung

Regierungspräsidium Karlsruhe
Abteilung 7 – Schule und Bildung

Dokumentation der JuniorAkademie Adelsheim 2014

12. Science Academy Baden-Württemberg

Träger und Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2014:
Regierungspräsidium Karlsruhe
Abteilung 7 –Schule und Bildung–
Hebelstr. 2
76133 Karlsruhe
Tel.: (0721) 926 4454
Fax.: (0721) 933 40270
E-Mail: georg.wilke@scienceacademy.de
petra.zachmann@scienceacademy.de
www.scienceacademy.de

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von den Kurs- und Akademieleitern sowie den Teilnehmern der 12. JuniorAkademie Adelsheim 2014 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mit Hilfe von LaTeX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter
Druck und Bindung: RTB Reprotechnkik Bensheim
Copyright © 2014 Georg Wilke, Petra Zachmann

Vorwort

Die Science-Academy Baden-Württemberg fand in diesem Jahr bereits zum 12. Mal am Landesschulzentrum für Umwelterziehung auf dem Eckenberg in Adelsheim statt. Gemeinsam mit einem fast 30-köpfigen Leiterteam verbrachten hier rund 70 Schülerinnen und Schüler aus ganz Baden-Württemberg die zweiwöchige Sommerakademie, das Eröffnungswochenende und das Dokumentationswochenende.

Am Eröffnungswochenende stehen sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer gegenüber, ohne sich jemals zuvor begegnet zu sein. Am Dokumentationswochenende hat sich jeder von ihnen nicht nur in die wissenschaftlichen Inhalte seines Kurses vertieft, sondern sich auch persönlich weiterentwickelt.

Während der gemeinsamen Zeit wurde aus diesen einzelnen Personen eine große Gemeinschaft. Es entstand eine Atmosphäre, die die Zeit zu einer sehr besonderen machte. Das Gefühl, im Kurs eine „bahnbrechende“ Erkenntnis gewonnen zu haben und etwas Neues ausprobiert zu haben, trägt ebenso dazu bei wie das Gefühl, seine Grenzen kennengelernt zu haben, vielleicht überwunden zu haben, zumindest aber daran gewachsen zu sein. Auch sind es der respektvolle Umgang miteinander und der Raum für Kreativität und Individualität, die diese besondere Atmosphäre entstehen ließen und sie prägten.

Um der Gemeinschaft zusätzlich einen gemeinsamen Rahmen zu geben, steht jede Akademie unter einem bestimmten Motto. In diesem Jahr war es das „Glück“, das uns über die Zeit hinweg begleitete. Glück ist ein weiter Begriff und hat unwahrscheinlich viele Facetten. Für uns standen die kleinen Glücksmomente, die Freundschaften, die entstehen und die Erfahrungen, die hier gemacht werden, im Vordergrund. Für einige Glücksmomente sorgte unser *geheimer Freund*, der

uns immer wieder mit kleinen Aufmerksamkeiten überrascht hat. Gemeinsam haben wir viele schöne Momente erlebt. Diese Momente werden uns immer begleiten und in Erinnerung bleiben.

Am Ende haben wir die Akademie wieder durch die Akademietür verlassen, und unsere gemeinsame Zeit ist zu Ende gegangen. Doch eines möchten wir euch mit auf dem Weg geben: Eure Wege werden sich wieder kreuzen! Die Freundschaften, die hier entstehen, halten oft noch über Jahre hinweg, und die Erfahrungen und die Erkenntnisse, die ihr hier gewonnen habt, gehen euch nie mehr verloren. Geht also mit offenen Augen durchs Leben und haltet Ausschau nach neuen „Türen“. Habt den Mut, sie zu öffnen und durch sie hindurch zu gehen.

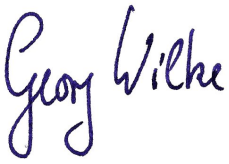
Wir wünschen euch alles Liebe und Gute für euren weiteren Weg und für das, was als nächstes auf euch zukommt. Wir freuen uns sehr darauf, euch bald – in egal welchem Zusammenhang – wieder zu sehen. Vielleicht ja sogar wieder hier in Adelsheim!

Viel Spaß beim Lesen und Schmökern!

Eure/Ihre Akademieleitung

Patricia Keppler (Assistenz)

Nico Röck (Assistenz)



Georg Wilke

Dr. Petra Zachmann

Inhaltsverzeichnis

VORWORT **3**

KURS 1 – DIGITALTECHNIK **7**

KURS 2 – GEOPHYSIK **27**

KURS 3 – GESCHICHTE/GERMANISTIK **47**

KURS 4 – MATHEMATIK/INFORMATIK **71**

KURS 5 – PHYSIK **95**

KURS 6 – THEOPRAX **113**

KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE **129**

DANKSAGUNG **143**

Kurs 2 – Geophysik: Atmosphärenforschung

Unser Kurs

Clara ist zeichnerisch und musikalisch sehr begabt und erklärte den anderen schwere Themen sehr anschaulich. Hinter ihrem Lockenkopf verbirgt sich ein phänomenales Gedächtnis, mit dem sie uns jeden Tag aufs Neue beeindruckte.

Lukas ist der kleine, blonde Stuttgart-Fan, der sich oft scherzeshalber mit unserer Schülermentorin Johanna über Fußball stritt. Er half engagiert bei den Mini-Kameras und sorgte mit seinem einheimischen Dialekt für lockere Stimmung.

Julian war stets sehr hilfsbereit, was etwa daran deutlich wurde, dass er uns selbst noch freitags spät abends die Heliumformel erklärte – und das mehrmals. Selbst bei seinen sehr langen Sätzen verlor er nie den Überblick über die Kommasetzung, und er blieb immer ruhig und konzentriert.

Nelly war immer gut drauf und für einen Spaß zu haben. Regelmäßig lockerte sie die Stimmung mit Musik auf, blieb jedoch sehr engagiert und erarbeitete unser wundervolles SMILE-Logo.

Kai war unser Master-Programmierer in Sachen Canon-Kamera und arbeitete sich fleißig durch das Skript durch. Mit seinem Kommentar „Das war gar nicht mal so dämlich“ sorgte er für so viele Lacher, dass er es bis aufs Kursshirt schaffte und somit in die Geschichte einging.

Tobias trug mit seiner fröhlichen Art und seinen erfrischenden Ideen maßgeblich zur Entstehung unseres Kurs-T-Shirts bei. Auch das geniale Major-Dom-Video stammt von ihm.

Viktoria brachte als ausdauernde Leistungsschwimmerin viel Energie in die Gruppe

mit. So ist es auch nicht verwunderlich, dass sie wie ein Wasserfall redete. Durchhaltevermögend wie sie war, eignete sie sich zusammen mit ihrem schnellen Denken perfekt als Gondelbauerin.

Jan hatte als unser Ninja-Meister blitzschnelle Reflexe und wusste in jeder Situation sofort, was zu tun war. Mit seinem scharfen Verstand rettete er uns vor so mancher Schwierigkeit. Wenn er nicht gerade seine laute Trompete spielte, war er ein ruhiger Typ. Er designte unser Kursshirt.

Anna Lena stand wie eine mutige Heldin mit einem Lötkolben bewaffnet vor der undurchdringlichen Wand aus Styropor. Tapfer ertrug sie den beißenden Gestank und brannte Loch für Loch in unsere Gondel. Sie lachte gerne und hielt unseren Ballon so ausdauernd fest, dass ihr Umriss auf unserem T-Shirt landete.

Lion wusste stets um seinen Standpunkt. Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass er derjenige war, der für die GPS-Geräte zuständig war. Seit dem schicksalhaften Tag, an dem wir unsere Gondel nach dem Flug fast nicht wiedergesehen hätten, bedeutet sein Handy-Klingelton, mit dem die Ankunft der Koordinaten der Gondel per SMS verkündet wurde, für uns pures Glück.

Felicia behauptet von sich, nicht leise reden zu können. Sie überzeugte mit ihrer sympathischen, fröhlichen Art nicht nur beim gemeinsamen Theaterstück. Großes Engagement zeigt sie als Rettungsschwimmerin bei der DLRG und auch als Expertin für die Mini-Camcorder, womit sie auch maßgeblich zum Erfolg unseres Projektes beitrug.

Ruozhao ist nicht nur die ausgeglichenste Person unseres Kurses, sie war auch immer konzentriert bei der Sache. Mit ihrer stets fröhlichen Art gab sie jedem das Gefühl, es könne gar nichts schief gehen.

Caros vielseitigen Talente waren uns oft eine große Hilfe. Was hätten wir ohne ihre Lötfähigkeiten gemacht? Wer hätte diese Doku gesetzt, wenn nicht sie? Und wer hätte uns sonst mit Süßigkeitenbergen überschüttet? Immer lachend gab sie nie auf und wusste immer eine Lösung.

Dominik besser bekannt als Major Dom, redete viel und gerne. Nicht ohne Grund hat Caro ihm manchmal den Mund mit Panzertape zugeklebt. Ohne ihn hätten wir an einem ordentlich gespart: Cola. Allerdings hatte er viele wichtige Ideen und Anmerkungen und baute mit seinem Motivationstalent den „krass coolsten Kurs der Welt“ immer wieder auf.

Johanna, unsere furchtlose Schülermentorin, hätte für uns jeden Baum bezwungen, um die Gondel wiederzuholen. Solange sie ihre Schokolade hat, meistert sie jede Herausforderung. Immer gut gelaunt und doch immer zielorientiert rief unser liebster SC-Fan uns immer wieder zur Ordnung. Beim Countdown zum Start – mit Megafon – war sie fast genauso wenig zu halten wie beim Wiederfinden unserer Gondel.

Beim Sportfest.

Vorwort

Clara McKellar

Strikt getrennt nach Jungs und Mädchen saßen wir am Eröffnungswochenende im Kursraum und warteten auf die Leiter. Im Nachhinein kann ich über unser aller Zurückhaltung und über unsere Schüchternheit nur schmunzeln.

Innerhalb kürzester Zeit hatte sich ein Gruppenzusammenhalt gebildet, wie ich ihn noch nie erlebt habe.

Gemeinsam kletterten wir auf Bäume, liefen – nur mit einem GPS-Gerät ausgestattet – im Wald herum und verloren beim Sportfest. Natürlich durfte auch das traditionsreiche, allseits beliebte Ninja-Spiel nicht fehlen.

Trotz all dieser Vergnügungen verloren wir nie unser Ziel aus den Augen: Unser Projekt namens SMILE (Station um Messwerte in luftigen Höhen zu erfassen). Doch wie kriegt man eine Wetterstation auf über 20 km Höhe? Unsere Antwort: Mit einem Wetterballon. Und waren wir einmal erschöpft vom vielen Planen und Bauen, kam immer jemand mit einer Tüte Chips oder einer Packung Gummibärchen und päppelte uns wieder auf. Hier nun also die Ergebnisse unserer Arbeit.

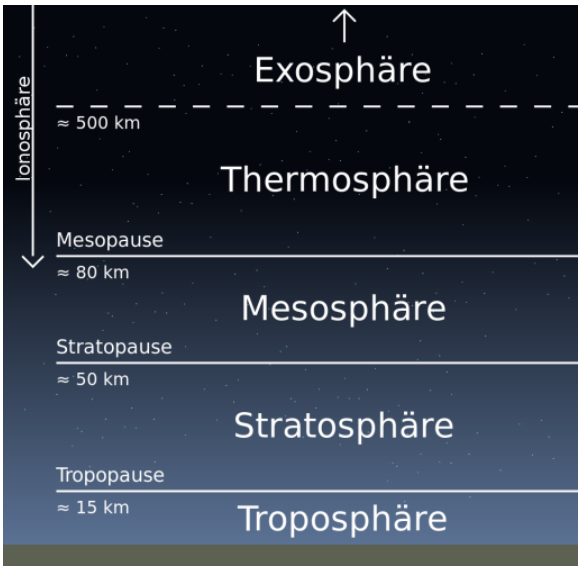
Die Erdatmosphäre

Clara McKellar

Wenn man vom Erdboden aus immer höher steigt, passiert man auf dem Weg zum Weltraum die verschiedenen Schichten der Atmosphäre. Zwischen den einzelnen Schichten gibt es Grenzzonen, sogenannte Pausen.

Die unterste Atmosphärenschicht ist die Troposphäre: die Schicht, in der sich das, was wir Wetter nennen, hauptsächlich abspielt. Innerhalb der Troposphäre steigt warme Luft auf, während kalte absinkt. In Bodennähe ist es in der Troposphäre noch ziemlich warm. Das liegt daran, dass die Erde die Energie der Sonne aufnimmt und dadurch auch die Luft in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche aufheizt. Je höher man kommt, desto kälter wird es, bis die Temperatur schließlich am Beginn der Stratosphäre nach der Tropopause nur noch etwa −60 °C beträgt.

In der Stratosphäre ist die Luft sehr trocken, weshalb sich auch kaum Wetterphänomene beobachten lassen. Nur unter extrem kalten Bedingungen, zum Beispiel in der Polarnacht, bildet sich dann und wann eine Wolke. Während der sogenannten Blauen Stunde in der Dämmerung kann man die berühmte Ozonschicht, die sich hauptsächlich in der Stratosphäre befindet, mit eigenen Augen sehen. In der Stratosphäre steigt die Temperatur wieder auf ca. 0 °C an, denn in der Ozonschicht wird die UV-Strahlung der Sonne absorbiert und in Wärme umgewandelt.



Aufbau der Erdatmosphäre. Grafik: Niko Lang und Ladyt (CC-BY-SA 3.0).

Danach durchquert man die Mesosphäre. Sie ist auch als „kalte Schicht“ bekannt, da hier Temperatur und Luftdruck dramatisch sinken. Bis zum Ende der Mesosphäre, der Mesopause, fällt die Temperatur auf ca. −90 °C, bevor sie später wieder ansteigt. Die UV-Strahlung ist in der Mesosphäre so stark, dass ein Mensch sich in kürzester Zeit starke Verbrennungen zuziehen würde. Über den Polarkappen bilden sich in dieser Sphäre im Sommer bläulich-silbern schimmernde Nachtwolken, die man gelegentlich auch in unseren Breiten beobachten kann. Dabei handelt es sich um Ansammlungen von Eiskristallen.

Die äußerste klar definierte Schicht der Erdatmosphäre ist die Thermosphäre, bevor der fließende Übergang zum Weltraum beginnt. Hier herrschen Temperaturen zwischen 300 °C und 1500 °C. Je nach Sonnenaktivität können es aber auch an die 2000 °C sein. Trotzdem würden wir keine Hitze spüren, wenn wir unsere Hand aus unserem Gefährt strecken würden, denn die Dichte hier ist millionenfach geringer als auf der Erde. Die Temperatur äußert sich vielmehr in der Geschwindigkeit der Teilchen.

In der Thermosphäre umkreist unter anderem die Internationale Raumstation (ISS) die Erde.

Das Ziel unseres Projektes war es, Daten aus der Stratosphäre zu messen und mit auf der Erdoberfläche ermittelbaren Werten zu vergleichen. Der Ballonbau war dabei nur ein Mittel zum Zweck. Doch im Laufe des Sommers rückte der Ballon immer mehr in den Vordergrund, und alles drehte sich um die entscheidende Frage: Würde er es bis in die Stratosphäre schaffen? Und noch viel wichtiger: Würde die Gondel heil zurück zur Erde gelangen? Ich bin sehr stolz, sagen zu können, dass wir all unsere Ziele erreicht haben. Sowohl die ursprünglich zentralen, als auch die, die später in den Mittelpunkt rückten.

Ballon und Fallschirm

Anna Lena Schaible

Schon vor Beginn der Akademie im Sommer diskutierten wir fleißig im Internetforum der Science-Academy, welcher Ballon und welcher Fallschirm am geeignetsten sind und was wir am besten für die Gondel verwenden könnten. Für die Recherche teilten wir unseren Kurs in vier Gruppen mit jeweils drei Leuten ein.

Das Team „Skyfall“, bestehend aus Viktoria, Clara und Lukas, kümmerte sich um den Fallschirm, „die Helis“, bestehend aus Lion, Julian und Anna Lena, um den Ballon und die Berechnung der benötigten Heliummenge. Beim Ballon entschieden wir uns für den Wetterballon vom Typ 1700 von der Firma Stratoflights. Er wiegt selbst 2,3 kg und hat befüllt auf dem Erdboden einen Durchmesser von ca. 2,5 m. Dieser Ballon kann laut Herstellerangaben bis zu 2,5 kg transportieren, so dass wir problemlos zwei Datenlogger, zwei Mini-Camcorder, eine Digitalkamera und zwei GPS-Geräte in einer selbstgebauten Gondel aus Styropor mit auf die Reise schicken konnten.

Der Ballon hat an der Oberseite eine Öffnung, durch die das Gas mithilfe eines Schlauches eingefüllt wird. Verschlossen wird er mit einer Kugel, die man mit einer Schnur in die Öffnung ziehen kann. An dem Ballon war ursprünglich eine Lastverteilungshaut befestigt, die wir entfernten. Stattdessen befestigten wir unsere Gondel direkt am Ballon. Dadurch sparten wir 0,6 kg ein.

Der Ballon musste bis zum Start lichtgeschützt gelagert werden. Außerdem trugen wir beim Befüllen Handschuhe, da unser Hautfett dem Material der Ballonhaut schaden würde und somit das Risiko bestehen würde, dass der Ballon an dieser Stelle früher als gewollt platzt.

Fallschirm (rot, im Vordergrund ausgebreitet) und Ballonhülle (braun, noch nicht befüllt) vor dem Start.

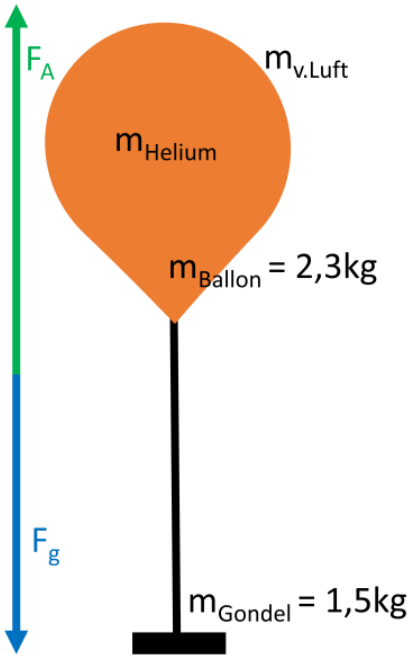
Beim Fallschirm entschieden wir uns für das Modell 2500, ebenfalls von der Firma Stratoflights, das speziell für Wetterballons designt wurde und 600–1200 g Nutzlast, also unsere Messgeräte in der Gondel, sicher zurück zur Erde bringen kann. Der Fallschirm hat einen Durchmesser von 120 cm und wiegt 80 g. Er öffnet sich automatisch nach dem Platzen des Ballons und besteht aus einem reißfesten Gewebe, das nicht so schnell zerknittert. Oben in der Mitte hat der Fallschirm ein kleines Loch, damit sich der Druck ober- und unterhalb ausgleichen kann. Ein weiterer Vorteil war die rote Farbe des Fallschirms, damit wir die Gondel nach der Landung besser finden konnten.

Der Fallschirm wird mit einer leichten, reißfesten Spezialschnur ca. 5 m unterhalb des Ballons befestigt. Die Gondel wiederum wird 10 m unterhalb des Fallschirms angebracht, damit keine Gefahr besteht, dass sich die einzelnen Objekte ineinander verfangen. Da unser Flug optimal verlief, können dass wir sagen, dass wir bei Ballon und Fallschirm die richtige Wahl getroffen haben.

Der Aufstieg eines Ballons

Julian Todt

Zunächst haben sich „die Helis“ darüber Gedanken gemacht, wieso unser Ballon überhaupt aufsteigt und was wir dafür tun müssen. Ein Ballon steigt aus anderen Gründen auf als ein Passagierflugzeug, das Triebwerke und riesige Tragflächen besitzt. Vereinfacht gesagt wirken aber auf beide dieselben physikalischen Kräfte: zum einen die Gewichtskraft, die sowohl Flugzeug oder Ballon als auch jede andere Masse in Richtung Erdmittelpunkt zieht, und zum anderen die Auftriebskraft, die nach oben gerichtet ist. Erst wenn die Auftriebskraft größer ist als die Gewichtskraft, steigt ein Gegenstand nach oben. Die Geschwindigkeit dieser Bewegung hängt dabei im Endeffekt von der Differenz der beiden Kräfte ab. Um sicherzugehen, dass unser Ballon steigen wird, muss man also beide Kräfte bestimmen und vergleichen.



Gewichts- und Auftriebskraft beim Ballon

Die Gewichtskraft F_g lässt sich dabei über $F_g = m_{\text{gesamt}} \cdot g$ leicht berechnen, wobei m_{gesamt} für die Masse des Ballons inklusive Füllgas und Gondel steht, und g für den Ortsfaktor, der auf der Erdoberfläche näherungsweise $9{,}81\,\text{m/s}^2$ beträgt. Die Auftriebskraft F_A ist die Gewichtskraft der durch den Ballon verdrängten Luft, also $F_A = m_{\text{Luft}} \cdot g$, wobei zu beachten ist, dass die Auftriebskraft zwar steigt, je mehr Gas man in den Ballon füllt, da mehr Luft verdrängt wird, gleichzeitig aber auch die Gewichtskraft zunimmt, da natürlich auch die Füllung eine Masse hat.

Die Auftriebskraft wird größer als die Gewichtskraft, wenn der Ballon genügend Luft verdrängt und damit die Auftriebskraft steigt, ohne dass gleichzeitig wieder viel Masse und damit Gewichtskraft hinzukommt. Normalerweise wird das durch ein besonders leichtes Füllgas wie Helium erreicht. Wasserstoff würde diese Kriterien zwar auch erfüllen, verwendet werden sollte er aber aufgrund der großen Brandgefahr nur mit äußerster Vorsicht.

Durch den mit der Höhe sinkenden Luftdruck dehnt sich das Füllgas beim Aufstieg aus und der Ballon platzt schließlich. Danach fällt die Gondel zurück auf die Erde. Man darf also nicht zu viel Helium in den Ballon füllen, sonst platzt er zu früh und kommt eventuell nicht hoch genug. Es gibt zwar im Internet einige Rechner, die die benötigte Heliummenge für eine vorgegebene Nutzlast anzeigen, aber auf diese wollten wir uns nicht verlassen. Deshalb haben wir uns überlegt, wie wir die benötigte Heliummenge selbst berechnen können. In Erfahrungsberichten anderer Ballonprojekte kann man nachlesen, dass die sogenannte positive Auftriebskraft, also die Kraft, die nach oben wirkt, wenn der Ballon startbereit mit Helium gefüllt aber noch nicht mit der Gondel verbunden ist, dem 1,5-fachen des Gewichts der Gondel entsprechen sollte.

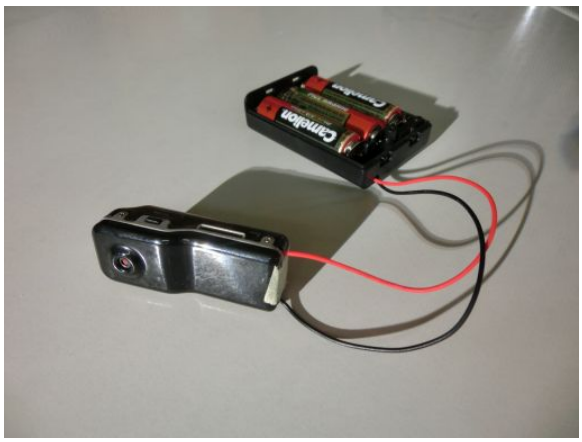
Gesucht ist also das dafür benötigte Volumen des Ballons, wobei gilt $m_{\text{Luft}} = V_{\text{Ballon}} \cdot \rho_{\text{Luft}}$. Also erhalten wir $F_A = V_{\text{Ballon}} \cdot \rho_{\text{Luft}} \cdot g$. Die Gewichtskraft des Ballons ergibt sich aus den Massen von Gondel (großzügig geschätzt 1,5 kg) und Ballonhülle (2,3 kg). Inklusive des oben angesprochenen Faktors 1,5 bei der Gondel kommen wir damit zusammen auf effektiv ca. 4,55 kg. Außerdem kommt noch die bislang unbekannte Masse des Heliums dazu. So ergibt sich für die anzunehmende Gewichtskraft: $F_G = (4{,}55\,\text{kg} + V_{\text{Ballon}} \cdot \rho_{\text{Helium}}) \cdot g$. Wenn man nun alle Teile zusammensetzt, erhält man $V_{\text{Ballon}} \cdot \rho_{\text{Luft}} \cdot g = (4{,}55\,\text{kg} + V_{\text{Ballon}} \cdot \rho_{\text{Helium}}) \cdot g$

Damit ergibt sich dann eine ungefähre Heliummenge von 4,4 m^3. Allerdings muss man berücksichtigen, dass beim Befüllen des Ballons auch eine gewisse Menge Helium verloren geht (z. B. durch undichte Schläuche). Außerdem kann man an der Gasflasche nicht genau ablesen, wie viel Helium schon entnommen wurde. Wichtig ist auch, dass es besser wäre, wenn der Ballon nicht ganz so hoch fliegt, als dass eventuell zu wenig Helium eingefüllt wird und er daher gar nicht oder erst nach langer Flugstrecke platzt. All das spricht dafür, im Zweifel lieber etwas mehr Helium einzufüllen.

Die Auswahl der Messgeräte und Kameras

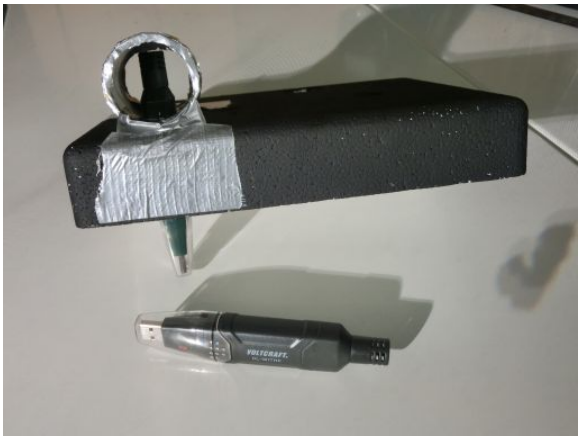
Tobias van Lier

Das Team bestehend aus Felicia, Jan und Tobias, das sich zwischen Eröffnungswochenende und Sommerakademie mit den Messgeräten beschäftigte, hat im Forum sehr viel und lange diskutiert, denn es musste festgelegt werden, was wie gemessen werden sollte. Eine ungefähre Vorstellung davon hatten wir bereits am Eröffnungswochenende: Temperatur und Luftdruck sollten es sein, außerdem wollten wir natürlich auch Fotos haben. Deshalb setzt sich auch der Name der Gruppe, „KeBaP“, aus den Einheiten Kelvin, Bar und Pixel zusammen. Später entschieden wir uns nach dem Tipp eines Bekannten von Jan dazu, auch noch die Luftfeuchtigkeit zu messen.



Mini-Camcorder mit Batteriepack

Zunächst musste entschieden werden, welche Messgeräte und Kameras wir konkret verwenden wollten. Jans Bekannter, der selber schon Wetterballons gestartet hatte, empfahl uns kleine Videokameras vom Typ Mini DV Camcorder PMDV80, die leicht und platzsparend sind. Diese haben wir dann auch verwendet. Zur Datenmessung empfahl er uns ein Gerät namens Tiny Track-4, das GPS-Koordinaten und die Messwerte von externen Sensoren per Funk auf die Erde sendet und ins Internet stellt. Das hätte den Vorteil gehabt, dass unsere Daten gesichert gewesen wären, auch wenn wir die Gondel nicht wiedergefunden hätten. Allerdings konnten wir bis 25 Tage vor der Akademie keine passenden Sensoren finden, die ohne größeren Aufwand an den Tiny Track adaptiert werden konnten. Dafür wären tiefergehende Elektronikkenntnisse nötig gewesen, weshalb wir uns am Ende dagegen entschieden haben.



Die Datenlogger, einmal einzeln, einmal in den Deckel der Gondel eingebaut

Also machten wir uns stattdessen auf die Suche nach leichten Messgeräten, die gleichzeitig auch noch Daten speichern konnten. So entdeckten wir ziemlich schnell verschiedene Datenlogger. Ein bezahlbares Messgerät zu finden, dessen Druckmessbereich laut Beschreibung tief genug reicht, gelang uns allerdings nicht. Da uns schließlich die Zeit davon lief, bestellten wir einfach zwei Datenlogger von verschiedenen Firmen, die wir dann während der Akademie testen wollten.

Zu dieser Zeit kam dann noch die Idee auf, eine zusätzliche Kamera mit hoch zu schicken, die höher auflösende Fotos machen sollte: eine einfache Digitalkamera, die so umprogram-

miert werden sollte, dass sie automatisch Bilder macht. Rückblickend muss man sagen: Gut, dass wir uns dazu entschlossen haben, denn die wirklich guten Bilder stammen von dieser Kamera.

Der Bau der Gondel

Viktoria Scherb

Bereits vor der Akademie überlegte sich das Team „die Helis“, aus welchem Material die Gondel bestehen sollte, damit unsere Messinstrumente den Flug sicher überstehen. Sie entschieden sich für eine Styroporbox, da diese gegen Kälte isoliert und auch Stöße dämpft. Jedoch wussten wir nicht, welche Boxgröße wir für unsere Messgeräte benötigen. Daher wurden zwei Thermoboxen bestellt, um dann während der Akademie zu entscheiden, welche geeigneter ist. Die größere der beiden Boxen hatte ein Fassungsvermögen von 7,5 l (Außenmaße $33 \times 22,5 \times 22\,\text{cm}$), die zweite 3,6 l ($26 \times 21 \times 18\,\text{cm}$). Beide hatten eine Wandstärke von 3 cm.

Während der Sommerakademie war die Entscheidung, welche der beiden Boxen es sein sollte, eine der ersten, die das Gondelbau-Team, bestehend aus Anna Lena, Ruozhao und Viktoria, traf. Wir stellten fest, dass die kleinere der beiden Boxen genug Platz für unsere Messgeräte bietet.

Unser nächster Schritt war zu überlegen, an welche Stelle der Gondel welches Messgerät kommt, damit sowohl die Geräte ihre Aufgabe erfüllen können als auch die Gondel beim Flug im Gleichgewicht bleibt. Da die Geräte jedoch während des Baus der Gondel für den Start vorbereitet werden mussten, konnten wir sie nicht verwenden, um zu testen ob unsere Gondel ausbalanciert ist. Also wogen wir alle Messgeräte ab und suchten kleine Steine zusammen, die wir mit Klebeband so zusammenklebten, dass die Gewichte zu den einzelnen Messgeräten passten und ordneten die Steine in der Gondel so an, dass sie ausbalanciert war.

Als nächstes überlegten wir uns, wie wir in das Styropor der Gondel Löcher machen können, ohne dabei die Gondel zu zerstören. Unsere beiden Mini-Camcorder und die Digitalkamera benötigten Sichtfenster, um Videos und Bilder aufnehmen zu können, und auch die Datenlogger brauchten Kontakt zur Außenluft, damit ihre Sensoren die Temperatur, den Luftdruck und die Luftfeuchtigkeit messen können.

Zuerst probierten wir, mit einem Bohrer Löcher in Styropor-Teststücke zu bohren. Es gab jedoch keinen geeigneten Bohrer und auch keine Styroporsäge im Eckenberg-Gymnasium. Deshalb suchten wir nach weiteren Möglichkeiten, um die Löcher in das Styropor zu bekommen. Schließlich versuchten wir es mit einem heißen Lötkolben. Dieser schmolz das Styropor. und es entstanden geeignete Löcher. So verbrachten wir eine Kursschiene damit, die passenden Löcher vorsichtig in die Styroporbox zu „löten“.

Währenddessen hat Nelly unser Projektlogo designt und eine Notiz mit Kontaktinformationen aufgesetzt, falls jemand anderes die Gondel finden sollte.

Beim „Löten“ der Löcher in die Gondelwände.

Wir malten den Deckel und die Seiten der Gondel schwarz an, damit die Sonne sie erwärmt und unsere Messgeräte die Kälte in der Stratosphäre überstehen. Weil manche Farben sich in das Styropor fressen, führten wir auch dafür zuerst wieder Tests an Styroporstücken durch. Wir fanden jedoch Farbe, die geeignet war. Den Boden beschlossen wir rot anzumalen, damit die Gondel für den Fall der Landung in einem Baum leichter zu sehen ist. Nachdem die Farbe getrocknet war, klebten wir unser einlaminiertes Logo und den Finderzettel mit Heißkleber an den Längsseiten der Gondel fest.

Außerdem stellte sich die Frage, ob wir Stabilisatoren an die Gondel bauen sollten, um zu

verhindern, dass die Gondel sich schnell dreht, so dass unsere Aufnahmen verwackelt werden würden. Wir entschieden uns für Stabilisatoren, wobei wir auch hier zuerst überlegten, auf welche Weise wir diese an der Gondel befestigen können. Gemeinsam beschlossen wir, dass es am sinnvollsten ist, die zwei Stabilisatoren an einem Stab zu befestigen, um den Hebel zu vergrößern. Wir klebten dafür drei Holzstücke mit einer Größe von etwa 25 Zentimeter Länge und 10 Zentimeter Breite mit Heißkleber dachziegelartig übereinander, sodass die Stabilisatoren etwa 25 cm × 18 cm groß wurden.

Den ersten Stabilisator befestigten wir mit Heißkleber an einen 70 cm langen Holzstab. Den zweiten Stabilisator konnten wir erst direkt vor dem Start an dem Holzstab anbringen, da dieser noch durch die Gondel geschoben werden musste, nachdem die Messgeräte eingesetzt waren. Für den Holzstab mussten wir in der Mitte der Breitseiten der Gondel nochmals jeweils ein Loch „löten“, um ihn durchstecken zu können.

Auf dem einen Stabilisator unterschrieben alle Teilnehmer des Kurses einschließlich unserer Kursleiter und unserer Schülermentorin. Auf den zweiten schrieben wir in klingonisch (eine konstruierte Sprache für eine außerirdische Art in den Star-Trek-Filmen) unseren Projektnamen SMILE.

Innenansicht der vorbereiteten Gondel.

Nun überlegten wir uns, auf welche Weise wir die Geräte befestigen können. Bei einem der Datenlogger nutzten wir dazu die schon mitgelieferte Halterung. Für den zweiten Datenlogger hatten wir nach oben ein Loch in den Deckel der Gondel „gelötet“ und steckten ihn durch das Loch. Zudem musste eine Art Brücke für den einen Mini-Camcorder, der nach oben aus der Gondel schauen sollte, aus Styropor gebaut werden. Dafür „löteten“ wir ein halbzylindriges Loch in ein Stück Styropor, sodass eine Art Bogenbrücke entstand, die wir mit Heißkleber an der einen Innenseite der Gondel so befestigten, dass der Bogen nach oben zeigte, um einen Mini-Camcorder hineinlegen zu können. Für den zweiten Camcorder „löteten“ wir ein Loch in die Unterseite die Gondel. Außerdem klebten wir eine Styroporrampe für die Digitalkamera in die Gondel, da sie den Horizont fotografieren sollte. Später fiel uns jedoch auf, dass wir die Rampe falschherum eingebaut hatten, und so demontierten wir sie wieder. Stattdessen befestigten wir die Digitalkamera kurz vor dem Start nur leicht nach vorne gekippt mit Schrauben und Panzertape.

So hatten wir für alle Messgeräte einen passenden Platz gefunden, sie gegen Kälte und Sonneneinstrahlung geschützt und die Gondel mit Stabilisatoren versehen. Damit war die Gondel im Prinzip startklar.

Vorbereitung der Messgeräte und Tests

Lukas Benz und Kai Bartnick

Um sicherzugehen, dass alle Geräte in der Stratosphäre richtig funktionieren würden, mussten wir sie jedoch noch ausgiebig testen. Wenn uns zum Beispiel erst nach dem Start aufgefallen wäre, dass die Kameras bei −20 °C bereits aufhören zu filmen, wäre das natürlich ein fataler und nicht korrigierbarer Fehler gewesen.

Zuerst haben wir die Akkulaufzeit unserer beiden Mini-Camcorder gemessen. Dabei stießen wir auch schon auf das erste Problem: Die Akkus hielten nur eine gute Stunde. Da wir dies bereits vermutet hatten, hatten wir zwei Batterie-Packs gekauft, bei denen wir die Kabel abisolierten. Dasselbe taten wir auch mit dem Kabel des Mini-USB-Anschlusses der beiden Mini-Camcorder. Dann konnten wir die beiden Kabelenden ganz einfach zusammenlöten. Der Knackpunkt und damit das eigentliche

Problem an der Sache war nur, dass die Kameras, die durch diese Maßnahme nun Strom für ca. zwei Stunden hatten, durch die Versorgung über den USB-Anschluss reagierten, als ob sie aufgeladen werden. Das heißt, dass die Kameras, sobald man sie an die Batterie-Packs anschloss, die Aufnahme abbrachen und in den Lade-Modus wechselten. Unsere Idee war, im nächsten Schritt den internen Akku der beiden Kameras auszubauen und die Batterie-Packs direkt anzulöten, was dann auch funktioniert hat.

Mini-Camcorder beim Kältetest.

Darüber hinaus haben wir mit den Camcordern natürlich auch Probeaufnahmen gemacht und sie im Vakuum und bei niedrigen Temperaturen getestet. Unsere Tieftemperaturtests haben wir mit Flüssigstickstoff vorgenommen, was uns allen einen riesen Spaß gemacht hat. Flüssiger Stickstoff hat eine Temperatur von −196 °C. Unsere Geräte durften also auf keinen Fall in Berührung mit der Flüssigkeit kommen. Wir haben dazu Holzquader in den Stickstoff gelegt und darauf unsere Kameras etwas oberhalb der eigentlichen Flüssigkeit platziert.

Für Bilder aus der Stratosphäre schickten wir eine handelsübliche Kompaktkamera mit, und zwar eine Canon Powershot A1400. Doch da solche Kameras normalerweise nicht von alleine stundenlange Bilderserien machen, musste die Firmware um einen Aufsatz erweitert werden. Wir verwendeten dazu das Canon Hack Development Kit, kurz CHDK.

Nach der Installation von CHDK auf der Kamera konnte es über das Einstellungsmenü in den Arbeitsspeicher geladen und verwendet werden. Doch auch CHDK macht noch nicht von alleine Aufnahmen. Es gibt aber die Möglichkeit, über sogenannte Skripte kleine Programme zu schreiben und dann auf der Kamera auszuführen. Für die Intervallaufnahme war glücklicherweise schon ein Skript vorhanden, welches allerdings noch modifiziert werden musste. Als erstes arbeiteten wir daran, dass das Skript das Display ausschaltet, um Strom zu sparen. Als dies klappte, konnte als Ergebnis eines Akkutests mit billigen Batterien bei einem Aufnahmeinvervall von einem Bild pro Minute eine Laufzeit von 2 h 45 min festgestellt werden. Beim Flug konnte die Laufzeit dann durch die Verwendung von teureren Spezialbatterien auf über 3 h 55 min verlängert werden: Die Kamera lief sogar beim Wiederfinden der Gondel noch.

Außerdem haben wir noch Versuche gemacht, ob es nicht besser sei, die Belichtung oder die Blende über das Skript fest einzustellen. Da dies jedoch nicht klappte, wurde entschieden die Kamera im Normalbetrieb zu lassen, dafür jedoch die Entfernungsmessung auf unendlich, den Blitz auf aus und die ISO-Empfindlichkeit auf Automatik zu stellen.

Da in der Stratosphäre Druck und Temperatur extrem niedrig sind, mussten wir testen, ob die Kamera diesen Bedingungen auch standhält. Für den Niedrigdrucktest starteten wir eine Testversion des Skriptes, legten die Kamera unter eine Vakuumglocke und ließen die Kamera bei niedrigem Druck Aufnahmen machen. Hierbei waren keine Beeinträchtigungen feststellbar. Anschließend testeten wir die Kamera auch noch bei niedrigen Temperaturen. Auch hierbei ließen wir Testaufnahmen machen, und es gab glücklicherweise ebenfalls keine Probleme.

Leider kam in der Hektik des Einbauens später ein Teil der Styroporwand ins Bild, dafür sind die von der Kamera aufgenommenen Bilder jedoch unverwechselbar als unsere zu erkennen.

Das Herzstück unseres Projekts waren jedoch trotz der tollen Bilder unsere beiden Datenlogger für Außentemperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit. Sie haben uns Daten geliefert, aus denen wir unsere wichtigsten Schlüsse und Ergebnisse gezogen haben. Wir haben beide, genau wie auch die Kameras, auf ihre Funkti-

onstätigkeit sowohl bei sehr niedrigem Druck als auch bei sehr niedrigen Temperaturen getestet.

Da einer der beiden Datenlogger nach unten und einer nach oben aus der Gondel herausschauen sollte, haben wir uns bei dem oberen noch zusätzliche Gedanken machen müssen. Nach einem Test mit einer Wärmelampe hatten wir nämlich große Bedenken, dass die direkte Sonneneinstrahlung die Temperaturmessungen verfälschen würde. Unsere Lösung war eine mit Alufolie beschichtete kleine Röhre, die wir über den Sensor stülpten und die die Sonneneinstrahlung reflektierte. Auf diese Weise maß der Datenlogger die reale Außentemperatur. Was die Akkulaufzeit anging, mussten wir uns bei den Datenloggern keine Gedanken machen, da beide eine nicht aufladbare und fest eingebaute Batterie besaßen, die laut Herstellerangaben ca. ein Jahr lang halten sollte.

GPS-Logger (links) und GPS-Tracker (rechts).

Neben den eigentlichen Messgeräten waren aber auch zwei GPS-Geräte in der Gondel, die ein wichtiger Teil unseres Projekts waren: ein GPS-Logger und ein GPS-Tracker. Ursprünglich wollten wir nur den Tracker benutzen, aber als wir bei unseren Tests gemerkt haben, dass dieser die Koordinaten zwar erfolgreich per SMS weitergibt, aber nicht abspeichert, haben wir uns dafür entschieden, noch einen GPS-Logger zusätzlich mit einzubauen. So konnten wir am Ende auch ganz bequem am Computer die gesamte Route nachverfolgen, die unser Ballon zurückgelegt hatte.

Nachdem der Punkt „Speicherfunktion“ nun also erledigt war, haben wir unsere beiden Geräte wie auch die anderen auf ihre Funktion bei niedrigen Temperaturen und verschiedenen Luftdruck-Umgebungen getestet. Ebenfalls haben wir sie einem Langzeittest unterzogen, bei dem der Tracker einmal pro Minute eine SMS mit den Koordinaten des aktuellen Standortes sendete, und so neben der Sendefunktion und der Genauigkeit unsere Gerätes auch gleich die Akkuzeit getestet.

Wettervorhersage

Kai Bartnick

Um unseren Ballonflug so erfolgreich wie möglich zu gestalten, musste auch das Wetter berücksichtigt werden. Doch wann kann ein Ballon überhaupt starten? Um dies zu klären, hat eine unserer vier Kleingruppen, „die Lenker“, bestehend aus Nelly, Ruozhao und Kai, bereits vor der Akademie recherchiert und herausgefunden, dass wir, um starten zu können, einiges beachten müssen: Ein Ballon darf nicht in der Nähe eines Windkraftwerkes, von Strommasten oder in der Einflugschneise eines Flughafens starten. Auch das Wetter muss bestimmte Voraussetzung erfüllen: Es darf weder regnen noch gewittern, da sonst die empfindliche Ballonhülle beschädigt wird. Außerdem brauchten wir eine stabile Hochdrucklage, und es musste möglichst windstill sein, das heißt bodennahe Windgeschwindigkeiten von etwa 2 m/s sollten nicht überschritten werden. Um dies zu überprüfen, hatten wir im Voraus bereits einige Webseiten mit Wettervorhersagen herausgesucht:

- Proplanta
- wetter.com, speziell berechnet für Adelsheim
- meteoblue, speziell berechnet für Adelsheim
- Ballonwetterbericht vom Deutschen Wetterdienst

Mit diesen Webseiten überprüften wir dann in der ersten Hälfte der Akademie regelmäßig, an welchem Tag der Start am wahrscheinlichsten klappen würde. Mögliche Starttermine waren Samstag, der 6. September, Sonntag, der 7. September und Dienstag, der 9. September 2014. Glücklicherweise klappte es bereits am ersten dieser drei.

Der Starttag

Ruozhao Wang

Ist der Ballon erst einmal gestartet, kann nichts mehr verändert werden. Daher musste jedes Detail vor dem Start exakt durchdacht und in einer Checkliste festgehalten werden, an die wir uns beim Start auf dem Sportplatz des Akademiegeländes auch haargenau hielten.

Zunächst wurden die Teilnehmer des gesamten Kurses Tage vor dem Start in zwei Teams aufgeteilt – eines für draußen und eines für drinnen. Das Team zum Befüllen des Ballons fand sich auf dem Sportplatz ein. Als Erstes wurden Planen als Unterlage für den Ballon sowie den Fallschirm ausgelegt. Dann wurde der Ballon mit behandschuhten Händen darauf ausgebreitet und der Fallschirm sowie die dazugehörigen Schnüre zurechtgelegt. Währenddessen musste der Sportplatz abgesperrt werden, damit nachher die Menge der Schaulustigen nicht zu nah an den Ballon kam und diesen eventuell beschädigte.

Befüllen des Ballons.

Nun war die Zeit zum Befüllen des Ballons gekommen. Dazu wurde zunächst der Deckel der Heliumflasche abgenommen und ein Druckminderer aufgeschraubt. Anschließend wurde der Schlauch mit einem Ende auf das Heliumventil gesteckt, mit dem anderen Ende in die Ballonöffnung gehalten. Nachdem das Ventil geöffnet wurde, konnte die Ballonbefüllung beginnen, wobei mehrere Personen den Ballon festhielten. In der Zwischenzeit wurden Kamerastative und Teleskope aufgebaut sowie Ferngläser herbeigeholt, um den Start genau zu dokumentieren bzw. zu verfolgen. Nach etwa einer Stunde – länger als einkalkuliert – war der Ballon endlich gefüllt und konnte geschlossen werden.

Die Gondel beim Einbau der Messgeräte.

Das Gondelteam, bestehend aus den jeweiligen Experten für die einzelnen mitzufliegenden Geräte, blieb im Kursraum und bereitete diese für den Start vor. Bei allen Geräten musste die Stromversorgung überprüft und die Speicher geleert werden, bevor sie eingeschaltet wurden, sobald das Ballonteam Bereitschaft signalisierte. Erst nach dem Einschalten konnten die Geräte in der Gondel befestigt werden, weil man sonst nicht mehr an die entsprechenden Knöpfe gekommen wäre. Waren alle Geräte am richtigen Platz angebracht und mit Panzertape und/oder Schrauben festgemacht, und saßen auch die Stabilisatoren mit Heißkleber und Panzertape fest, dann konnte der Deckel geschlossen und mit Panzertape versehen werden.

Noch lange sahen wir dem Ballon nach, bis er sogar für unsere Ferngläser und Teleskope außer Sicht war.

Anschließend wurde der Ballon in größter Eile mit dem Fallschirm verbunden, und das Messgeräteteam mit der Gondel traf auf dem Sportplatz ein. Schnell wurde sie mit dem Fallschirm verknotet, weil wir das uns von der Deutschen Flugsicherung zugewiesene Startfenster einzuhalten hatten.

Unser Ballon kurz nach dem Start. Dem orangen Ballon folgt der Fallschirm, und ganz unten sieht man unsere Gondel mit den Stabilisatoren.

Auf ein abschließendes Kursfoto folgte dann der Countdown zum Start: Gegen 11:30 Uhr ließ einer nach dem anderen die Schnüre los, die Ballon, Fallschirm und Gondel miteinander verbanden, und der Ballon stieg unter Beifall der gesamten Akademie die Lüfte empor.

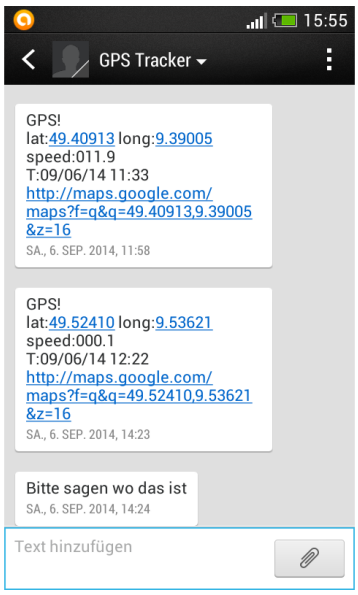
Die Suche nach der gelandeten Gondel

Kai Bartnick und Lion Schumacher

Da Wetterballons mehrere 100 km weit fliegen können, musste unser Bergungsteam noch vor dem Empfang eines Positionssignals der Gondel nach der Landung in Richtung des Landeortes fahren. Um eine Vorhersage treffen zu können, wo in etwa die Gondel landen würde, nutzte unser Innenteam das Landevorhersage-Programm von predict.habhub.org speziell für Stratosphärenballons. Auf dieser Webseite gibt man Startort, Startzeit, Starthöhe, erwartete Platzhöhe und Aufstiegs- und Fallrate ein. Anhand von aktuellen Wetterdaten ermittelt das Programm dann den zu erwartenden Landeort. Bei unserem Flug war dieser ursprünglich bei Bad Mergentheim. Später korrigierte die Webseite sich dann jedoch näher zum tatsächlichen Landeort.

Doch unser Innenteam hatte auch noch andere Aufgaben. So bekam es zum Beispiel die SMS mit den Koordinaten weitergeleitet und teilte dann dem Außenteam mit, wo der übermittelte Ort lag und welches Gelände sich dort befand. Außerdem war es für Recherchen im Fall von Problemen zuständig. So hätte es zum Beispiel im Fall der Landung auf einem Firmengelände die Firma anrufen sollen, um die Erlaubnis einzuholen das Gelände für die Bergung zu betreten.

Nachdem wir unsere Gondel auf die Reise geschickt hatten, kamen uns die Stunden ewig vor, bis wir uns aufmachen konnten, unsere kleine Wetterstation wiederzufinden. Und so fuhr ein Teil des Kurses auf zwei Autos verteilt mit Dominik und Georg in die Gegend um Bad Mergentheim. Der andere Teil blieb mit Caro im Landesschulzentrum für Umwelterziehung und war die Kommandozentrale unserer Suchaktion. Der GPS-Tracker wurde so programmiert, dass er uns im Intervall von einer Minute eine SMS mit den GPS-Koordinaten der Gondel schicken sollte, sobald er wieder mit dem Mobilfunknetz in Verbindung steht, anhand derer wir sie finden konnten.

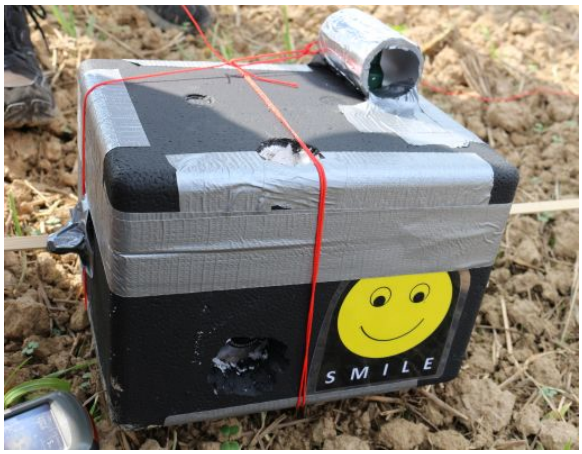


So sah die alles entscheidende SMS aus.

Obwohl unser Landevorhersageprogramm ermittelt hatte, dass die Gondel schon gelandet

sein müsste, hatten wir noch keine SMS erhalten, als wir in die Gegend um Bad Mergentheim kamen. Wir wurden so langsam nervös und riefen von einer Tankstelle aus unsererseits den GPS-Tracker an. Wenn er funktioniert und Empfang hat, sollte der Tracker dann auflegen und eine SMS an den Anrufer senden.

Die Befürchtungen, dass nur noch Splitter vom GPS-Tracker irgendwo in Deutschland oder Europa verstreut waren und wir die Gondel niemals finden würden, verwandelten sich bei uns allen in pure Glücksgefühle, als der Tracker auflegte und wir wussten, jetzt müsste eigentlich die entscheidende SMS kommen. Und so war es dann glücklicherweise auch! Der Tracker hatte seinen Auftrag, uns in Intervallen die Daten zu schicken, zwar „vergessen“, aber wir konnten manuell die benötigten Koordinaten abrufen.



Die Gondel, gelandet auf einem Acker.

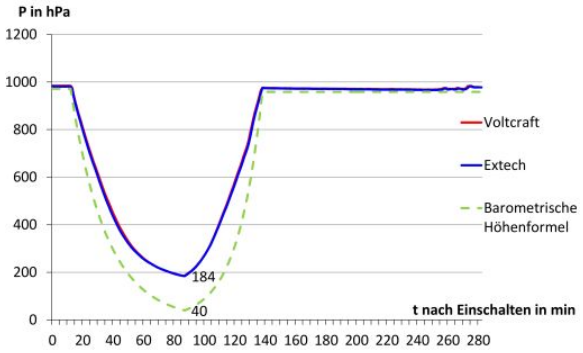
Nachdem wir die Koordinaten hatten, leiteten wir sie an die Kommandozentrale weiter und machten uns auf den Weg in die Nähe von Eubigheim (Gemeinde Ahorn), wo unser Ballon offenbar gelandet war. Auch das Team in der Kommandozentrale machte sich nun auf den Weg, da der Landeplatz nicht allzu weit von Adelsheim entfernt war.

Beide Teams trafen sich fast zeitgleich auf dem Feld, auf dem die Gondel gelandet war, und die Freude war natürlich riesig, als wir alle zusammen unsere Gondel wieder in Empfang nehmen konnten. Wir waren froh, dass die zwei Traktoren auf einem Feld daneben unsere Gondel nicht überrollt oder sonst in irgendeiner Weise beschädigt hatten.

Die Auswertung der Messwerte

Jan Holzhäuer und Lion Schumacher

Nachdem wir mit der geborgenen Gondel wieder auf dem Akademiegelände angekommen waren, ging es für uns gleich an die Auswertung der Daten. Besonders gespannt waren wir auf die Messwerte, die unsere beiden Datenlogger „Extech“ und „Voltcraft“ gesammelt hatten, da diese beiden uns hoffentlich mitteilen würden, wie sich Luftdruck, Temperatur und Luftfeuchte während unseres Fluges verändert hatten.



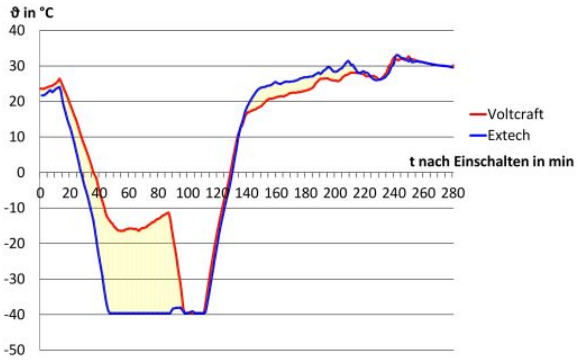
Verlauf des Luftdrucks

Der Luftdruck P sollte sich abhängig von der Flughöhe h ganz grob nach der (vereinfachten) barometrischen Höhenformel $P(h) = 1013\,\text{hPa} \cdot e^{-h/7{,}8\,\text{km}}$ abschätzen lassen, also mit zunehmender Höhe stark sinken.

Unsere Messungen zeigen zunächst ca. 10 min lang einen Verlauf des Graphen in etwa parallel zur Abszisse bei einem Wert von ca. 1000 hPa. Dies entspricht der Zeit vor dem Start auf Bodenniveau mit einer Höhe von 326 m über dem Meeresspiegel, in der die Messgeräte bereits eingeschaltet waren, also auch dem Bodenluftdruck. Danach sinkt die Kurve bis zum Minimum nach ca. 85 Minuten und einem absoluten Tiefstwert von 184 hPa. Zu diesem Zeitpunkt, ca. 75 Minuten nach Start, platzte unser Ballon auf einer Höhe von etwa 25 km. Nach einer weiteren Dreiviertelstunde landete die Gondel dann auf dem Erdboden, deshalb lässt sich ab dann erneut ein konstanter Verlauf des Luftdrucks nahe 1000 hPa beobachten.

Zwar verlaufen unsere Messkurven wie erwartet, nach genauerer Betrachtung der Absolut-

werte fällt auf, dass der gemessene Luftdruck mit einem Mindestdruck von 184 hPa zu hoch ist. Mit der barometrischen Höhenformel ergibt sich ein Wert von ca. 40 hPa auf einer Höhe von ungefähr 25 km. Zusätzlich muss man beachten, dass auch die von uns verwendete vereinfachte Höhenformel in diesem Fall nur einen sehr groben und wohl zu hohen Näherungswert liefert. Laut Herstellerangaben hätten die Geräte allerdings sowieso nur bis zu einem Luftdruck von 750 bzw. 700 hPa messen können. Für uns war es schon ein schöner Erfolg, überhaupt Messwerte aus so großer Höhe zu erhalten!

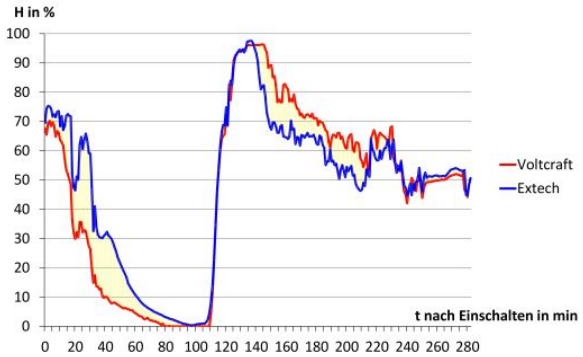


Verlauf der Temperatur

Anders als beim Luftdruck lassen sich bei der Temperaturkurve Abweichungen zwischen den Daten der Messgeräte erkennen. Der Voltcraft-Datenlogger hat vorübergehend eine um bis zu 30 °C höhere Temperatur gemessen als der Extech-Logger. Nach 100 Minuten verzeichnete allerdings auch dieser Logger einen starken Temperaturabfall. Beide Geräte maßen Temperaturen bis zu −40 °C.

In Wirklichkeit waren die Temperaturen wohl deutlich tiefer, allerdings können die verwendeten Logger keine Temperaturen jenseits der −40 °C-Marke mehr messen. Mögliche Erklärungen für die vorübergehend höhere Temperatur des Voltcraft-Loggers könnten sein, dass der Datenlogger in dieser Zeit (direktem) Sonnenlicht ausgesetzt war. Ebenfalls möglich ist, dass die Styroporbox ihn vorrübergehend erwärmte.

Die Luftfeuchteaufzeichnungen beginnen bei 70 % auf Bodenniveau. Nach dem Start sinkt die relative Luftfeuchte sehr schnell. Ab etwa 70 Minuten nach dem Start haben wir über einen längeren Zeitraum eine Luftfeuchte nahe Null gemessen. Nach dem Platzen des Ballons nach



Verlauf der Luftfeuchte

85 Minuten hält dieser Umstand noch 25 Minuten an, bis die Luftfeuchte schließlich schlagartig und schnell steigt. Das deutlich schnellere Steigen der Luftfeuchte im Vergleich zum vorangegangenen Sinken hängt sicher auch mit dem deutlich schnelleren Fall des Ballons zusammen.

Nach etwa zwei Stunden Flugzeit steigt die Kurve allerdings über den Ausgangswert von 70 % auf über 95 % an. Hier befand sich der Ballon in einer Wolkenschicht, und auch Kondenswasser hat sich gebildet. Anschließend sinkt die Luftfeuchte wieder.

Auf dem Rückweg zum Erdboden durchquerte die Gondel in einer Höhe von vier Kilometern eine Wolkenschicht. Unten kann man zwischen den Wolken schon wieder den Erdboden sehen.

Alles in allem lässt sich sagen, dass unsere Datenlogger hervorragende Werte gemessen haben, die in vieler Hinsicht uns nicht nur zufriedenstellen und realistisch wirken, sondern auch mit einigen Literaturwerten übereinstimmen.

Flugroute und Platzhöhe

Nelly Reinstorf und Lion Schumacher

Ein wichtiges Ziel unseres Projekts war, dass wir die Flugroute unseres Ballons am Ende nachvollziehen und auswerten können. Nach ausgiebiger Recherche wussten wir, dass solch ein Ballon bis zu 200 km weit fliegen kann. Jeder von uns hat am Anfang unseres Projekts seine Vermutung des Landeziels auf einer Landkarte eingetragen. Einige vermuteten sogar, dass unser Ballon ins Ausland fliegen würde.

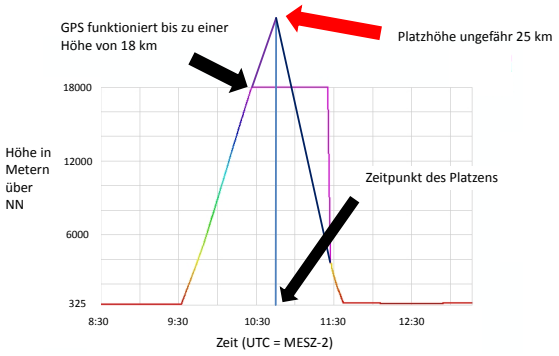
Die Flugroute des Ballons, Ausreißer wurden entfernt. Karte: OpenStreetMap (ODbL v1.0)

Nachdem wir die Gondel wiedergefunden hatten, konnten wir die erhaltenen GPS-Daten auswerten. So konnten wir die Flugroute unseres Ballons nachvollziehen. Er flog insgesamt in Richtung Nord-Osten. Von Adelsheim aus bewegte er sich zuerst etwa 7,5 km in Richtung Osterburken, dann nach Osten und zum Schluss wieder in Richtung Norden. Durch großes Glück mit dem Wetter (keine zu großen Windgeschwindigkeiten) landete die Gondel nur etwa 17 km vom Startpunkt entfernt. Mit allen Richtungs- und Höhenänderungen legte der Ballon aber insgesamt eine Strecke von etwa 60 km zurück.

Die Platzhöhe unseres Ballons zu ermitteln war umständlicher als gedacht, da unser GPS-Empfänger nur bis zu einer Höhe von 18 km funktioniert. Wir mussten also einen Weg finden, die Platzhöhe manuell auszurechnen. Die erste Möglichkeit, die uns eingefallen ist, bestand in dem Video, das unser Mini-Camcorder aufgenommen hatte. Wir hatten das Glück, dass eine der Minikameras kurz nach dem Start den Sportplatz des Landesschulzentrums gefilmt hatte. So konnten wir den Maßstab der Linien messen, die sich auf dem Sportplatz befinden.

Einzelbild aus dem Video des Mini-Camcorders mit Ballonfetzen.

Nachdem wir unsere Gondel wiedergefunden hatten, machten wir ein Foto von einem bestimmten Rechteck, so wie es auch auf dem Sportplatz zu finden ist, aus einer Höhe von zehn Metern. Wir maßen die Größe des Rechtecks auf demselben Bildschirm und konnten so per Dreisatz errechnen, dass der Sportplatz aus einer Höhe von 27,7 m über dem Sportplatz aufgenommen wurde. Das Foto wurde 5 Sekunden nach dem Start gemacht und so ergibt sich eine Geschwindigkeit von etwa 5,54 m/s.



Bestimmung der Platzhöhe aus den GPS-Messungen.

Literaturwerte und die Gerade, die den Aufstieg des Ballons bis zu einer Höhe von 18 km darstellt, zeigen, dass ein Wetterballon meist mit etwa gleichmäßiger Geschwindigkeit steigt. Durch das Platzgeräusch, das unser Ballon verursachte und das im Video der Minikamera zu hören ist, konnten wir errechnen, dass un-

ser Ballon eine Höhe von ca. 24,7 km erreicht haben musste.

Dieses Bild wurde aus etwa 11 Kilometern Höhe aufgenommen. Durch die Bewegungen der Gondel fotografierte die Kamera in diesem Moment ungefähr senkrecht nach unten. Dadurch kann man die Wolken sehr gut sehen.

Auf diesem Bild hat die Kamera wieder einen anderen Blickwinkel. Man kann in der oberen Bildhälfte die türkis-blaue Hochatmosphäre schon erkennen.

Die andere Möglichkeit ist, den Graphen, der den Aufstieg des Ballons zeigt, und den Graphen, der den Fall der Gondel graphisch darstellt, zu verlängern. Die ersten Punkte, die der GPS-Logger aufgezeichnet hat, als er unter die Marke von 18 km kam, sind allerdings Messfehler. Dies erkannten wir, als wir die Route visualisierten. Einige Punkte machten keinen Sinn, da sie fernab der eigentlichen Route lagen.

So mussten wir den Graphen verlängern, der sich durch das Verbinden der gemessenen Punkte unterhalb einer Höhe von 4 km ergab. Der Schnittpunkt ist dann ungefähr der höchste Punkt, den der Ballon erreicht hat, also die Höhe in der Ballon geplatzt ist. Bei dieser Methode kamen wir auf eine Höhe von ca. 26 km.

Ab einer gewissen Höhe konnten unsere Geräte nicht mehr aufzeichnen, in welcher Höhe sich unser Ballon befindet. Daher wissen wir nur, dass die Bilder danach in einer Höhe von über 20 km gemacht wurden. Auf diesem Bild kann man die Hochatmosphäre schon viel besser erkennen. Der Horizont erscheint auf den Bildern gekrümmt, wobei man hier beachten muss, dass das auch von den Abbildungseigenschaften der Kamera kommen könnte.

Zusammengefasst kann man sagen, dass die Gondel wahrscheinlich eine Höhe von etwa 25 km erreicht hat. Diesen Wert können wir leider nur schätzen und nicht genauer bestimmen. Allerdings flog der Ballon weit höher als zum Beispiel Langstreckenflugzeuge kommen (ca. 10 km) und wir haben unser Ziel erreicht, einen Wetterballon in die Stratosphäre zu schicken, um dort Wettermessungen durchführen zu können.

Exkursion zum DLR in Lampoldshausen

Felicia Schmidt

Am Montag nach unserem Ballonstart ist unser Kurs zur Exkursion ans Deutsche Luft- und Raumfahrtzentrum in Lampoldshausen gefahren. Das DLR beschäftigt sich mit den Themen Luft- und Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit. Das DLR in Lampoldshausen betreibt auf einem mehrere Hektar großen Ge-

lände verschiedene Prüfstände für unterschiedliche Raketentriebwerke, unter anderem für die bedeutendste europäische Rakete, die Ariane.

Das Hauptstufentriebwerk der Ariane 5, genannt Vulcain 2, während eines Heißlaufs am Prüfstand P5. Quelle: DLR (CC-BY 3.0)

Dort besuchten wir das SchoolLab. Zuerst wurde uns als Einführung ein Film gezeigt. Anschließend konnten wir zwischen drei unterschiedlichen Versuchen auswählen, zu denen wir uns in Gruppen aufteilten. Die Themen waren:

- Die spezielle Relativitätstheorie am Beispiel einer Fahrradfahrt durch Tübingen
- Wie fliegt ein Flugzeug? – Arbeiten mit einem Windkanal
- Mikrogravitation

Zu Beginn des Versuchs zur Relativitätstheorie durfte man mit einem Fahrrad virtuell durch Tübingen fahren. Das Besondere dabei: Die Geschwindigkeit wurde nicht in km/h, sondern in Prozent der Lichtgeschwindigkeit angegeben. Wenn man schnell losfuhr, hatte man das Gefühl, man entferne sich, zudem verbogen die Häuser sich in Richtung Bildmitte. Im Laufe des Vortrags wurde uns klar, dass all diese Phänomene darauf beruhen, dass es keine größere Geschwindigkeit als die des Lichtes gibt, woraus sich der Rest mit grundlegender Physik und Mathematik begreifen lässt.

Um die Frage „Wie fliegt ein Flugzeug?“ zu erläutern, haben wir Tests in einem Windkanal durchgeführt. Vor eine Öffnung mit gleichgeleiteter Luft wurde ein durch Strom erhitzter Draht befestigt, auf den Glycerin geträufelt wurde. Das Glycerin verdampfte, wurde von der ausströmenden Luft mitgenommen und machte die Luftströme um verschiedene Objekte sichtbar. Um einem Flugzeug den Flug zu erleichtern, benutzt man einen Flügel, der möglichst wenig Widerstand erzeugt. Unsere Antwort auf die Anfangsfrage: Ein Flugzeug fliegt, weil auf der Oberseite ein Unterdruck und auf der Unterseite ein Überdruck herrscht. Dadurch entsteht Auftrieb, der – bei ausreichender Geschwindigkeit – das Flugzeug fliegen lässt.

Der Versuch zur Mikrogravitation beschäftigte sich mit der scheinbaren Schwerelosigkeit. Da es so etwas wie „gar keine Gravitation“ nicht gibt, bezeichnet man den Zustand, bei dem fast keine Gegenkraft zur Erdanziehungskraft wirkt, als Mikrogravitation. Um diese anschaulich zu erklären, wurden unterschiedliche Gegenstände von einem Podest fallen gelassen, sodass Mikrogravitation auf sie einwirkte. Die Folgen: Ein Gewicht auf einer üblichen Waage wiegt plötzlich nichts mehr, in einem Becher mit Wasser und Luft formt sich das Wasser in der Mitte zu einem Rundkörper.

Zusätzlich bekamen wir noch eine Führung durch das Museum des DLR-Standortes. Unter anderem konnten wir verschiedene Tests zur Triebwerksentwicklung besser nachvollziehen und ein Triebwerk der Ariane 5 begutachten. Der Besuch beim DLR war spannend und hat uns allen viel Spaß gemacht. Das DLR Lampoldshausen ist auf jeden Fall empfehlenswert.

Rotation und Abschlusspräsentation

Anna Lena Schaible

Zur Juniorakademie gehört neben dem Erarbeiten von spannenden Resultaten auch deren Präsentation. Zur Halbzeit der Akademie gab es die sogenannte Rotation: Jeder Kurs bereitete eine Präsentation für die anderen Teilnehmer vor, damit jeder einen Überblick über alle Kurse bekam.

Unser Vortrag hatte drei Themenbereiche: Zuerst stellten wir unser Kursziel vor, nämlich einen Wetterballon starten zu lassen. Anschließend zeigten wir die Ergebnisse der ersten Akademiewoche, also was wir uns schon alles über-

legt, getestet und gebaut hatten. Zum Schluss stellten wir unsere Planungen für die zweite Akademiewoche, also den Ballonstart und die Datenauswertung vor.

Zuhörer bei der Abschlusspräsentation

In unserer Abschlusspräsentation konnten unsere Eltern, Geschwister, Verwandte, Freunde und ehemalige Akademieteilnehmer dann am vorletzten Akademietag einiges über unseren Kurs und unser Projekt SMILE erfahren. Zusätzlich zum „Halbzeitstand“ konnten wir nun auch die Ergebnisse der zweiten Woche, die Stickstoffexperimente, Bilder von Ballonstart und -flug und einen Teil unserer Messdaten zeigen. Nach der Präsentation beantworteten wir die Fragen der Zuhörer und ließen einen kurzen Film über unseren Ballonstart und den Ballonflug ablaufen. Zum Schluss konnten sich die Zuhörer noch Bilder aus der Akademiezeit anschauen. Unser Kurs und unsere Präsentation waren ein toller Erfolg, denn bei unseren Präsentationen hörten teilweise über hundert Leute zu und alle waren von unserem Projekt begeistert.

Als Geophysikkurs können wir wirklich stolz auf unser tolles und erfolgreiches Projekt sein!

Nachwort

Johanna Kroll

Nachdem jetzt die Teilnehmer beschrieben haben, was wir in den Sommerferien gemacht haben, ist es an mir, zum Abschluss dieser unglaublichen Zeit Worte zu finden. Wie lassen sich unsere Erlebnisse passend beschreiben?

Ich denke, im Ohr haben wir alle da das eine selbe Lied: „Major Tom“ von Peter Schilling. Tobias hatte es für unsere Abschlusspräsentation kurzerhand in „Major Dom“ (für Dominik) umgedichtet und einen kleinen Film mit Bildern unseres Fluges zusammengestellt. Die Zeile „völlig losgelöst von der Erde“ passt nicht nur zu unserem Ballon, der auf eine Höhe von ca. 25 km gestiegen ist, sondern auch zu all den anderen Erfahrungen, die wir als Leiter und als Teilnehmer gemacht haben. Obwohl oder gerade weil wir zwischendrin starke Nerven und Durchhaltevermögen beweisen mussten, wurden wir ein eingespieltes Team mit großem Zusammenhalt. Nur mit gemeinsamer Planung war es möglich, dass unser Projekt ein solcher Erfolg wurde. Und spätestens als unser Ballon von seinem Höhenflug zurückgekehrt war, waren wir komplett losgelöst.

Wieder auf dem Boden der Tatsache, dass diese Zeit nun vorbei ist, wird der eine oder andere wohl sehr traurig sein. Aber auch wenn wir auseinander gehen, die Erinnerungen und Freundschaften bleiben, und wenn wir unseren Bildschirmschoner mit einem Bild der Erde aus 25 km Höhe angucken, dann zaubert es uns ein breites SMILE aufs Gesicht.

Dieses Bild ist das Lieblingsbild vieler Akademie-Teilnehmer. Auf dem Bild kann man den Übergang in den Weltraum am Besten sehen. Wir befinden uns auf dem Foto schon so hoch, dass die Wolken schon sehr klein aussehen.

Zitate aus dem Kurs

- „Das war gar nicht mal so dämlich!“ – Kai zu Caro beim Formatieren der Abschlusspräsentation
- Kai zu Viktoria: „Sag mal eine Zahl von 1 bis 15!“ – Viktoria: „17?“
- Johanna: „Ich bin todmüde, seit ich euch kenne.“
- „Jeder Kurs bereitete eine Präsentation über seinen Kurs vor und präsentierte diese den anderen Kursen, damit diese einen Überblick über alle Kurse bekamen.“ – Anna Lena in der Erstversion der Doku
- Johanna: „Wer ist alles Freiburg-Fan?“ – Lukas zögert ...
- Johanna zu Lukas: „In allen Partien steht es 0:0, nur Stuttgart liegt hinten ...“ *singt* – kurze Zeit später: „0:1 bei Freiburg! Wir heulen gemeinsam.“
- „Krass coolster Kurs der Welt!“ – Dominik
- Dominik: „Mit Bauschaum und Panzertape kriegt man alles hin!“ – Caro klebt ihm den Mund mit Panzertape zu ...
- Felicia: „Dein Ernst? Der Satz geht über neun Zeilen!“ – Julian: „Aber die Kommasetzung stimmt!“

Danksagung

Die JuniorAkademie Adelsheim / Science-Academy Baden-Württemberg fand in diesem Jahr bereits zum 12. Mal statt. Daher möchten wir uns an dieser Stelle bei denjenigen bedanken, die ihr Stattfinden überhaupt möglich gemacht haben.

Die JuniorAkademie Adelsheim 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 Schulpräsidenten im Regierungspräsidium Karlsruhe, Herrn Prof. Dr. Werner Schnatterbeck, der Referatsleiterin Frau Leitende Regierungsschuldirektorin Dagmar Ruder-Aichelin, Herrn Jurke und Herrn Rechentin vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport sowie dem Koordinator der Deutschen Schüler- und JuniorAkademien in Bonn, Herrn Volker Brandt.

Die Akademie wurde finanziell in erster Linie durch die H. W. & J. Hector Stiftung, durch die Stiftung Bildung und Jugend sowie den Förderverein der Science-Academy unterstützt. Dafür möchten wir an dieser Stelle allen Unterstützern ganz herzlich danken.

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. Ein besonderer Dank gilt an dieser Stelle Jörg Richter, der auch in diesem Jahr für die Gesamterstellung der Dokumentation verantwortlich war.

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.