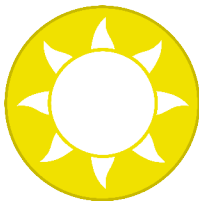
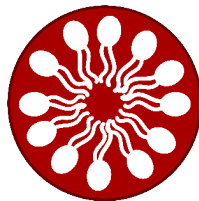


JuniorAkademie Adelsheim

14. SCIENCE ACADEMY BADEN-WÜRTTEMBERG 2016



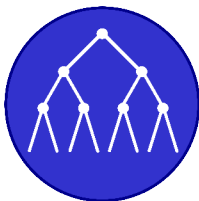
Astronomie



Chemie



Germanistik



Informatik



Physik



TheoPrax

**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 $\text{\LaTeX}$ 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.

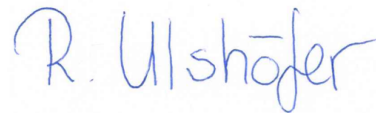
Diese hat uns bis zum Doku-Wochenende geführt, bei dem ihr eure wissenschaftlichen Erkenntnisse und all das, was die Akademie sonst noch ausgemacht hat, in Form dieser Dokumentation auf Papier festgehalten habt.

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 1: Die Sonne – unser Stern



Unser Kurs

Matthias Er kann mit seiner Art sehr gut andere Leute überzeugen und sorgte mit seinem schrägen Humor für gute Laune im Kurs. Seine Ausdauer beim Reden lässt sich nicht mit der Ausdauer beim Sport vergleichen und dank ihm bleiben keine Süßigkeitenreste übrig. Seine Haltung ist immer so gerade wie sein Becherstapel beim Frühstück. Außerdem schafft er mit seiner neuen Methode viel Vertrauen.

Rochus Der Urschwabe teilte mit uns allen seinen ausgefallenen Wortschatz. Dabei war seine Liebe zu Herr der Ringe ungebrochen. Sein Talent bewies er nicht nur im Kurs, sondern er war auch begeistert bei der Musik-KüA dabei.

Valentin Alexis, der kleinste und jüngste Fuß-

baller, kann durch seine Malkünste überzeugen und gestaltete das Akademie-T-Shirt. Als Miss X schrieb er seinem geheimen Freund zahlreiche Liebesbriefe.

Anna Zwar begeistert sie als laufendes Lachgas durch ihre gute Laune die anderen für das Thema, jedoch ist Anna mit ihrer Mikroschrift nicht zum Abschreiben geeignet. Außerdem wird sie des Öfteren spaßeshalber mit der Herkunft ihres Namens aufgezo-gen. Mit ihrer überragenden Schauspielkunst fesselt sie das ganze Publikum, und sie hat viele Interessenten, um ihre Flechtkunst zu zeigen.

Sarah Schon am Eröffnungswochenende kam sie mit dem Spruch „Einfach sagen, wenn ich zu viele Fragen stelle oder zu viel rede“

an. Mit ihren leicht verrückten Ideen und ihren blauen Lippen lernten wir alle ihre Lieblingsfarben kennen. Ohne Leine sollte sie nicht mehr in ein Kosmetikgeschäft gehen. Durch ihre fröhliche Art kann man sie nur mögen.

Clarissa Als stellvertretende Schwäbin trug sie durch ihr Talent maßgeblich zum Sieg beim Sportfest bei. Zum Feiern des Sieges durfte bei Clarissa allerdings der Babybrei nicht fehlen. Manchmal konnte man zufälligerweise auch zwei Clarissas antreffen. Ihre Begeisterung für den Seifenblasenbildschirm-schoner färbte auf alle Computer ab.

Clara Unser Ruhepol im Kurs ist immer zuverlässig. Verflochtene Gedanken wachsen aus ihrem Kopf. Mit ihrem Wissen und ihren kreativen Ideen bereicherte sie den Kurs. Auch mit ihrer Flöte stellte sie ihr Talent in der Musik-KüA unter Beweis.

Vicki Unsere zuverlässige Protokollantin sorgte für hervorragende Aufschriebe. Nach anfänglicher Sorge, ohne Karteikarten zu präsentieren, verzauberte sie dann doch den ganzen Raum mit ihrer liebevollen Art.

Anton Der neue Max Mustermann ist immer für jede sportliche Aktivität zu haben und spielt auch leidenschaftlich gerne Basketball. Sein musikalisches Talent stellte er beim Hausmusikabend unter Beweis, und er war auch eifrig einer der Vorklatscher.

Lukas Unser Kurstheoretiker ist immer aufmerksam und hinterfragte auch einiges. Mit seinem großen Einsatz beim Killer-Ninja gleicht er einem Sensei, und auch vor keiner Matherechnung schreckt er zurück. Liegt das vielleicht an seinem süßigkeitendominierten Frühstück? Seine Neutralität spiegelt sich in der Farbwahl seiner Kleidung wieder, bleibt aber trotzdem wählerisch.

Christian Der Systematiker in ihm kommt nicht nur bei seiner Kleiderauswahl, sondern auch bei seiner Redeweise zum Ausdruck. Durch seine ruhige Art zu reden verschafft er sich bei jedem seiner Zuhörer Verständnis. Auch in anstrengenden Phasen bleibt er immer geduldig, ist aber für jeden Spaß zu haben und war auch eine große Bereicherung der Musik-KüA.

Noah Er stellt seine Liebe zur Technik ausreichend zur Schau, und das nicht nur durch seine umfangreichen Informatikkenntnisse. Kein Spiel ist vor dem Spieletester Noah sicher. Mit vielen Ideen und großer Motivation ist er immer dabei.

Caro Sie ist eine große Liebhaberin von Zehenschuhen und scheut sich nicht vor Wasser bei der Wasserschlacht. Mit viel Freude ist sie immer bei der Sache und kann auch das Thema verständlich rüberbringen. Sie bewahrt stets einen kühlen Kopf und hat uns mit ihrem Wissen bereichert.

Dominik Er war der aufgeweckteste und amüsanteste Laternenpfahl, der uns jeden Tag zum Lachen bringt. Dank ihm ist die Nachfrage nach Coca Cola sehr groß. Er hat uns auch immer motiviert und auf Trab gehalten. Obwohl sein Talent beim Sahneschlagen aufhört, haben wir durch ihn sehr viel gelernt.

Anna Lena Sie wurde während der Akademie zur schnellsten einbeinigen Sprinterin. Außerdem ist sie eine großartige Motivations-trainerin und hat damit einen großen Teil zum Sportfestsieg beigetragen. Ihre nette Art zauberte jedem ein Lächeln ins Gesicht. Sie ist mit ihrer Art der Beweis, dass es bei Super Mario auch gute Pilze gibt.

Einleitung

ANNA LENA SCHAIBLE

Achtung Hochspannung, aber alles berührungssicher! An der Tür ein großes Warnschild, und sobald man die Tür öffnet – trifft man den Astronomiekurs. Zwölf Teilnehmer, zwei Kursleiter und eine Schülermentorin haben zwei Wochen lang die Köpfe rauchen lassen, vieles über die Sonne gelernt, beobachtet, getüftelt und jede Menge Spaß gehabt.

Von Anfang an herrschte im Kurs eine gute Atmosphäre, und es wurde super als Team zusammengearbeitet. Ob bei Theorie, Experimenten oder beim Modellbauen, alle Teilnehmer waren voll begeistert dabei und die super Stimmung wurde durch Berge von Süßigkeiten nur noch verstärkt!

Die Kursteilnehmer waren von der Sonne so begeistert, dass sie am liebsten direkt zu ihr gereist wären. Weil das unvorstellbar ist, wurde einfach eine Sonne als Modell gebaut. Eine weitere kam bei unserem Polarlichtsimulator zum Einsatz. Von dem war nicht nur der ganze Kurs begeistert, auch während der Akademie und bei der Abschlusspräsentation gerieten viele ins Staunen, was der Astronomiekurs so alles erreicht und erlebt hat – es ist weitaus mehr, als Sie sich vorstellen können. Auf den folgenden Seiten bekommen Sie selbst einen Eindruck davon.

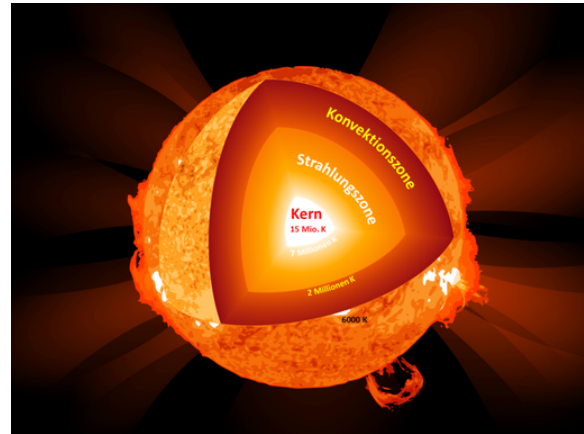
Steckbrief und Aufbau der Sonne

SARAH MICHEL

Zu allererst wollten wir natürlich etwas über die grundlegenden Eigenschaften und den Aufbau der Sonne und des Süßigkeiten-Vorrats unserer Kursleiter erfahren, also grobe Zahlen, mit denen wir uns eine Vorstellung von der gigantischen Größe und Masse der Sonne (und den Süßigkeiten!) machen konnten. Die Sonne hat einen Durchmesser von ca. 1,4 Millionen km und eine Masse von $2 \cdot 10^{30}$ kg. Folglich ist sie 333.000 mal schwerer als die Erde und hat einen 109 mal größeren Durchmesser. Von der Sonne weiß man auch, dass sie in etwa so alt wie unsere Erde ist, nämlich 4,6 Milliarden Jahre. Der mittlere Abstand der Erde zur Sonne beträgt ca. 150 Millionen km. Astronomen verwenden diesen Zahlenwert als zusätzliche Entfernungseinheit: 149,6 Million km sind eine Astronomische Einheit, kurz 1 AE.

Die Sonne besteht zu ca. 3/4 aus Wasserstoff und zu 1/4 aus Helium – den beiden leichtesten Elementen im Periodensystem. Außerdem sind in der Sonne noch geringe Anteile der übrigen chemischen Elemente vorhanden, die aber nicht bedeutungslos sind. Die verschiedenen Elemente liegen in der Sonne größtenteils nicht als neutrale Atome vor, sondern als Plasma. Plasma besteht aus ionisierter Materie, das heißt die Atomkerne werden durch hohe Temperaturen von den Elektronen getrennt.

Die Sonne ist aus verschiedenen Schichten aufgebaut. Zusammen haben wir dazu auch ein Modell gebaut, das diese Schichten zeigt. Druck



Die verschiedenen Schichten der Sonne. Grafik: Kelvin Ma (Wikimedia-Nutzer Kelvinsong): Sun poster, deutsche Beschriftung und Ausschnitt: Max-Planck-Institut für Kernphysik, CC BY-SA 3.0

und Temperatur nehmen von außen nach innen zu. Im Kernbereich ist es am heißesten, nämlich 15,6 Millionen Kelvin. Der Kern nimmt ca. 1/4 der Sonne in Anspruch. Dort wird die Energie erzeugt, die die Sonne abstrahlt.

Um den Kern liegt die Strahlungszone, die etwas mehr als zwei Drittel des äußeren Teils der Sonne ausmacht. In der Strahlungszone wird die Energie aus dem Kern weiter transportiert, indem die abgestrahlte Energie immer wieder absorbiert und anschließend in eine beliebige Richtung wieder abgegeben wird. Dieser Vorgang wird auch Random Walk genannt. Dadurch dauert es sehr, sehr lange, bis die Energie in die Konvektionszone gelangt. Dort wird sie nun durch Materialtransport weitergegeben: Die heißen Plasmamassen steigen bis an die Sonnenoberfläche auf und kühlen dort ab. Anschließend strömen die abgekühlten Massen wieder zurück in die Tiefe. Dieser Vorgang wird als Granulation an der Oberfläche sichtbar. Die Konvektionszone beansprucht beinahe das gesamte restliche Volumen der Sonne bis zur Oberfläche.

Was wir als Oberfläche der Sonne bezeichnen, ist eine nur wenige hundert Kilometer dicke Schicht, die das sichtbare Licht abstrahlt, das wir von der Erde aus sehen können, und die mit dem Begriff Photosphäre bezeichnet wird. Die durchschnittliche Temperatur dieser Schicht beträgt 5800 K oder auch 5500 °C. Die Photosphäre ist nicht die äußerste Schicht der Sonne,



Unser selbstgebautes Modell zum Aufbau der Sonne.

ohne Spezialteleskope wird sie aber als solche wahrgenommen.

Oberhalb der Photosphäre befindet sich noch die Chromosphäre. Mit diesem Begriff wird der Teil der Sonne bezeichnet, in dem Protuberanzen zu sehen sind und Materieauswurf stattfindet. Erstaunlicherweise ist dieser Teil der Sonnenatmosphäre mit ca. 10.000 K heißer als die Photosphäre.

Darüber liegt die Korona, die mit ca. 1–2 Millionen K nochmal heißer ist. Sie umgibt die Sonne wie ein Strahlenkranz, und man kann sie mit dem bloßen Auge nur bei totalen Sonnenfinsternissen sehen. Außerdem hat sie, wie auch die Chromosphäre, nur eine sehr geringe Dichte. Aus der Korona entweichen beständig Sonnenwinde, die einen sehr großen Einfluss auf die Umgebung unserer Sonne haben.

Kernfusion

VIKTORIA KLEIN

Durch welche Prozesse wird im Sonneninneren die Energie nun genau erzeugt? Schon vor langer Zeit speulierte man darüber, was die Sonne zum Leuchten bringt. Erste Überlegungen waren, ob es sich bei der Sonne möglicherweise um einen „Feuerball“ handelt und dort zum

Beispiel Kohlenstoff bei einer chemischen Reaktion verbrannt wird. Diese Theorie haben wir im Kurs genauer unter die Lupe – oder besser gesagt unter das Teleskop – genommen.

Um zu überprüfen, ob die Energie der Sonne aus chemischen Reaktionen stammen kann, sind wir folgendermaßen vorgegangen: Man kann messen, wie viel Sonnenenergie pro Sekunde auf einen Quadratmeter der Erdoberfläche trifft; diese sogenannte Solarkonstante beträgt 1367 W/m^2 . Aus dieser Information und dem Abstand der Erde von der Sonne, der Astronomischen Einheit, können wir die Strahlungsleistung der Sonne bestimmen: Diese beträgt demnach $3,85 \cdot 10^{26} \text{ W}$, das entspricht $2,4 \cdot 10^{45} \text{ eV/s}$.

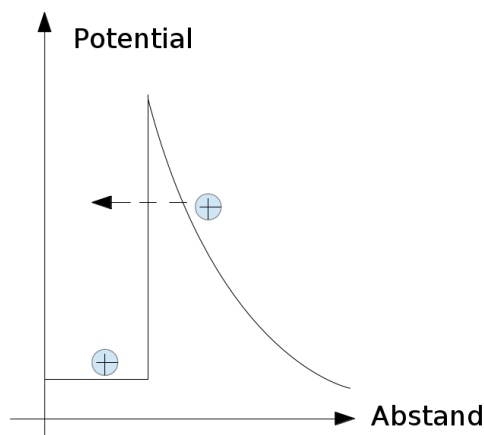
Aus dieser Angabe konnten wir auf die Anzahl der chemischen Reaktionen schließen, die in der Sonne pro Sekunde ablaufen müssten, um diese Energiemengen erzeugen zu können. Bei einer durchschnittlichen chemischen Reaktion werden nämlich ca. 10 eV freigesetzt.

Um zu überprüfen, ob chemische Reaktionen die Leuchtkraft der Sonne über Milliarden Jahre hinweg aufrecht erhalten können, haben wir dann die Gesamtanzahl der Atome in der Sonne abgeschätzt: ca. 10^{57} . Die Energie aus chemischen Reaktionen würde die Sonne nur für einige Tausend Jahre leuchten lassen, demnach wäre heute auf der Erde gar kein Leben mehr möglich. Chemische Reaktionen können als Energiequelle der Sonne also nicht in Frage kommen.

Wie löst sich nun also das Rätsel der Sonnenleuchtkraft? Die Antwort lautet Kernfusion. Dabei handelt es sich um Reaktionen, bei denen Atomkerne verschmelzen und aus leichten Elementen (z. B. Wasserstoff) schwerere Elemente (z. B. Helium) entstehen. Die einfachste Form der Kernfusion, die im Sonnenkern stattfindet, kann man anhand der Proton-Proton-Kette (kurz p-p-Kette) erklären. Im ersten Schritt fusionieren normale Wasserstoffkerne, also Protonen, zu Deuterium, auch schwerer Wasserstoff genannt. Aufgrund der elektromagnetischen Abstoßung der beiden gleichnamig geladenen Protonen läuft diese Verschmelzung allerdings nicht ganz freiwillig ab. Erst ab einer bestimmten, sehr kleinen Distanz kann die starke Kraft

(auch Kernkraft genannt) die beiden Protonen gegen die elektromagnetische Abstoßung aneinanderketten. Wenn dieser Abstand erreicht ist, ziehen sich die Teilchen an und fusionieren.

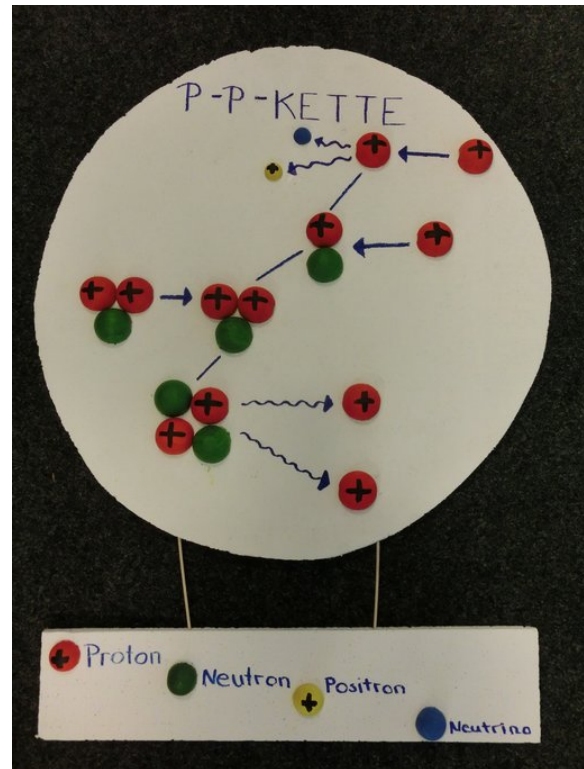
Die ca. 16 Millionen K im Sonneninneren und der unglaublich hohe Druck reichen jedoch nicht aus, um die beiden positiv geladenen Teilchen so nahe aneinander zu bringen, dass diese sogenannte Coulombbarriere überwunden werden kann. Trotzdem fusioniert Wasserstoff in der Sonne durchgehend zu Helium und Energie wird frei. Aber warum? „Ist weniger schlimm, als es sich anhört“, verspricht uns Dominik vor der Erklärung, wobei er gleichzeitig ein Koordinatensystem mit einer für uns Kursteilnehmer schwer beschreibbaren Kurve skizziert. Keine Angst, alle fragenden Gesichter waren nach einer ausführlichen Erklärung aufgeheitert. Hoffentlich wird das auch bei Ihnen der Fall sein.



Das linke Proton befindet sich in einem Potentialtopf. Das rechte Proton wird durch den hohen Druck und die Temperatur immer höher auf der angedeuteten Kurve geschoben, es erreicht aber nie die Spitze, sondern „tunnelt“.

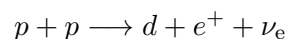
Die Sonne behilft sich mit einem Effekt der Quantenmechanik: dem Tunneleffekt. Vereinfacht gesagt können Protonen, wenn sie nahe genug aneinanderkommen, die restliche abstoßende Barriere durchdringen, anstatt sie durch noch höheren Druck oder höhere Temperaturen zu überwinden. Dieser Tunneleffekt tritt aber nur mit einer sehr geringen Wahrscheinlichkeit ein. Die Sonne besteht jedoch aus so vielen Teilchen, dass der Effekt trotzdem häufig genug stattfindet.

Wenn nun die starke Kraft einsetzt, wandelt



Unser Modell der p-p-Kette.

sich ein Proton aufgrund der schwachen Kraft in ein Neutron um. Es entsteht ein Deuterium unter der Freisetzung von einem Positron (dem Antimaterieteilchen zum Elektron) und einem Neutrino. Das Neutrino wird, da es mit fast nichts in Wechselwirkung tritt, sofort in den interplanetaren Raum ausgesendet.



Doch warum entsteht bei der Bildung von Deuterium überhaupt ein Neutrino? Das liegt an der Leptonenzahlerhaltung. Um die Entstehung des Positrons als Antilepton auszugleichen, muss als Lepton ein Neutrino freigesetzt werden.

Lagert sich an den Deuteriumkern nun ein weiteres Proton an, entsteht unter Energieabgabe Helium-3. Stoßen zwei Helium-3-Kerne aufeinander, bildet sich ein Helium-4-Kern, und zwei Protonen werden abgegeben. Nun kann der Zyklus von Neuem beginnen. Um die einzelnen Reaktionsschritte zu veranschaulichen, haben wir auch ein Modell zur p-p-Kette gebaut.

Pro Sekunde werden auf diese Weise 564 Millionen Tonnen Wasserstoff zu 560 Millionen Tonnen Helium fusioniert. Die Massendifferenz von

4 Millionen Tonnen pro Sekunde wird dabei in Form von Energie freigesetzt. Um dies zu überprüfen, bedarf es der wohl berühmtesten Formel: $E = mc^2$. Teilt man die Leuchtkraft der Sonne durch das Quadrat der Lichtgeschwindigkeit, erhält man tatsächlich 4 Millionen Tonnen pro Sekunde.

Dieser Massenverlust erscheint zwar sehr groß, aber die Sonne wird die Erde dennoch auch morgen, in einer Woche und auch noch in vielen Millionen Jahren mit Energie versorgen. Der Massenverlust aufgrund der Abstrahlung entspricht nämlich nur einem sehr winzigen Bruchteil der gesamten Sonnenmasse.

Die Solarkocher

NOAH MEIER

Um uns diese Energieabstrahlung der Sonne praktisch zu veranschaulichen, stellten wir zwei Solarkocher, einen größeren und einen kleineren, auf den Rasen des Fußballplatzes und richteten sie auf die Sonne.



Während der Messungen mit dem großen Solarkocher.

Ein Solarkocher ist eine Halbschüssel aus Metall, die an der Innenseite mit reflektierendem Material beschichtet ist. Dieses Material reflektiert das Licht Richtung Mitte, zum sogenannten Brennpunkt. Zu diesem führt eine Aufhängung, an der wir einen Topf befestigen konnten.

Nun aber zu unserem Experiment: Wir füllten den Topf für den kleineren Solarkocher mit einem halben Liter Wasser und maßen die Anfangstemperatur (23 °C). Den Topf des größeren Kochers befüllten wir jedoch mit Popcorn.



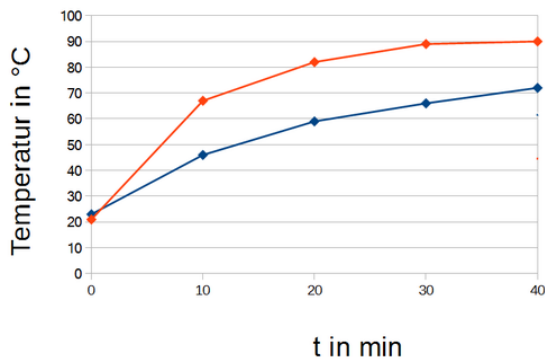
Selbstgemachtes Popcorn aus dem Solarkocher.

Experimente sollen schließlich auch für uns etwas Cooles abwerfen. Während wir nun also unser Popcorn rösteten, begann sich das Wasser im Topf des kleineren Solarkochers zu erwärmen. Am Ende unseres Experimentes, nach 36 Minuten, hatte es sich auf 72 °C erwärmt, das bedeutete also einen Temperaturunterschied von 49 K.

Ein paar Tage später führten wir das Experiment zum zweiten Mal durch, dieses Mal jedoch benutzten wir den größeren Solarkocher für das Wasser. Und bereits nach wenigen Minuten bemerkten wir einen großen Unterschied: Das Wasser hatte sich bereits nach 13 Minuten von 21 °C auf 67 °C erwärmt, und damit war es nicht vorbei. Die Temperatur stieg viel schneller als bei der ersten Ausführung unseres Experimentes. Der große Solarkocher mit 138 cm Durchmesser war so effektiv, dass sich das Wasser am Ende des Experimentes (nach 42 Minuten) auf 90 °C erhitzt hatte, also um insgesamt 69 K. Das zeigt auch, dass es sich bei der Erwärmung des Wassers um ein beschränktes Wachstum handelt.

Da wir die Wärmekapazität und die Masse des Wassers, die Temperaturdifferenz zwischen Anfang und Ende, die Zeit und die Fläche des Spiegels kennen, konnten wir somit die Leistung errechnen, die der Solarkocher liefert: $P = \Delta E / \Delta t = 57,5 \text{ W}$ mit $\Delta E = c \cdot m \cdot \Delta T = 144,9 \text{ kJ}$. Das entspricht $38,3 \text{ W/m}^2$.

Unsere errechnete Leistung pro Quadratmeter entspricht also nur ca. 5 % der eigentlichen Leistung der Sonne. Das ist erschreckend viel kleiner als die Solarkonstante! Das liegt ver-



Zunahme der Wassertemperatur bei den Solarkochern. Blau: Erster Versuch mit kleinerem Kocher. Rot: Zweiter Versuch mit größerem Kocher.

mutlich an der nicht optimalen Ausrichtung des Spiegels, am Wärmeverlust des Wassers und verschiedenen anderen Problemen, die die Effizienz des Kochers senken.

Trotzdem hat uns dieses Experiment gezeigt, dass die Sonne sehr viel Energie abstrahlt, die unser Leben Tag für Tag ermöglicht. Und wenn man weiß, wie man diese Energie richtig nutzt, kann man damit auch richtig kochen (oder auch schmackhaftes Popcorn zubereiten).

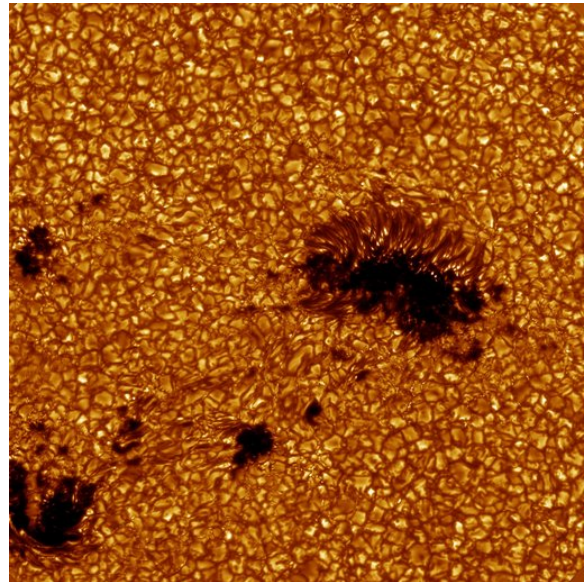
Granulation

ANNA POSPELOV

Aber wie kommt die durch Kernfusion im Sonneninneren erzeugte Energie eigentlich an die Oberfläche? Wie schon erläutert, geschieht Konvektion durch das Aufsteigen heißer Materie, da diese eine geringere Dichte hat, und durch das Absinken kälterer Materie, deren Dichte größer ist. Man kann allerdings nicht in die Sonne hineinschauen und die Konvektion direkt beobachten. Auch aus unserem Astronomie-Kurs ist niemand ein Super-Mutant, der so etwas könnte. Man kann diese Materieströme auf der Sonnenoberfläche aber trotzdem beobachten, und zwar in Form der sogenannten Granulation. Dazu benötigt man jedoch sehr gute Teleskope. Sie müssen einen Winkel von etwa einer Bogensekunde auflösen können, also den 3600. Teil eines Winkelgrads. Auf der Sonnenoberfläche entspricht eine Bogensekunde etwa 725 km. Die Granulation zeigt sich in Form von wabenförmigen Zellen, die ei-

ne körnige Struktur auf der Sonnenoberfläche bilden. Schon mit den Teleskopen, die wir auf der Akademie zur Verfügung hatten, konnte man diese körnige Struktur gut erkennen, denn man sah, dass die Sonne nicht glatt ist. Details in einzelnen Zellen konnte man allerdings nicht wahrnehmen.

Die Granulen sind auch nicht stabil, sondern verschwinden und bilden sich ständig neu, immer wenn wieder heiße Materie aufsteigt, an der Oberfläche abkühlt und wieder in die Tiefe sinkt. Da das heiße Material im Zentrum heller leuchtet als das kühlere an den Rändern, entsteht das typische Erscheinungsbild einer Konvektionszelle. Eine solche Granule kann zu einem Durchmesser von ca. 1000 km anwachsen, also größer als Deutschland werden.

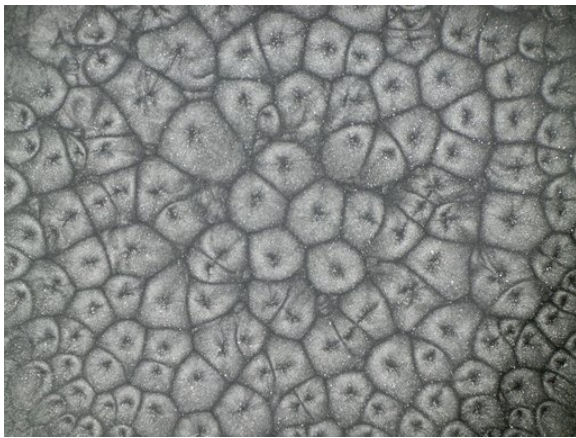


Granulationszellen (und kleinere Sonnenflecken) auf der Sonnenoberfläche. Aufgenommen von Oddbjørn Engvold, Jun Elin Wiik und Luc Rouppe van der Voort mit dem Swedish 1-m Solar Telescope (SST), das vom schwedischen Institute for Solar Physics betrieben wird.

Wir haben die Granulation mit einem einfachen Versuch auf die Erde gebracht, und zwar mit Aluminiumpulver und farblosem Silikonöl. Bevor wir mit unserem Versuch anfangen, mussten wir raus aus unserem Kursraum.

Mit einem Verlängerungskabel konnten wir draußen auf der Terasse eine kleine Herdplatte in Betrieb nehmen. Das klingt jetzt so, als hätten wir mit unserem Öl und der Herdplatte

etwas Leckerer kochen wollen, aber dem war leider nicht so. Auf unseren Herd stellten wir eine Pfanne und gossen so viel Silikonöl hinein, dass die Flüssigkeit ein paar Millimeter hoch stand. Danach streuten wir ein wenig Aluminiumpulver hinein, das so fein war, dass ein Teil erstmal in die Luft flog. Aus diesem Grund haben wir unseren Versuch auch draußen gemacht, zum einen damit später nicht Aluminiumpulver auf dem Boden unseres Kursraumes liegt, aber auch, weil Öldampf aufsteigt. Die Gefahr wäre dabei gewesen, dass die Rauchmelder anspringen, was wir natürlich vermeiden wollten.



Konvektionszellen in heißem Silikonöl mit Aluminiumpulver.

Nachdem wir alles aufgebaut hatten, hieß es nur noch warten. Obwohl das Öl in der Pfanne sehr heiß wurde, fing es nie an zu sieden. Nach einigen Minuten bildete sich eine wabenartige Oberflächenstruktur, die sehr der Granulation auf der Sonnenoberfläche ähnelte. Verfolgte man mit den Augen ein Pulverteilchen, konnte man sehen und verstehen, wie es in der Konvektionszone aussieht: Das heiße Silikonöl steigt vom Boden der Pfanne auf und nimmt dabei das Pulver mit. An der Oberfläche kühlt es ab und sinkt wieder nach unten. Die Bewegung des Öls konnte man sehr gut anhand des glitzernden Aluminiumpulvers erkennen und man sah, wie durch die Bewegung die Zellen entstanden. Man erkannte auch, dass die Zellen ihre Form verändern.

Nachdem wir alle den Versuch bewundert hatten, ließen wir die Pfanne draußen vor dem Kursraum abkühlen. Nachdem das Öl wieder

kalt geworden war, sah man auch keine Bewegung in der Pfanne mehr und wir gossen den Inhalt zurück in den Behälter. Bei unseren Präsentationen haben wir einfach den Inhalt des Behälters wieder in die Pfanne gekippt und wiederverwendet.

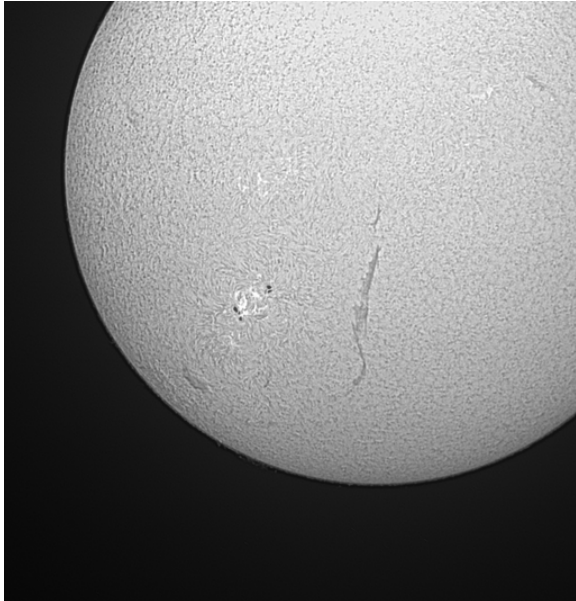
Magnetfelder und Sonnenflecken

ANTON GRAMBERG, VALENTIN
KRÜPER UND LUKAS STOY

Neben der Granulation sind uns beim Blick auf die Sonne auch dunkle Flecken aufgefallen. Um genauer zu verstehen, wie diese Sonnenflecken entstehen, haben wir uns mit dem Magnetfeld der Sonne befasst. In dem Plasma, aus dem das Sonneninnere besteht, sind so viele freie Elektronen vorhanden, dass Ströme in der Sonne fast widerstandslos fließen können. Aus der Physik wissen wir: Wo ein Strom fließt, da entsteht auch ein Magnetfeld. Dieses Magnetfeld wird vom Plasma mitgenommen, und durch die Rotation der Sonne werden die Magnetfeldlinien an der Außengrenze der Strahlungszone aufgewickelt.

Da Magnetfeldlinien aber danach streben, einander auszuweichen, und das weder nach innen noch zur Seite hin geschehen kann, steigen sie nach oben auf. Beim Aufsteigen nehmen die Magnetfelder das Plasma mit. Irgendwann durchbrechen sie die Photosphäre und werden durch die Materialmitnahme als leuchtende Bögen sichtbar, auch eruptive Protuberanzen genannt. Diese können eine Ausdehnung von bis zu 100.000 km erreichen, was einem vielfachen der Größe der Erde entspricht. Protuberanzen konnten wir selbst mithilfe von H-Alpha-Teleskopen beobachten. Das sind Spezialteleskope, die mit sogenannten Interferenzfiltern ausgestattet sind. Diese Filter lassen bloß einen schmalen Spektralbereich der Sonnenstrahlung durch. Durch diesen Bereich passt ausschließlich Licht mit einer Wellenlänge 656 nm, bei der Wasserstoff leuchtet. Dieses Licht wird dann H-Alpha genannt. Die Sonne erscheint im H-Alpha-Licht in strahlendem Rot, und dadurch kann man sehr gut Protuberanzen beobachten.

An den Austrittsstellen der Magnetfeldlinien wird der Materialtransport (also die Konvek-



Eigene Aufnahme einer aktiven Region und eines dunklen Filaments.

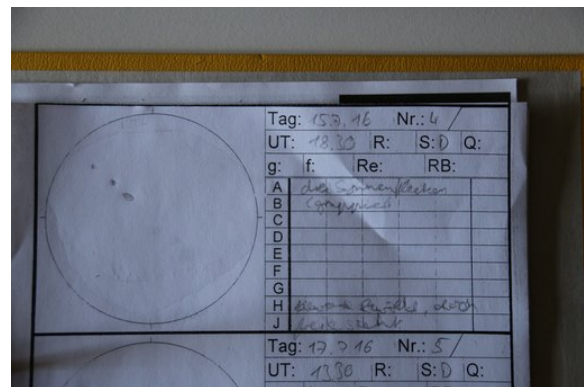
on) behindert und die Photosphäre kühlt dort auf ca. 4000 K ab. Daher sind die Sonnenflecken nichts anderes als kühlere Stellen auf der Photosphäre, die weniger sichtbares Licht in den interplanetaren Raum abstrahlen. Dadurch sehen sie im Vergleich zu der restlichen Sonnenoberfläche dunkel aus. Die Häufigkeit der Sonnenflecken ändert sich periodisch. Alle elf Jahre tritt ein Maximum in der Häufigkeit auf. Momentan sieht man nur sehr wenige Sonnenflecken.

Eigene Sonnenaufnahmen

ANTON GRAMBERG, VALENTIN
KRÜPER UND LUKAS STÖY

Während der Akademie haben wir die Sonne natürlich auch selbst beobachtet. Dafür benötigten wir logischerweise Teleskope, die Caro, unsere Kursleiterin, uns aus dem Haus der Astronomie in Heidelberg mitgebracht hatte, darunter auch zwei H-Alpha-Teleskope. Schon am Eröffnungswochenende haben wir das Aufbauen eines Teleskops geübt. Dabei ist einiges zu beachten, wie wir später herausfanden, denn keine unserer drei Gruppen schaffte es, die Teleskope auf Anhieb richtig aufzubauen. Doch dafür hatten wir ja unsere Kursleiter, die uns gerne die richtige Reihenfolge der einzelnen Schritte erklärten.

Nachdem wir die Teleskope richtig zusammenbauen konnten, gingen wir in den Werkraum des LSZU I, den wir uns im Sommer mit den TheoPraxlern geteilt haben. Dort bauten wir Filter für die Ferngläser, mit denen wir in der Zeit zwischen dem Eröffnungswochenende und der Sommerakademie die Sonne beobachten sollten. Man glaubt gar nicht, wie viel man mit einem Fernglas so alles am Himmel und auf der Sonne sehen kann. Die Filter wurden aus einer Folie gebaut, die das Sonnenlicht auf 1/100.000 abschwächt, weshalb man mit dieser Folie die Sonne beobachten kann, ohne irgendwelchen Risiken ausgesetzt zu sein bzw. ohne die Augen zu schädigen.



Protokoll eigener Sonnenbeobachtungen

Im Sommer konnten wir zeigen, was wir während des Eröffnungswochenendes gelernt hatten, und so standen die Teleskope sehr schnell. Danach mussten wir die Teleskope ausrichten, was schwerer war, als es aussah. Weil man nicht mit dem bloßen Auge in die Sonne schauen darf, mussten wir uns nach dem Schatten des Teleskopes richten. Nachdem wir die Sonne mit dem Teleskop gefunden hatten, konnten wir mit dem Beobachten beginnen. Um die Sonne nicht nur mit eigenen Augen zu sehen, sondern vom Gesehenen auch Bilder zu bekommen, verwendeten wir spezielle Schwarzweiß-Kameras, die man am Teleskop anbringt. Diese Kameras haben keine Linsen, was auch nicht nötig war, da das Teleskop als Linse fungiert. Und warum benutzt man dafür Schwarzweiß-Kameras? Das liegt daran, dass ihre Kamerachips einen besseren Kontrast und eine bessere Empfindlichkeit bieten.

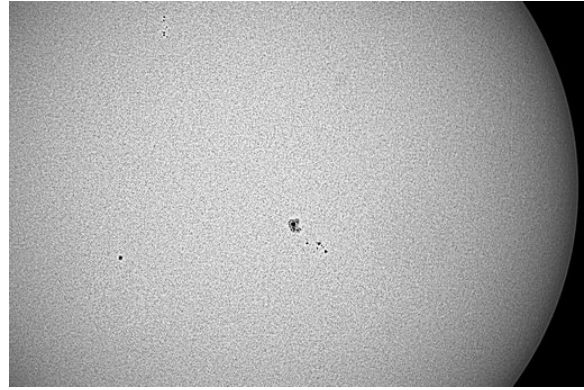
Um mit dem Teleskop die Sonne für eine längere Zeit sehen zu können, mussten wir das

Teleskop mit Strom versorgen, damit der Motor das Teleskop der Sonne mit der Erddrehung nachführt. Nun mussten wir nur noch mit der Fernbedienung den Motor starten und voilà: Das Teleskop drehte sich langsam, und die Sonne verschwand nicht mehr aus unserem Blickfeld. Als letztes brauchten wir noch Laptops, um die Kameras steuern zu können und Videos aufzunehmen und abzuspeichern. Um auch bei gleißendem Sonnenlicht etwas auf dem Bildschirm erkennen zu können, hatten wir eine Art kleines Zelt für die Computer. Diese Zelte sorgten dafür, dass man nicht von der Sonne geblendet wurde.

Beim Aufnehmen der Videos mussten wir darauf achten, dass die Videos nicht zu lang wurden, da die Kameras die Bilder im Rohformat abspeichern und daher ein längeres Video schnell ein paar Gigabyte groß sein kann. Jedoch gab es auch noch andere Probleme: Einmal hatten wir Pech, als wir gegen Abend aufgenommen haben und die Sonne schon recht tief stand. Deshalb mussten wir unsere Position zum Aufnehmen mehrmals ändern, damit die Sonne nicht hinter den Bäumen verschwand. Das war aber für uns, den „besten Kurs ever“, keine große Hürde, weshalb wir alles in allem sehr viele gute Videos hatten.

Nach dem Aufnehmen kam der Teil, der uns besonders viel Spaß gemacht hat: Das Bearbeiten der Videos und das Schärfen der Bilder. Zuerst haben wir mit dem Computerprogramm AutoStakkert! 2 die schärfsten 10 % der Einzelbilder aussortiert und zu einem einzelnen Summenbild überlagert. Mit dem Programm RegiStax 6 konnten wir dann dieses Bild noch weiter verbessern, indem wir uns bei den Programmeinstellungen an das „Tannenbaum-Prinzip“ gehalten haben. Dabei schiebt man den obersten Regler für die Bildschärfe fast komplett nach links, den nächsten nach rechts und alle weiteren immer ein Stück weiter nach links, so dass sich eine Hälfte eines umgedrehten Tannenbaums ergibt. Wir testeten außerdem noch andere Funktionen des Programms, mit denen man die Bilder verbessern konnte, zum Beispiel die Veränderung des Kontrastes, durch die das Bild heller oder dunkler wurde.

Auf dem Bild, das uns am besten gelungen



Eigene Aufnahme von Sonnenflecken und Granulation

ist, kann man sehr gut eine Gruppe von Sonnenflecken sehen. Der größte Sonnenfleck ist etwa so groß wie unsere Erde. Das fanden wir sehr faszinierend. Auf dem Bild erkennt man außerdem die sogenannte Umbra, das ist der fast schwarze Kern der Sonnenflecken. Man sieht aber auch die sogenannte Penumbra, den grauen Ring um den schwarzen Kern herum.

Helioviewer

ANTON GRAMBERG, VALENTIN
KRÜPER UND LUKAS STOY

Nach unseren eigenen Beobachtungen wollten wir aber auch noch dem elfjährigen Sonnenfleckenzyklus auf den Grund gehen. Wir wussten, dass es irgendeinen Effekt geben muss, durch den die Anzahl der gerade sichtbaren Sonnenflecken beeinflusst wird. Wir konnten natürlich aber auch nicht jahrelang die Sonne beobachten. Deshalb haben wir mithilfe der Internetseite www.helioviewer.org aktuelle Satellitenaufnahmen der Sonne untersucht, die die Sonne in unterschiedlichen Spektralbereichen zeigen. Satelliten wie SOHO und SDO beobachten die Sonne über Jahre hinweg, SOHO schon seit 1996. Man kann auch diese Bilder abrufen, indem man auf der Webseite Zeit und Datum passend einstellt.

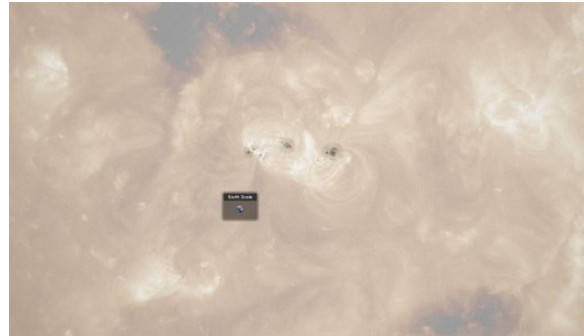
Über mehrere Jahre hinweg ist der Veränderung der Anzahl der Sonnenflecken damit gut zu erkennen. In Wirklichkeit wechselt allerdings alle elf Jahre zunächst nur die Polarität des Sonnenmagnetfelds, so dass der komplette Zyklus 22 Jahre dauert. Er beginnt mit ei-

nem Dipolfeld ähnlich dem eines Stabmagneten, wobei es erst einmal nur auf den Verlauf der Magnetfeldlinien im Sonneninneren ankommt, die Nord- und Südpol miteinander verbinden. Durch die differenzielle Rotation der Sonne, also dadurch dass sich die Sonne am Äquator schneller dreht als an den Polen, wickeln sich die Magnetfeldlinien an der Außengrenze der Strahlungszone ringförmig auf. Durch die Corioliskraft bilden sich kleine Schlaufen, die um 90° zu den aufgewickelten Feldlinien verdreht werden, also wieder entlang der Nord-Süd-Richtung liegen. Zusammengenommen ergeben sie wieder ein Dipolfeld, allerdings mit umgekehrter Polarität als zuvor.

Die Magnetfeldschlaufen steigen durch Auftriebskräfte aber auch aus dem Inneren bis an die Oberfläche auf und durchstoßen sie. An diesen Stellen bilden sich dann die Sonnenflecken. Über der Sonnenoberfläche können sie sich bei Eruptionen neu miteinander verbinden, so dass sich auch außerhalb der Sonne wieder ein Dipolfeld bildet. Die Sonnenfleckenanzahl nimmt dann wieder ab, und schließlich beginnt der Umpolungsprozess von Neuem.

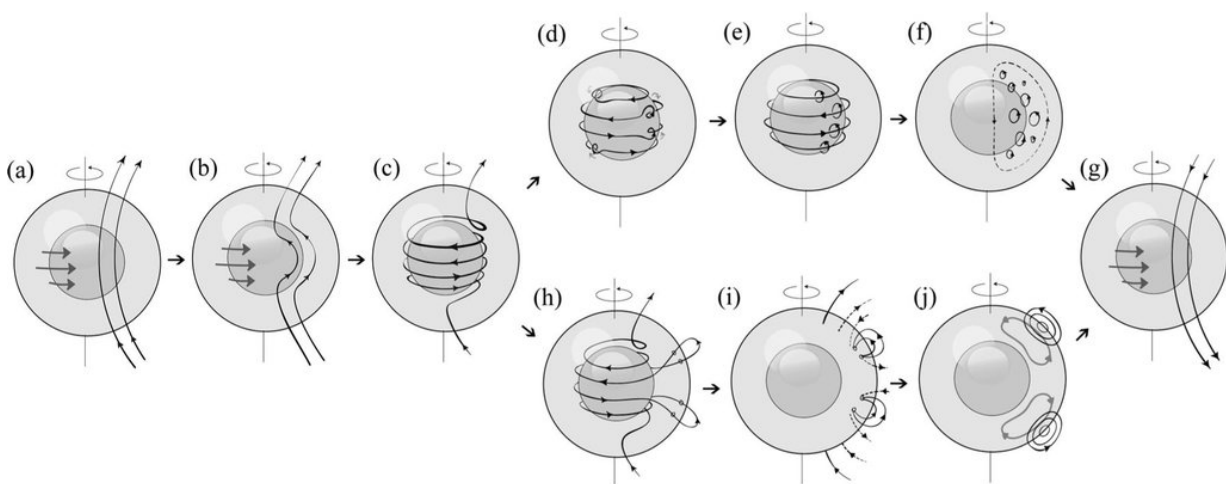
Wir haben mit dem Helioviewer aber nicht nur die Sonnenflecken untersucht. Über „Add Layer“ kann man weitere Bilder der Sonne aus anderen Wellenlängenbereichen oder mit größerem Bildausschnitt hinzufügen. Unter „Obser-

vatory“ kann man zwischen den verschiedenen Satelliten wählen und dann unter „Instrument“ zum Beispiel für den SDO-Satelliten zwischen den beiden Kameras AIA und HMI auswählen. Unter „Measurement“ wählt man die Wellenlänge aus.



Überlagerung des Bilds der Sonnenfleckengruppe vom 17. Juli 2016 in einer Aufnahme von SDO/HMI mit der zeitgleich entstandenen Aufnahme der Korona mit SDO/AIA $171 \text{ \AA}$, bei der man die Flecken als Fußpunkte der koronalen Bögen erkennt. Die Erde ist zum Größenvergleich mit dargestellt. Das Helioviewer-Projekt wird von NASA und ESA finanziert, das dargestellte Bildmaterial stellen NASA, ESA und JAXA zur Verfügung.

Man kann zwei Bilder auch überlagern und so sichtbar machen, wie Sonnenflecken und die Magnetfeldlinien über der Sonnenoberfläche als koronale Bögen zusammengehören, was ei-



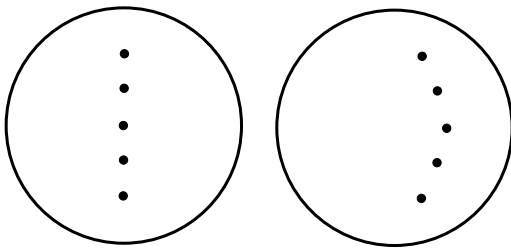
Schematische Darstellung der Änderung des Magnetfelds der Sonne während des 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus. Grafik aus: Sabrina Sanchez, Alexandre Fournier und Julien Aubert: A mean-field Babcock-Leighton solar dynamo model with long-term variability (Anais da Academia Brasileira de Ciências, 86(1), 11-26. doi:10.1590/0001-37652014111212, CC BY-NC)

nem sonst nicht aufgefallen wäre. Die koronalen Bögen werden nur im ultraviolettem Licht sichtbar.

Die Sonnenrotation

CHRISTIAN WILD

Schon zu Beginn des Kurses hatten wir die Beobachtungen gesammelt, die wir zwischen Eröffnungswochenende und Sommerkadademie selbst durchgeführt hatten. Wir haben sie chronologisch sortiert an die Tafel gezeichnet, so dass wir eine fast vollständige Beobachtungsreihe der Sonne erhalten haben. Das Ergebnis: Die Sonnenflecken wanderten von links nach rechts über die Sonne und verschwanden am Rand. Nachdem sie etwa zwei Wochen lang sichtbar waren, konnte man sie zwei Wochen wieder nicht sehen, bis sie möglicherweise auf der anderen Seite der Sonne wieder auftauchten.



Links: Eine Gruppe Sonnenflecken ist auf unterschiedlichen Breitengraden schematisch auf einer Linie aufgereiht. Rechts: Nach einem Umlauf hat sich die Linie durch die differentielle Rotation verbogen.

Daraus haben wir geschlossen, dass die Sonne sich wie die Erde um ihre eigene Achse dreht und dafür ungefähr 28 Tage benötigt. Die Sonnenrotation unterscheidet sich jedoch nicht nur in der Dauer von der Erdrotation: Während bei der Erde die Pole und der Äquator gleich schnell rotieren, ist der Äquator auf der Sonne schneller als die Pole. Wenn man eine Reihe Sonnenflecken hätte und sie nach einem Umlauf nochmals beobachten würde, hätte sich die Reihe zu einer Spitze verformt.

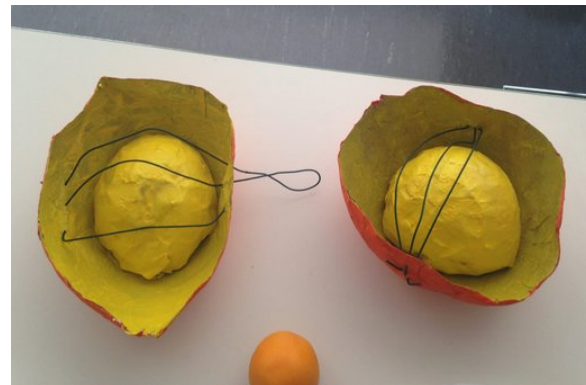
Wir haben uns gefragt, wieso sich so vieles im

Universum dreht, und Dominik hat uns erklärt, dass die Materie anfangs sehr weit verteilt war. Als sie sich zu Sternen und Planeten verdichtete, hat schon die langsamste Drehung, die man sonst gar nicht wahrnehmen würde, dazu geführt, dass die Gaswolke anfängt, sich zu drehen. Das kann man sich vorstellen wie eine Eiskunstläuferin, die Pirouetten dreht: Wenn sie die Arme ausbreitet, dreht sie sich nur langsam, doch wenn sie sie zu sich heranzieht, wird sie sehr schnell.

Sonneneruptionen

ANTON GRAMBERG

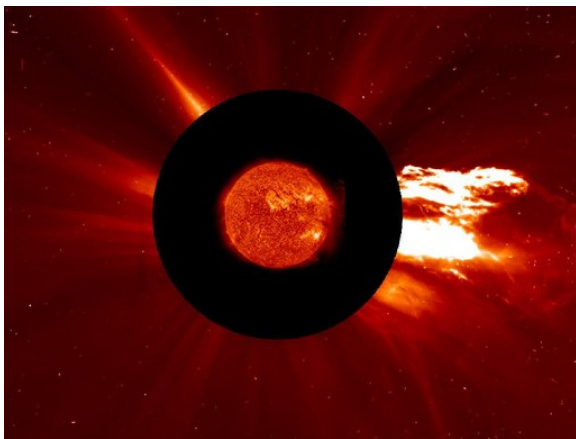
Außer den Sonnenflecken, die wir relativ einfach beobachten konnten, gibt es eine andere Gruppe von Phänomenen, die die Aktivität der Sonne viel deutlicher widerspiegeln. Bei diesen Phänomenen können komplett unerwartet in kurzer Zeit extreme Energiemengen freigesetzt werden. Man nennt diese Gruppe von Phänomenen Sonneneruptionen. Man unterscheidet hier jedoch drei Kategorien von Eruptionen: Solare Flares, eruptive Protuberanzen und koronale Massenauswürfe.



Unser selbstgebautes Modell zum Magnetfeld der Sonne mit verdrillten Feldlinien.

Um die Entstehung von koronalen Massenauswürfen erklären zu können, muss man sich zunächst koronale Bögen anschauen. In aktiven Regionen sind Sonnenflecken mit unterschiedlicher magnetischer Polarität vorhanden. Magnetfeldlinien verbinden die jeweiligen Nord- und Südpole miteinander, und wenn die Magnetfeldlinien bis weit in die Korona hineinreichen, bezeichnet man sie als koronale Bögen.

Dabei handelt es sich um Magnetfeldlinien, die magnetische Bereiche in der Photosphäre über die Korona miteinander verbinden. Durch Bewegungen der Fußpunkte können diese Magnetfeldbögen verdrillt werden, wodurch sie instabil werden und sich neu verbinden. Es kommt zu einer Art Explosion, bei der die aufgeheizte Materie in den interplanetaren Raum geschleudert wird. Dies bezeichnet man als koronalen Massenauswurf. Die mittlere Geschwindigkeit, mit der das Material in den Weltraum geschleudert wird, beträgt 500 km/s.



Koronaler Massenauswurf. Aufnahmen der Satelliten SDO (innen) und SOHO (außen)

Aber woher kommen die riesigen Energiemengen, die bei Sonneneruptionen freigesetzt werden? In Frage kommt dabei nur das Magnetfeld. Wenn die koronalen Bögen instabil werden, nehmen sie einen Zustand niedriger Energie an, das heißt die magnetischen Pole verbinden sich mit neuen Magnetfeldlinien, wodurch die alte Schlaufe sozusagen abgestoßen wird. Dadurch werden große Mengen an Energie freigesetzt. Man bezeichnet diesen auslösenden Mechanismus auch als magnetische Rekonnexion, der außerdem das schnelle Umsetzen der im Magnetfeld gespeicherten Energie in kinetische Energie ermöglicht.

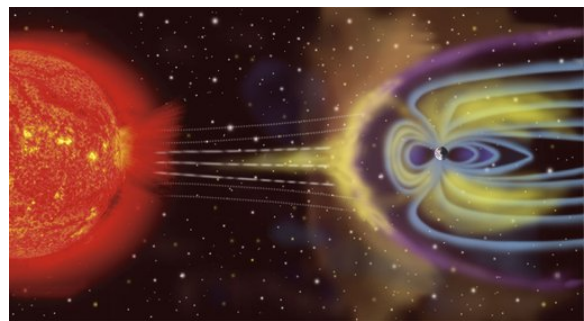
Man kann sich den Vorgang der Rekonnexion so ähnlich wie einen Kurzschluss vorstellen: Man biegt einen nicht-isolierten Draht zu einer Schlaufe, sodass er mit sich selbst in Kontakt gerät. Wenn nun Strom durch diesen Draht fließen würde, dann würde der Strom nicht durch die Schlaufe fließen, sondern er würde den kürzeren Weg durch die Kontaktstelle nehmen.

Polarlichter und ihre Auswirkung auf die Erde

CLARA HOFHEINZ

Doch nicht nur durch koronale Massenauswürfe entstehen Teilchenströme, die von der Sonne ausgehen, sondern auch durch den stetig abströmenden Sonnenwind. Dieser Teilchenstrom trifft unter anderem auf die Erde, und wir haben uns gefragt, ob dadurch Auswirkungen auf unserem Heimatplaneten spürbar sind. Um das herauszufinden, haben wir versucht, durch schon Gelerntes die eventuellen Folgen zu erschließen.

Wie die Sonne hat auch die Erde ein Magnetfeld, und wir haben vermutet, dass die Teilchenströme der Sonne auf jeden Fall Auswirkungen auf das Erdmagnetfeld haben. Nur wie die genau aussehen, das wollten wir uns näher anschauen. Dafür haben wir uns überlegt, was wir in der Schule schon über die Zusammenhänge von Strom und Magnetfeldern gelernt hatten. Schnell kamen wir auf die Idee, dass es etwas mit der Lorentzkraft zu tun haben könnte. Die Lorentzkraft beschreibt, wie elektrische Ströme und Magnetfelder wechselwirken. Mithilfe dieser Regel haben wir überlegt, dass die geladenen Teilchen vom Erdmagnetfeld abgelenkt werden.



Der Sonnenwind staucht das Erdmagnetfeld auf der zur Sonne gewandten Seite, auf der abgewandten Seite wird es gestreckt. Grafik: NASA

Durch genaues Hinschauen ist uns aber aufgefallen, dass sie immer wieder abgelenkt werden und somit mit einer spiralförmigen Bewegung um die Feldlinien zu den Polen der Erde geleitet werden. Dabei müssen die Teilchen in der Nähe der Pole auf die Hochatmosphäre der Erde und damit auf atomaren Sauerstoff

und molekularen Stickstoff treffen. Wir haben uns anschließend verschiedene Szenarien überlegt, was dabei mit den Atomen und Molekülen geschehen könnte. Bei allen diesen Zusammenstößen wird Energie von den schnellen Sonnenwindteilchen auf die Atmosphärenteilchen übertragen. Dabei werden Elektronen auf höhere Energieniveaus angehoben, um dann wieder zurückzufallen. Die Energie, die beim Zurückfallen frei wird, wird als Licht in einer für jedes Element charakteristischen Wellenlänge abgegeben. Dieses Licht sehen wir dann als Polarlicht.

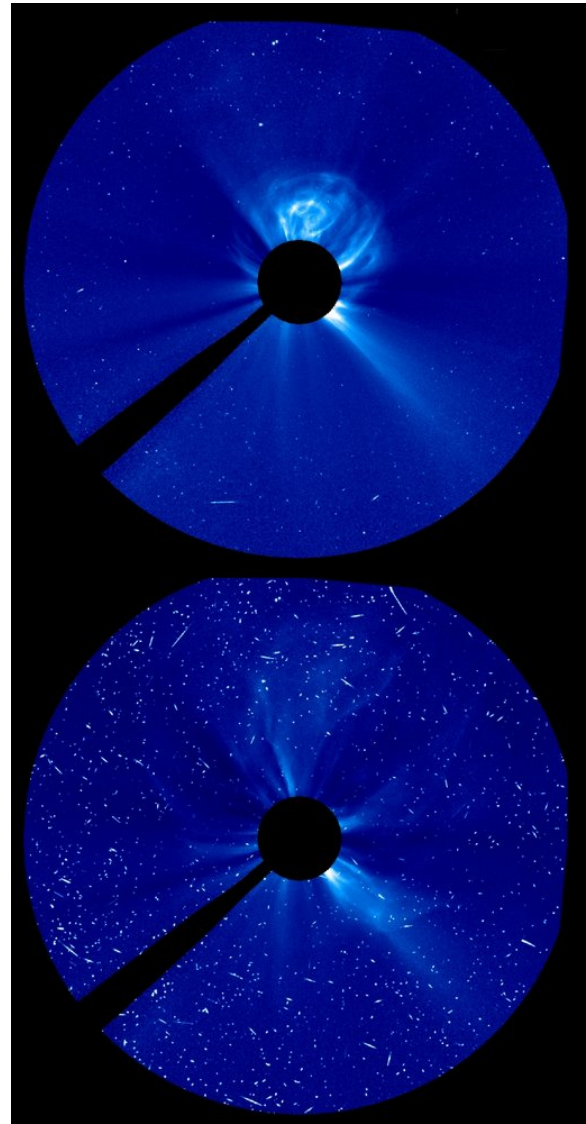
Die Teilchen der Sonne haben auch noch Auswirkungen auf das Erdmagnetfeld. Durch den Teilchenstrom verformt sich das Erdmagnetfeld: Auf der der Sonne zugewandten Seite wird es zusammengestaucht und auf der sonnenabgewandten Seite wird es gestreckt und reicht somit weit in den Weltraum hinaus.

Und welche Auswirkungen hat der Teilchenstrom von der Sonne sonst noch? Zum Beispiel können durch koronale Massenauswürfe Satelliten gestört und stark beschädigt werden. Auch die Internationale Raumstation ISS ist vom Sonnenwind betroffen, denn die energiereichen Teilchen des Sonnenwindes sind ähnlich wie Radioaktivität schädlich für die Astronauten. Deshalb gibt es auf der ISS einen Raum mit extra dicken Wänden, in den sich die Astronauten bei starken Sonneneruptionen zurückziehen können. Durch Sonnenstürme können auch Ströme in langen Überlandleitungen induziert werden und damit in Kraftwerken große Schäden anrichten. Das kann zu tagelangen Stromausfällen führen. Schäden können außerdem an Pipelines entstehen: Die langen Ölpipelines von zum Beispiel Alaska zu den USA sind oft aus Stahl. Sie sind ebenfalls gute Leiter. Hier kann das Selbe wie bei den Stromleitungen geschehen. Ströme werden induziert, was die Korrosion fördert.

Der Polarlichtsimulator

CHRISTIAN WILD

Weil Polarlichter bei uns in Europa so selten zu beobachten sind, haben wir einen Polarlichtsimulator gebaut, um sie uns genauer anzu-

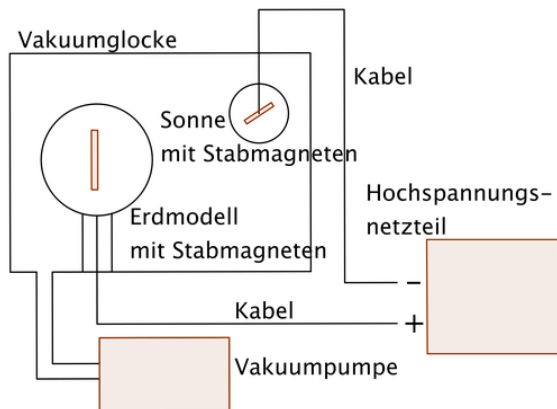


Ein koronaler Massenauswurf (oben) und die dadurch entstandene Störung des Satelliten (unten).
Bilder: SOHO/LASCO

schauen. Bevor wir mit dem Bauen angefangen haben, hatten wir geplant, wie wir den Bau umsetzen. Anfangs hatten wir überlegt, eine Landschaft zu gestalten, über der man das Polarlicht sieht, doch wir haben uns für eine Darstellung der beteiligten Himmelskörper mit Kugeln entschieden.

Bei einem Experiment muss man immer die Bedingungen, die in der Natur herrschen, schaffen. Wir haben uns also als erstes überlegt, wie die Situation in der Hochatmosphäre der Erde ist: Vor allem herrscht dort sehr geringer Luftdruck. Um das darzustellen, braucht man eine Vakuumlucke. Außerdem kommen Elektronen

von den Sonneneruptionen und treffen auf die Erde. Dies haben wir erreicht, indem wir an der Erde (einer mittelgroßen Metallkugel) eine Anode angebracht haben, die die Elektronen aus der Kathode an der Sonne (einer etwas kleineren Metallkugel) anzieht. Die Magnetfelder der Erde und der Sonne haben wir mit Stabmagneten erzeugt, die wir in die Kugeln gesteckt oder an die Kugeln gehängt haben.



Aufbau des Polarlichtsimulators: In der Vakuummantel befinden sich das Sonnen- und das Erdmodell mit Stabmagneten. Die Modelle sind an das Hochspannungsnetzteil angeschlossen und die Vakuumpumpe an die Mantel.

Danach wurden wir in das Arbeiten mit Hochspannung eingewiesen. Dominik erklärte uns, dass man, um das Risiko zu vermeiden, einen gefährlichen Stromschlag zu bekommen, niemals mit beiden Händen arbeiten sollte, da ein Schlag dann mitten durch den Oberkörper geht, und schwitzige Hände abwischen soll, da Schweiß ein besserer Leiter als Haut ist. Außerdem sollte man, nachdem man den Strom abgeschaltet hat, die Kabel kurzschließen, da eine Restspannung bleiben kann. Zum Glück haben wir diese Kenntnisse nicht einsetzen müssen; es ist nichts passiert.

So vorbereitet haben wir uns voller Eifer an die Arbeit gemacht und das Modell in die Vakuummantel gebaut. Wer nichts zu tun hatte, hat Formen gezeichnet und ausgeschnitten, die wir auf das Erdmodell kleben und so einen Schatten auf das Polarlicht legen können.

Eigentlich hatten wir vor, für die Metallkugeln als Sonne und Erde Christbaumkugeln zu nehmen und diese mit einem leitenden Zinklack



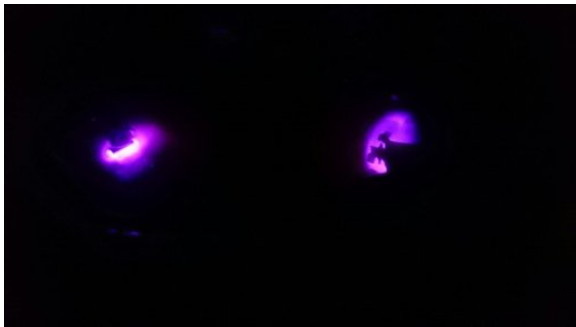
Beim Test unseres Polarlichtsimulators.

einzusprühen. Mit dem Aufbau hat auch alles gut funktioniert, doch als wir den Strom angeschaltet haben, passierte nichts. Anscheinend war die Leitfähigkeit des Zinklacks nicht groß genug. Also mussten wir das Modell noch einmal umbauen und die Stahlkugeln, die Caro mitgebracht hatte, benutzen. Und tatsächlich: Der Strom floss, und man konnte einen violetten Schatten auf der Erde und der Sonne sehen. Jubel von allen Seiten, Glückwünsche von Caro und Dominik, erste Fotos wurden gemacht: Unser erster Erfolg!

Nachdem der Grundaufbau funktioniert hatte, haben wir uns mit den Feinheiten beschäftigt: Um das Polarlicht ein bisschen besser sichtbar zu machen, indem man das Licht reflektiert, haben wir die Rückseite der Vakuummantel mit Alufolie ausgekleidet. Außerdem haben wir aus einer Klopapierrolle eine Halterung gebaut, damit die Erde nicht wegrollt und man die Kabel nicht sieht. Die Rolle haben wir schwarz angemalt, damit sie im Dunkeln nicht sichtbar ist.

Nun konnten wir mit den Experimenten anfangen. Dafür sind wir in den Keller gegangen, da man dort den Raum fast völlig abdunkeln kann. So konnten wir die Polarlichter genau anschauen. Wir haben gesehen, dass das Polarlicht mit der Zeit immer stärker wird, nach einiger Zeit werden sogar die Magnetfeldlinien sichtbar. Danach haben wir ausprobiert, was passiert, wenn man den Strom umpolt, die Elektronen also von der Erde zur Sonne fließen lässt. Das Licht ist allerdings einfach nur schwächer geworden.

Schließlich haben wir noch Fotos von dem Polarlicht gemacht. Dafür haben wir auch die verschiedenen Schablonen auf die Erde geklebt.



Polarlichter im Simulator bei Dunkelheit.

Spektroskopie

ROCHUS LECHLER

Da wir uns ja durchgehend mit der Sonne auseinandergesetzt haben, beschäftigten wir uns natürlich auch mit dem Sonnenlicht und dessen Spektrum. Dazu bekamen wir von unseren Kursleitern Dominik und Caro sehr stylische Brillen, die weißes Licht in Regenbogenfarben zerlegen. Wie wir schnell herausfanden, konnte man durch diese Brillen auch sehr interessante, vor allem natürlich lustige Bilder machen. Weil wir ja aber eine sehr zielstrebige und vor allem ernste Gruppe waren, beschäftigten wir uns bald auch systematisch mit den Spektren. Dabei ließ sich leicht erkennen, dass das Spektrum der Sonne alle sichtbaren Spektralfarben beinhaltet. Um genauere Messungen zu machen, hatten unsere Kursleiter aber auch noch Spektroskope mitgebracht.

Ein Spektroskop ist ein Gerät, das Licht in seine Farben zerlegt. Das Licht gelangt durch einen dünnen Spalt in das Spektroskop. Dort trifft es entweder auf ein Glasprisma oder auf ein sogenanntes Gitter, die Licht in seine Spektralfarben zerlegen. Danach wird das Spektrum durch ein Objektiv abgebildet und kann durch ein Okular mit dem Auge betrachtet werden.

Mit unseren Spektroskopen haben wir außer dem Sonnenlicht auch die Leuchtstoffröhren an der Decke und ein paar Speziallampen untersucht: eine Quecksilberdampfampe, bei der man erkennen kann, dass ihr Spektrum nur je-

weils einen Blau-, Gelb- und Grünton beinhaltet, eine Natriumdampfampe, bei der sich nur ein oranger Farbton erkennen lässt, und eine sogenannte Balmerlampe, die mit Wasserstoffgas gefüllt ist und bei der rote und blaue Farbtöne zu sehen waren. Bei einem solchen Emissionsspektrum wird Licht nur bei bestimmten Wellenlängen freigesetzt.



Das Spektrum der Natriumdampfampe (links) wird von einer kräftigen orangen Spektrallinie dominiert, so dass sich als Farbe von der Lampe ein Orangeton ergibt.



Die pinke Farbe von leuchtendem Wasserstoffgas (rechts) setzt sich aus einer roten und zwei blauen Spektrallinien zusammen (links).

Zusätzlich zu den beiden Dampfampfen betrachteten wir auch noch eine normale Glühlampe, deren Spektrum sich auf den ersten Blick nur wenig von dem der Sonne unterschied. Nach der Praxis kam natürlich die Theorie. Zuerst behandelten wir das kontinuierliche Spektrum, das durch Licht entsteht, das von Festkörpern abgestrahlt wird, und dann das Emissionsspektrum, das von leuchtenden Gasen erzeugt wird. Zuletzt kamen wir zum Absorptionsspektrum. Dieses Spektrum ähnelt dem kontinuierlichen Spektrum. Bei genauerem Hinsehen erkannten wir aber dünne, schwarze Linien im Sonnenspektrum, die daher rühren, dass einzelne chemische Elemente oder Moleküle in der Photosphäre der Sonne bestimmte Farben im Spektrum herausfiltern: Sie absorbieren das Licht.



Im kontinuierlichen Spektrum des glühenden Wolframdrahts einer Glühlampe sind alle Spektralfarben vorhanden.

Selbstverständlich wollten wir, nachdem wir dies alles in Erfahrung gebracht hatten, auch das Licht unserer selbstgebauten Polarlichtsimulationsmaschine als Spektrum betrachten.



Im Absorptionsspektrum sind alle Spektralbereiche vorhanden, jedoch sind schwarze Linien zu sehen, die von Elementen in der Sonne hervorgerufen werden.

Also bauten wir im Kursraum vor unserer Maschine ein Stativ mit Kamera auf und setzten an die Kamera das Spektroskop an. Wir erzeugten ein Vakuum und legten eine Hochspannung von 6000 Volt auf die metallenen Kugeln und erzeugten so unser Polarlicht.

Nun machten wir mit Kamera und Spektroskop Bilder des Polarlichts und mussten dann leider feststellen, dass auf den Bildern nichts zu erkennen war. Der Grund dafür: Es war im Kursraum zu hell. Also bauten wir alles ab und trugen es in den Werkraum, der einen Stock tiefer lag, und wollten dort wieder alles aufbauen. Dies dauerte jedoch um einiges länger als geplant, weil wir einen Transportverlust in Form eines Magneten zu beklagen hatten, der zur Erzeugung des Magnetfelds um unsere simulierte Sonne zuständig war. Also suchten wir die Treppe und den Gang mit anderen Magneten ab, aber der Magnet blieb unauffindbar. Nun musste ein neuer Magnet her. Zum Glück hatte Caro noch einen weiteren dabei, der an die simulierte Sonne passte, und so konnten wir doch noch einen zweiten Versuch starten.

Im Werkraum mussten wir allerdings zuerst behelfsmäßig die kleinen Fenster mit Styropor und Spanplatten abdecken, um so viel Licht von außen wie möglich auszusperrten. Als der Raum soweit vorbereitet war, bauten wir unsere Simulationsmaschine und die Kamera mit dem Spektroskop wieder auf. Erneut nahmen wir die Maschine in Betrieb und machten Bilder durch das Spektroskop. Erfreulicherweise konnten wir auf den neuen Bildern die ersehnten Spektrallinien des Polarlichts erkennen. Auf diese Bilder waren und sind wir natürlich auch sehr stolz.



Das Spektrum des simulierten Polarlichts setzt sich aus mehreren blauen und roten Farbtönen zusammen.

Nachtwanderung und Sternbilder

MATTHIAS CALA

Wie wichtig das Erforschen unserer Sonne ist, erkennen wir erst beim Blick auf unseren Nachthimmel: Wir realisieren erst dann, wie viele Sterne es außer unserer Sonne noch gibt, obwohl wir nur einen kleinen Bruchteil davon mit unserem Auge sehen.

Schon früher faszinierten die Sterne die Menschheit, und so dachte man sich zu den Sternen Geschichten aus, die oft mit der griechischen Mythologie verbunden waren, und verband einige Sterne mit gedachten Linien, so dass Motive und Bilder passend zu diesen Geschichten entstanden sind, die sogenannten Sternbilder.

Eine dieser Geschichten ist die des Großen Bären: Bekanntermaßen hatte der Göttervater Zeus viele Geliebte neben seiner Frau Hera, so auch eine schöne Nymphe Kallisto. Des Öfteren kam Zeus herunter auf die Erde, um diese Liebe auszuleben, obwohl dies ein gewisses Risiko mit sich brachte. Tatsächlich fragte sich Hera schon bald, womit ihr Gemahl seine Zeit verbringt und so beobachtete sie ihn und lauerte ihm auf. Schließlich hatte sie ihn ertappt, die Affäre zwischen Zeus und der inzwischen schwangeren Nymphe flog auf. Kallisto brachte einen Sohn zur Welt, den sie Arkas nannte. Von ihrer Wut getrieben wollte die eifersüchtige Hera Rache an der Nymphe üben. Doch der Göttervater durchkreuzte ihren Plan. Er verwandelte die Nymphe in eine Bärin, damit sie sich in den Wäldern besser verstecken konnte. Doch Jahre später begegnete Arkas bei der Jagd seiner Mutter, ohne sie zu erkennen. Just im letzten Moment bevor er sie erschoss, packte Zeus beide und schleuderte sie in den Himmel – Kallisto als Große Bärin und Arkas als Bärenhüter. Weil er Kallisto an ihrem eigentlich kurzen Bärenschwanz ergriffen hatte, wurde dieser beim Schleudern unnatürlich in die Länge gezogen. Diese Geschichte ist aber nur eine von vielen Geschichten über die Sternbilder, wobei es einige davon auch in verschiedenen Versionen gibt.

Sternbilder, die von einem bestimmten Standort aus das ganze Jahr über zu sehen sind, werden zirkumpolare Sternbilder genannt. In

unseren Breiten gehören dazu der Kleine und der Große Bär, Kassiopeia und Kepheus, der Drache und die Giraffe. Alle anderen Sternbilder dagegen gehen auf und unter wie Sonne und Mond und erscheinen nur zu bestimmten Zeiten des Jahres. Auf der Akademie waren für uns hauptsächlich die Sternbilder von Bedeutung, die im Sommer zu sehen sind. Zu den wichtigsten gehören die Leier, der Schwan, der Adler, der Herkules, die nördliche Krone und der Bärenhüter, oder auch Bootes genannt. Wenn man die hellsten Sterne der Leier (Wega), des Schwans (Deneb) und des Adlers (Altair) miteinander verbindet, erhält man das sogenannte Sommerdreieck, das man im Sommer hoch am Himmel sehen kann.

Um uns auf die Nachtwanderung vorzubereiten, liefen wir im Voraus den Weg zusammen ab und besprachen, wo man auf dem Weg durch den Wald auf vereinzelt Lichtungen die besten Ausblicke erhascht, um an diesen Aussichtspunkten die Zeit mit dem Erzählen der Geschichten zu den Sternbildern zu verbringen. Auch das Ziel der Nachtwanderung, ein Punkt, an dem es einen sehr guten Rundumblick gibt, wurde festgelegt. Das Ziel musste außerdem fernab der Städte und Dörfern liegen, um die kleinstmögliche Lichtverschmutzung zu erreichen, denn sonst hätte man die schwachleuchtenden oder sehr weit entfernten Sterne nicht mehr gesehen und das schwache Band der Milchstraße nicht mehr erkennen können.

Als es dann Abend wurde, warteten schon die anderen Kurse voller Vorfreude auf den Beginn der Wanderung. Um diese übersichtlicher zu gestalten, wurden alle Teilnehmer und Mentoren gemischt in sechs Gruppen aufgeteilt, von denen jeweils zwei aus unserem Kurs stammten.

In gewissen Zeitabständen gingen die Gruppen los auf die Wanderung in den inzwischen dunklen Wald. Alles verlief nach Plan: Alle Gäste des Unterfangens hörten auf die Anweisungen der Astrokurs-Teilnehmer und lauschten gebannt, was diese zu sagen hatten: Die Geschichten über den Großen Bären und den Bärenhüter, Fun Facts über Sterne und deren besondere Eigenschaften, wie zum Beispiel den Augenprüfer Mizar und Alcor (im Großen Bären),

die Sterne wurden den Sternbildern zugeordnet und vieles mehr. Dabei halfen auch die speziellen Taschenlampen, die einen kleinen, aber intensiven Lichtkegel hatten. Diese benutzten wir wie einen Laserpointer, so dass jeder nachvollziehen konnte, um welchen Stern es gerade ging. Die Fragen der interessierten Teilnehmer wurden kompetent beantwortet.

Nach dieser halben Stunde des Wanderns war auch schon das letzte bisschen Tageslicht am Horizont verschwunden und machte Platz für die Schönheit des vielfältigen Nachthimmels. Am Ziel der Wanderung warteten schon Caro und Dominik mit aufgebautem Teleskop, Ferngläsern und einer Plane als Sitzunterlage, um dem Spektakel einen Höhepunkt zu verpassen. Viele waren dieser Schönheit nicht gewachsen, so dass aus ihrer Verschnaufpause doch nichts wurde, da ihnen der Atem vor Begeisterung stockte. Doch nicht nur die Sternenvielfalt machte den Bewunderern zu schaffen, da auch Planeten wie der Mars oder der Saturn über dem hellen Stern Antares aus dem Sternbild Skorpion zu sehen waren, auch vorbeiziehende Satelliten waren als helle Punkte zu sehen, die über den Nachthimmel zogen. Des Weiteren wurde so manche Sternschnuppe gesichtet.



Beobachten mit Teleskop und Ferngläsern bei der Nachtwanderung.

Doch alles hat ein Ende und man sollte dann aufhören, wenn es am schönsten ist. Und so machten wir uns auf den Weg zurück, um dem langen, aber schönen Tag einen guten Ausklang zu verschaffen. Um im Dunkeln den richtigen Weg zu finden, verwendeten wir Rotlichtlampen. Das rötliche Licht reizt die Rezeptoren im Auge weniger als das Licht aus anderen Spektralfarben. Das hat den Vorteil, dass das

Auge leichter zwischen diesem Licht und der Dunkelheit wechseln kann, ohne dass es einige Minuten benötigt, um sich darauf einzustellen.

Dass die Nachtwanderung von jedem erfolgreich ohne Verluste und irgendwelche Zwischenfälle gemeistert wurde, zeigt, wie kompetent die Schüler der Deutschen JuniorAkademie sind, und die außerordentliche Führungs- und Leitkraft der Astrokurs-Teilnehmer.

Exkursion zur Sternwarte in Hettstadt

CLARISSA KÖPER

Am Montag, den 5. September haben wir unseren Ausflug nach Hettstadt in der Nähe von Würzburg gemacht. Dort konnten wir dank unserer Kursleiter großartige Einblicke in eine Sternwarte bekommen und lernten dabei, wie so ein Observatorium funktioniert. Als erstes mussten wir natürlich zu der Sternwarte kommen, deshalb haben wir den Zug nach Würzburg genommen und von da aus dann ein Taxi bis zur Sternwarte.

Dort angekommen, ist uns als erstes aufgefallen, dass das Observatorium mitten in der „Pampa“ steht und es sehr sehr kalt ist. Ziemlich schnell wurde uns dann auch bewusst, warum das so sein muss. Denn damit das Teleskop der Sternwarte perfekte Bilder machen kann, darf nachts kein Licht von der Stadt den Himmel erleuchten.

Nachdem das geklärt war, bekamen wir eine Einführung von Herrn Christian Lorey. Er erzählte uns die grundlegenden Fakten und die Geschichte der Sternwarte: Die Hans-Haffner-Sternwarte befindet sich in der Nähe von Hettstadt im Landkreis Würzburg in Bayern. Sie liegt auf einer Höhe von 304 m ü. NN und weit genug von der Stadt entfernt.

Die Sternwarte gehört zu einem naturwissenschaftlichen Verein für Schüler und wird durch das Friedrich-Koenig-Gymnasium (FKG) und die Universität Würzburg betrieben. Die Hauptaufgabengebiete der Sternwarte sind insbesondere, den Schülern Zugang zu astronomischen Beobachtungsmöglichkeiten zu verschaffen, aber auch die Untersuchung aktiver Gala-

xienkerne in Zusammenarbeit mit der Universität Würzburg und gelegentliche Himmelsführungen und Vorträge für Interessierte.

Die Idee zum Bau der Sternwarte haben tatkräftige Schüler, Lehrer und Eltern mit viel Mühe umgesetzt, so dass sie 2009 schließlich mit großer Freude eingeweiht werden konnte. Im Jahr 2012 wurde die Sternwarte nach dem Astronomen Hans Haffner benannt. Vor kurzem wurde sie noch durch ein Radioteleskop erweitert, das extra für uns in Betrieb genommen wurde.



Während des Vortrags von Christian Lorey vor der Sternwarte. Rechts im Hintergrund das Radioteleskop.

Die Sternwarte verfügt über Spiegelteleskope von 20,32 cm bis 50,8 cm Durchmesser, Linsenteleskope bis 12,7 cm Durchmesser, ein Radioteleskop und verschiedene Kameras. Vieles davon konnten wir selbst anschauen und manches sogar in Betrieb nehmen.

Nach der Einführung durften wir uns das Teleskop anschauen, welches sich in der Kuppel befand. Es handelte sich um ein 50 cm-Teleskop. Natürlich wollten wir als Astronomen auch die Sonne beobachten, jedoch spielte das Wetter leider überhaupt nicht mit. Hinzu kam, dass es so windig war, dass man nicht einmal die Kuppel öffnen konnte, was vielleicht auch besser so war, denn wir alle froren sehr, da wir auf besseres Wetter eingestellt waren. Zum Glück gab es in der Sternwarte viele flauschige Decken, mit denen wir uns warmhalten konnten. Da wir keine Beobachtungen mit dem Teleskop tätigen konnten, beschäftigten wir uns anderweitig.

Zunächst versuchten wir, selbst ein etwas kleineres Teleskop aufzubauen, was uns aber auch

nur mit mäßigem Erfolg gelang. Vor allem mit der Fernbedienung des Motors waren wir alle etwas überfordert. Selbst mit Anleitung klappte es nicht so ganz, doch zum Glück hatten wir ja Caro und Dominik, die uns dann erklärten, wie wir es zu machen hatten. Als uns der Aufbau endlich gelungen war, durften wir noch einen sehr interessanten Vortrag von Prof. Dr. Karl Mannheim anhören. Dabei ging es insbesondere um Schwarze Löcher und Neutronensterne, was für Astronomen ein wirklich spannendes Thema ist.

Am Ende des Vortrags hatten dann alle Hunger und freuten sich deshalb besonders auf das Essen. Die Sternwarte hatte extra für uns ein Grillen organisiert, was bei allen natürlich für gute Stimmung sorgte. Nachdem jeder gefühlt zehn Kräuterbaguettes und ein dutzend Steaks verdrückt hatte, war der Magen voll und warm. Leider war der Rest des Körpers durch den kalten Wind völlig ausgekühlt, was Anna Lena auf die lustige Idee brachte, einmal um die Wette zu hüpfen. Danach war uns wieder warm und wir konnten uns wieder der Astronomie widmen.



Bei der Umsetzung von Anna Lenas Idee, sich aufzuwärmen.

Wie schon erwähnt, hatte die Sternwarte extra das neue Radioteleskop für uns ausgerichtet, was für alle eine große Freude war. Ein Student der Uni Würzburg erklärte uns dann, dass Radioteleskope Instrumente zum Empfangen und Messen der aus dem Weltall beziehungsweise von speziellen Himmelsobjekten kommenden Radiofrequenzstrahlung sind. Diese Teleskope sind, wie der Name schon sagt, besonders in

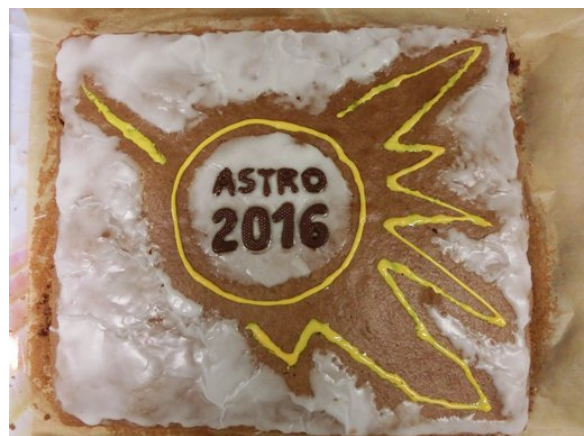
der Radioastronomie wichtig. Nachdem wir die Funktionsweise grob verstanden hatten, versuchten wir, mit dem Radioteleskop diese Radiofrequenzstrahlung zu empfangen. Und tatsächlich konnten wir etwas empfangen, aber man merkte schnell, dass es auch viele Störsignale geben musste, was man auf einer grafischen Darstellung erkennen konnte.

Danach war unsere Zeit dort auch schon wieder vorbei, denn wir wurden von unseren Taxen abgeholt. Als wir wieder in Würzburg waren, hatten wir noch eine Stunde Freizeit, in der wir sehr viel anstellten, zum Beispiel blauen Lippenstift ausprobieren oder eine Parfümdusche genießen. Dann mussten wir zum Bahnhof und fuhren mit dem Zug wieder zurück nach Adelsheim. Es war ein unglaublich interessanter Tag!

Schluss

ANNA LENA SCHAIBLE

Abschließend lässt sich sagen, die Zeit verging wie im Flug und war eigentlich viel zu kurz. Im Kurs haben wir so viel Unterschiedliches erlebt. Es ist unglaublich toll, dass die Teilnehmer so begeistert beim Thema dabei waren und so viel Neues in einer extrem kurzen Zeit gelernt haben. Jeder hat viele neue Erfahrungen gesammelt.



Nervennahrung am Dokuwochenende

Auch ist es erstaunlich, wie gut sich die Teilnehmer verstanden haben, und wie sie so schnell zu einem super Team zusammengewachsen sind. Dadurch können wir als Astronomiekurs

nicht nur auf unseren Teamsieg beim Sportfest stolz sein, sondern auch auf das, was wir erreicht haben. Das hat sich spätestens bei der Abschlusspräsentation und der Vorstellung des Polarlichtsimulators gezeigt. Die Zuschauer gerieten ins Stauen, und bei den Teilnehmern

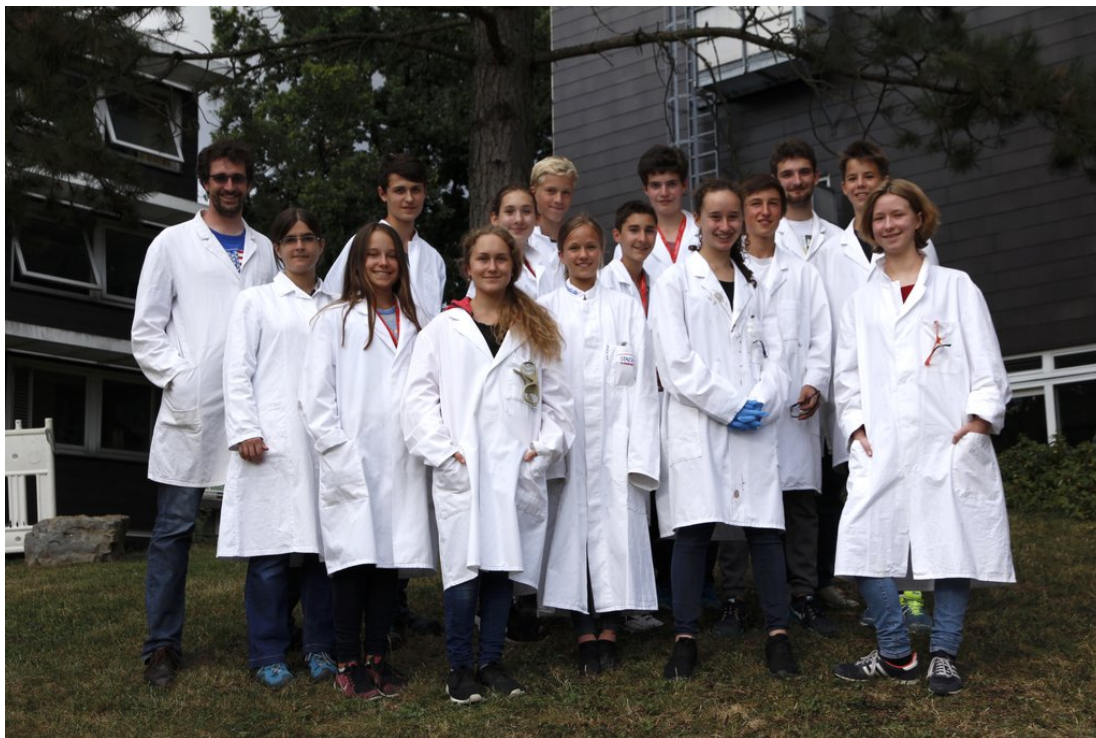
war ein Strahlen auf dem Gesicht. Und dieses Strahlen wird immer wieder auftauchen, wenn wir ins Träumen geraten und uns an die unglaublich tolle Zeit bei der Science Academy erinnern.



Zitate aus dem Kurs

- „Ich habe keinen schrägen Humor, ich beherrsche die meisterhafte Kunst der flachen Situationskomik“ – Matthias
- „Oh, eine Anna ist eingetroffen“ – Caro
- „Närrischer Tukchchchchchch“ – Rochus und Matthias
- Clarissa: „Warum ist es nachts kälter als draußen“ – Rochus: „Weil das Haus im Freien steht“
- „Ihr sollt nicht lästern, sonst werdet ihr als Germanisten wiedergeboren“ – Dominik
- „Nennt mich Edison, ich habe die Glühbirne erfunden!“ – Dominik
- „Benutz keine Füllwörter, wie ähm oder genau ... ähm, genau.“ – Anna Lena
- „Das hängt mit den Magnetfeldern zu tun“ – Matthias

Kurs 2: Liposomen, Mizellen, Nanopartikel



Der Chemiekurs befasste sich in diesem Jahr mit sogenannten Mizellen und Liposomen. Sie sollen beim Transportieren eines Wirkstoffes durch die Haut helfen.

Dabei setzten sich unsere Teilnehmer als Ziel nicht nur zu verstehen, wie die Mizellen und Liposomen funktionieren, sondern sie wollten diese auch selbst herstellen. Anschließend sollten die eigenen Mischungen dann an echten Schweineohren getestet werden.

Bei all den Theorieteilern und Experimenten war es spannend zu sehen, mit wie viel Interesse und vor allem mit welcher Aufnahmefähigkeit sich der Kurs an diese ehrgeizige Zielsetzung annäherte. Dabei entwickelten die Teilnehmer eine faszinierende Arbeitsweise. Zu Beginn war diese für uns Kursleiter sehr ungewohnt, und daher hätte man diese Arbeitsweise schnell als chaotisch beschreiben wollen. Doch arbeiteten unsere Teilnehmer innerhalb ihrer Gruppe äußerst selbstorganisiert, und so verwundert

es kaum, dass die hochgesteckten Ziele auch schließlich erreicht wurden.

Der tolle Gruppenzusammenhalt, der sich während der Akademie entwickelte, machte es für uns Leiter angenehm, den Kurs zu gestalten und half sicherlich bei der Realisierung des Kurszieles. Um es mit dem Kursspruch zu sagen: „Was sind wir?! – Eine Mizelle, wir halten zusammen!“

Unser Kurs

Anika ist eine sehr mitfühlende, offene und fröhliche Person. Sie ist immer hilfsbereit, kommunikativ und ihre gute Laune färbt nicht selten auf andere ab.

Anna ist mit der Zeit immer selbstbewusster und aufgeschlossener geworden. Sie ist hilfsbereit, pragmatisch und hat immer eine gute Antwort parat. Mit ihrer lustigen Art hat sie oft die Stimmung aufgelockert.

David ist selbstständig, extrovertiert, aufgeschlossen und unterhaltsam. Er bringt Leben in die Diskussionen und ist immer gut drauf. Außerdem hat er immer gute Ideen und zaubert mit Münzen.

Elias ist eher ruhig, kompromissbereit und diplomatisch. Er macht Selfies mit Seifenblasen und hat echt schnell jonglieren gelernt.

Hannah ist enthusiastisch, rücksichtsvoll, humorvoll und aufgeschlossen.

Helena ist total gut im Zirkus und in Chemie. Sie ist strukturiert, anpassungsfähig, mitfühlend und charismatisch. Und sie behält immer den Überblick.

Ida ist eher zurückhaltend und sehr ausgeglichen. Sie ist liebenswürdig, kreativ, vertrauensvoll und fair. Außerdem ist sie gut zum Reden.

Jakob hat dafür gesorgt, dass wir nicht im Chaos versinken. Er ist engagiert, kompetent, zielstrebig und wortgewandt. Er hat immer eine schlaue Antwort bereit und wurde auch als allwissender Philosoph bezeichnet.

Julia ist mit ihrer süßen, angenehmen und ruhigen Art eine sehr liebenswerte Person. Sie besitzt einen super Teamgeist, ist aufgeschlossen, motiviert und lustig. Sie konnte man auch mal abends im Labor antreffen.

Lucas fotografiert total gerne, ständig und überhaupt alles. Er ist immer schlagfertig, motiviert, einfallsreich und sehr gewissenhaft, weshalb er auch mal seinen Abend für die Franzosen geopfert hat. Außerdem war er unser Seifenblasenmeister.

Till ist humorvoll, aufgeschlossen und auch manchmal ein bisschen chaotisch. Er ist super im Handball, weiß wie man Menschen aufheitert und ist auch gut zum Reden.

Vincent ist praktisch veranlagt, auch eher ruhig und immer am Helfen. Er ist geduldig, spielt echt gut Tennis und hat immer ein offenes Ohr.

Jana ist einfühlsam, strukturiert und hilft immer gerne mit ihrem großen Fachwissen. Sie hat sich immer wieder Mühe gegeben Ordnung in das Durcheinander zu bringen.

Felix ist humorvoll, hat sehr vielseitige Inter-

essen, wie unter anderem Basketball und antwortet gerne mal mit „Ist mir doch egal“.

Johannes ist der beste Schülermentor überhaupt. Er ist super in Chemie und Physik und hat uns beim Sportfest und generell immer unterstützt. Außerdem hat er für den guten Gruppenzusammenhalt gesorgt und immer sein Bestes gegeben.

Erwartungen und Vorstellungen

ELIAS, HELENA UND VINCENT

Als wir zum Eröffnungswochenende in Adelshaus ankamen, hegten wir Erwartungen und Bedenken. Kaum einer wusste, worauf er oder sie sich einließ, wen man kennenlernen würde, was man lernen würde, welche Erfahrungen wir machen würden.



Aus dieser Unwissenheit erwachsen so manche Befürchtungen. Kann ich mit den anderen mithalten? Wissen alle mehr als ich? Sollte ich wirklich hier sein? Und werden wir nicht alle konkurrieren, um die meisten Teilnahmen an Wettbewerben, die besten Noten?

Aber aus unserer Unwissenheit erwachsen nicht nur Bedenken. Wir machten uns im Vorhinein schon ein Bild von dem, was alles sein könnte, was wir uns erhofften, gegründet auf dem was wir schon gelesen oder gehört hatten. Wie würde wohl das Arbeiten im Kurs sein? Leistungsorientierte, aber angenehme Atmosphäre, immer Anleitung durch die Kursleiter, alle sind interessiert und motiviert, wir lernen und machen Erfahrungen, die uns im Leben weiterbringen? Oder doch ganz anders?

Das Eröffnungswochenende oder wie wir lernten Seifenblasen zu machen.

Als nun endlich das Eröffnungswochenende gekommen war, spielten wir am Abend des ersten Tages in der Akademie Adelsheim in unserem Kurs einige Kennenlern-Spiele. Nachdem jeder den Namen, den Wohnort und die Hobbies der anderen erfahren hatte, durften wir zum ersten Mal mit Seifenlösung Riesenseifenblasen herstellen, und dabei den Boden unseres Kursraums regelrecht einseifen.

Die Leiter unseres Kurses stellten sich nebenbei als sehr nette Leiter heraus, die nie ungeduldig wurden und gerne alle Fragen beantworteten. Wir durften auch einige Versuche zur Oberflächenspannung des Wassers durchführen und wie sie mit Seife (Tensiden) heruntersetzt werden kann. Dafür erhielt jeder ein sauberes Gefäß mit Wasser und musste versuchen, eine Büroklammer daraufzulegen, ohne dass sie unterging. Danach wurde Seife hinzugegeben und die Büroklammer sank auf wundersame Weise. Außerdem richteten wir uns ein Teetischchen her, an dem jeder bei Bedarf seinen Becher füllen konnte, auch im Hochsommer. Gleich in der nächsten Kursschiene wurde kräftig gepaukt. Wir lernten die Wechselwirkungen von Molekülen kennen, und auch die vereinfachte Schreibweise von Fetten.



Am nächsten Tag ging es wieder weiter, denn wir lernten komplizierte funktionelle Gruppen wie zum Beispiel Ester kennen. Da kam es auch vor, dass einige von uns komplett verwirrt wurden. Wie wir im Verlauf der Science Academy bemerkt haben, war dieses Wissen für unser Thema jedoch mehr oder weniger irrelevant. Vielleicht war diese Kurseinheit ja auch dazu

da, den Teilnehmern zu zeigen, dass sie in der Akademie auch sehr viel über andere Themen der Chemie lernen konnten.

Die letzte Kurseinheit war wieder sehr entspannt und lustig, da wir anderen Kursmitgliedern schwierige Rätsel stellten, wie zum Beispiel die Kreuzapotheke. Dabei war es strengstens verboten, die Rätsel aufzulösen, und so kam es, dass auch nach dem Kurs und bei der Heimfahrt weitergerätselt wurde. Auch versuchte Till verzweifelt, uns Skat beizubringen, doch leider ohne Erfolg. Dieser Unterricht wurde bei der Sommerakademie weitergeführt.

Am Ende des Eröffnungswochenendes bekamen wir alle eine Linkliste, mit der wir uns relevantes chemisches Grundlagenwissen und die Thematik der Nanolipide erarbeiten konnten.

Auch danach, als wir alle erst einmal wieder in unsere Heimat fuhren, wussten wir noch nicht so ganz, was wir nun im Sommer zu erwarten hätten. Aber das weiß man ja nie im Vorhinein. So kamen wir gegen Ende der Sommerferien wieder, in der Hoffnung, möglichst große Seifenblasen zu machen, in den Genuss zu kommen, die köstlichen, selbst gemachten Pralinen unserer Kursleiterin Jana probieren zu dürfen, wirklich gute Freunde mit ähnlichen Interessen zu finden und hoffentlich auch am Ende ein bisschen Spaß zu haben ...

Wie der Sommer tatsächlich war.

Die Realität überschneidet sich nur teilweise mit unseren Erwartungen.

Uns wurde aufgetragen, selbst einmal zu versuchen einen praktischen Weg zu unserem Kursziel zu finden. Dies führte zunächst einmal ins Chaos, das wieder geordnet werden musste. Konkret hieß das, erst mal richtig das Ziel zu verstehen und sich dann nach und nach gemeinsam und strukturiert zu überlegen, wie man denn in weniger als zwei kurzen Wochen dahin kommen könnte. Da wir das, plötzlich ins kalte Wasser geworfen, nicht so leicht schafften, erhielten wir Unterstützung von unseren unglaublich engagierten Kursleitern Felix und Jana und unserem tollen Schülermentor Johannes, die uns in jeder Hinsicht unterstützten.

Nach und nach wuchs unser Kurs zu einem wirklich guten Team zusammen. Wir bekamen Übung in Sachen Organisation und Planung, arbeiteten viel praktisch in einer wirklich guten Arbeitsatmosphäre. Wir hatten einen sehr ähnlichen Wissensstand, konnten uns gegenseitig ergänzen und niemand ist auf der Strecke geblieben. Alle gingen tolerant und respektvoll miteinander um, was ja nicht selbstverständlich ist, und jeder wurde so respektiert, wie er oder sie ist. Das alles führte dazu, dass es sehr leicht fiel, neue Kontakte zu tollen Menschen zu knüpfen und gemeinsam jede Menge Spaß zu haben.

Rückblickend müssen wir sagen, dass unsere Erwartungen wirklich übertroffen wurden. In diesen zwei intensiven Sommerwochen haben wir viele wertvolle Dinge gesammelt: Freunde, Erkenntnisse, Wissen, Erfahrungen, erfüllte Zeit voller Erinnerungen und noch so viel mehr. Hätten wir die Möglichkeit, würden wir immer wiederkommen, weil es für uns so eine fantastische Zeit war. Wir durften viel über uns selbst lernen und haben Beziehungen geknüpft, die hoffentlich ein Leben lang halten.

Um mit Jakobs Zitat zu enden: „Und wir blicken getrost auf den Weg, der noch vor uns liegt.“

Zielsetzung

LUCAS UND TILL

Das Hauptziel unseres Kurses war, einen Arzneistoff – in unserem Fall Curcumin – in die Haut zu bekommen und davon möglichst viel und möglichst weit. Dies zu schaffen brachte jedoch viele Probleme mit sich; so ist die Haut eine Barriere mit wasserliebenden und fettliebenden Schichten, der Arzneistoff – wie auch viele andere – ist jedoch ausschließlich fettliebend, weshalb man eine geeignete Verpackung finden musste, damit die Haut unseren Arzneistoff aufnimmt.

Die eigentlichen Herausforderungen waren jedoch die vielen Probleme, Problemchen und Überraschungen auf dem Weg zum Ziel. Um effektiver an der Aufgabenstellung arbeiten zu können, haben wir uns in drei Gruppen zu je

vier Personen aufgeteilt, die dann jeweils an einem Teil unseres Projekts arbeiteten.

Die erste Gruppe, bestehend aus David, Helena, Vincent und Elias, beschäftigte sich mit dem Aufbau und der Herstellung der Mizellen, Nanopartikel und Liposomen, sowie der Verpackung des Curcumins.

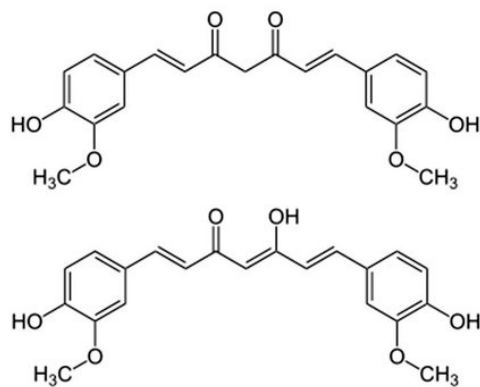
Die zweite Gruppe, genannt „Freisetzungsgruppe“ oder auch „Franzzellgruppe“, wurde von Julia, Anika, Hannah und Lucas gebildet. Diese setzten sich damit auseinander, das Eindringen des Curcumins in die Haut zu simulieren. Dafür verwendeten sie sogenannte Franzzellen.

Die letzte Gruppe bildete die sogenannte „Analytik“, in welcher Jakob, Ida, Anna und Till arbeiteten. In dieser Gruppe ging es darum heraus zu finden, wie viel Curcumin durch die simulierte Haut gedrungen war. Dazu haben wir mithilfe eines UV/Vis-Spektrometers die Konzentration des Curcumins im „Blut“ der Hautsimulation berechnet. Genaueres zu den drei Gruppen folgt auf den nächsten Seiten.

Lipidgruppe

DAVID, ELIAS, HELENA, VINCENT

Curcumin – unser gelbes Wundermittel



Strukturformel von Curcumin, einmal in der Keto-Form (oben), einmal in der Enol-Form (unten).

Curcumin ist ein fettliebender, also lipophiler, Farbstoff, der eine starke orangene Färbung aufweist. Er kommt unter anderem in Kurkuma vor und wurde früher zur Färbung von Kleidung benutzt.

Da Curcumin fettliebend ist, stand es in unseren Versuchen stellvertretend für einen fettliebenden Arzneistoff. Wegen seiner orangen Farbe konnten wir ihn im Labor schon mit bloßem Auge leicht nachweisen.

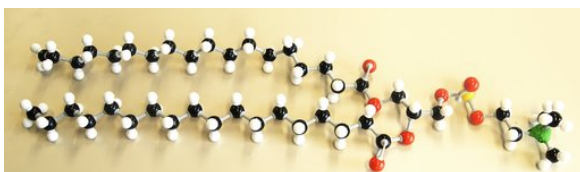
Dies vereinfachte uns in unseren Experimenten zum Beispiel die Suche nach der Maximalsättigung für Curcumin in unserer Lipid-Formulierung PP82.

Curcumin ist aber nicht nur ein Stellvertreter für andere fettliebende Arzneistoffe, sondern es ist auch entzündungshemmend, und ihm wird zugeschrieben, krebshemmend zu sein.

Da das Curcumin lipophil ist, musste es, um die Haut zu passieren, verpackt werden. Die Verpackung sollte nach außen hydrophil, also wasserliebend, sein, damit sie besser in eine Formulierung gebracht werden kann. Dazu bot sich eine spezielle Art der Lipide an.

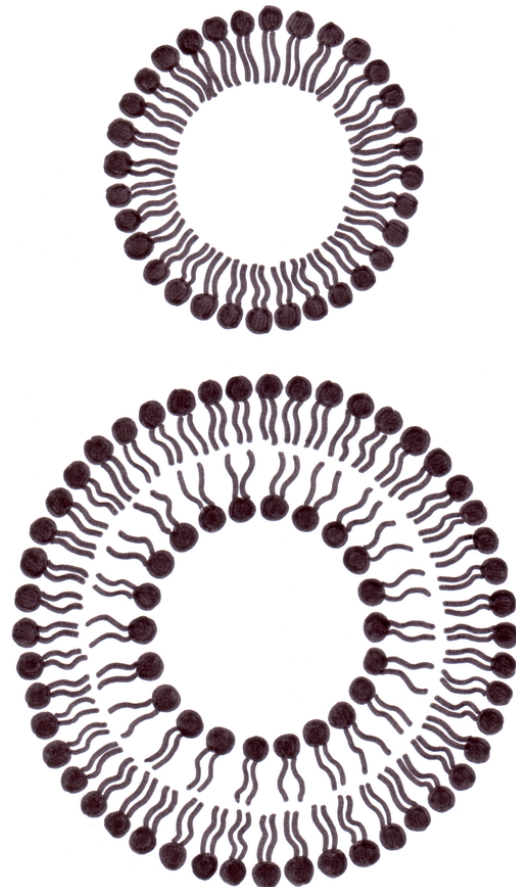
Lipide

Die Grundlage des Chemiekurses bildeten die membranbildenden Phospholipide. Diese sind Moleküle, die einen hydrophilen (wasserliebenden) und einen lipophilen (fettliebenden) Teil besitzen und somit amphiphil sind.



Gebautes Modell eines Distearoylphosphatidylcholin.

Dadurch haben sie die Eigenschaft, sich in Wasser zu Liposomen, Mizellen oder Nanopartikeln zu formieren, da sich ihr hydrophiler Kopf zum Wasser (hydrophile Phase) hin orientiert und die lipophilen Schwänze zueinander bzw. zu dem lipophilen Wirkstoff (lipophile Phase) hin. Dies wird anschaulich, wenn man die Abbildung mit der Mizelle genauer betrachtet. Die Schwänze sind lipophil, also befindet sich im Inneren der Mizelle der fettliebende Stoff, zum Beispiel das Curcumin. Die wasserliebenden Köpfe geben der Mizelle die Eigenschaft, nach außen hin wasserliebend zu sein.

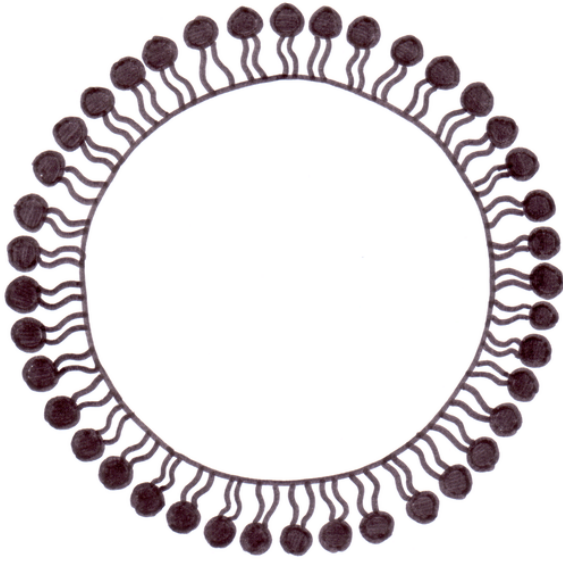


Zweidimensionale schematische Darstellung einer Mizelle (oben) und eines Liposoms (unten).

Die Aufgabe der Lipidgruppe bestand darin, Lipidrezepturen auszuarbeiten, damit besonders viel fettliebender Arzneistoff besonders tief in die Haut eindringt. Eine weitere Aufgabe bestand darin, diese Formulierungen zu fertigen. Um optimale Rezepturen zu finden, ließen wir uns von Jana erst einmal die grundlegende Theorie zu den Lipiden und der Bildung von Mizellen, Liposomen und Nanopartikeln erklären. Manche Lipide tragen nämlich aufgrund ihres Aufbaus zu Mizell- oder Liposombildung bei, wiederum andere vergrößern die Mizellen oder Liposomen.

Herstellung von Mizellen und Liposomen

Zu Beginn der Sommerakademie war das größte Highlight das Herstellen von eigenen Mizellen oder Liposomen. Dazu haben wir uns verschiedene Lipid-Stammlösungen ausgesucht, die wir dann im Rundkolben nach schriftlicher



Zweidimensionale schematische Darstellung eines Nanopartikels.

Anleitung zu verarbeiten hatten. Danach gaben wir Ethanol hinzu. Anschließend ging es ins Labor der Theo-Praxler zum Abdampfen. Dabei mussten wir das Ethanol mit Druckluft zum Verdampfen bringen. Dieser Teil war mit Abstand der langweiligste Schritt der Herstellung, aber wenigstens konnten wir nebenher die Theo-Praxler bei der Herstellung ihres Treibstoffes beobachten. Sie beschwerten sich auch manchmal über den Geruch, der bei diesem Prozess entstand, da alle Lipide in Ethanol gelöst waren: „Wenn man hier reinkommt, wird man ja nur vom Geruch besoffen!“

Dann gaben wir destilliertes Wasser in den Rundkolben und hielten ihn ins Ultraschallbad, damit die Lipide sich gut lösen und Agglomerate von Lipiden vermieden werden. Es ergab sich auf Grund der Größenunterschiede und der daraus resultierenden verschiedenen Lichtbrechung entweder eine klare Lösung, das waren dann Mizellen, oder eine trübe Lösung, das waren Liposomen.

Nachdem wir einen richtigen Versuchsplan geschrieben hatten, der daraus bestand, dass wir die Zusammensetzungen aufschrieben, die wir aufgrund der Informationen über die Lipidstrukturen für sinnvoll erachteten, probierten wir viele verschiedene Lipidmischungen aus. Dabei kam eine Lipidmischung heraus – PP82 genannt – die sich von allen anderen hergestell-

ten Lösungen als die klarste herauskristallisierte, also sehr kleine Mizellen enthielt.

Unsere Vermutung war nämlich, dass Mizellen im Gegensatz zu Liposomen stärker mit Curcumin beladen lassen. Deshalb versuchten wir, in diese Formulierung unseren Wirkstoff, das Curcumin, einzuarbeiten. Mit der Vermutung, dass 10 µg mehr als genug Wirkstoff sei, weil wir die Angabe der Rezeptur, die nur zur Orientierung diente, schon verdoppelt hatten, dachten wir, dass nicht mehr Wirkstoff in den Mizellen Platz fände.

Wir machten aber die Erfahrung, dass mehr als 25 µg Curcumin hineinpasste. Wir waren nun so begeistert, dass wir unbedingt die Grenze der Curcuminaufnahme herausfinden wollten. So entstanden PP82C 15 µg, PP82C 25 µg, PP82C 50 µg, PP82C 75 µg, PP82C 100 µg bis PP82C 1.500 µg. Die Maximalsättigung war dann aber bei 650 µg, da sich bei den Formulierungen über dieser Konzentration Feststoffe ablagerten. Nun hatten wir einen schönen Farbverlauf an Lösungen in unserem Reaktionsgefäßständer und jede Menge Arbeit für die Franzzellen-Gruppe.



Farbverlauf von Curcumin-haltigen Mizellen von 7 bis 1.500 µg.

Nanopartikel – eine Alternative zu Liposomen und Mizellen

Eine weitere Möglichkeit zur „Wirkstoff-Verpackung“ sind neben den Mizellen und Liposomen die sogenannten Nanopartikel. Diese kann man ebenfalls so herstellen, dass sie Curcumin enthalten und es in der Haut freisetzen.

Im Gegensatz zu Liposomen und Mizellen sind

Nanopartikel kleine Feststoffklumpen: Lipide und Curcumin sind im Inneren des Nanopartikels ungeordnet zusammengeballt. Nur die äußersten Lipide sind wie bei Mizellen mit dem hydrophilen Kopf nach außen gerichtet (siehe Bild). Aufgrund dessen verteilen sich Nanopartikel ebenfalls gut in einer wässrigen Umgebung. Da sie sich mit der Zeit zersetzen, geben sie das enthaltene Curcumin frei.

Nanopartikel sind mit einer durchschnittlichen Größe von 80–120 nm kleiner als unsere Liposomen und Mizellen, welche sich in einer Größenordnung zwischen 120–250 nm bewegen. Um dies herauszufinden sendeten wir ausgewählte Proben zur Untersuchung an die Universität Marburg.

Zur Herstellung von Nanopartikeln schmolzen wir Lipide mit Curcumin auf und gaben langsam heißes destilliertes Wasser dazu. Anschließend stellten wir die nun entstandene Mikroemulsion in ein Eisbad und gaben eiskaltes Wasser hinzu. Es entstanden die Nanopartikel. Um eventuelle größere Agglomerate loszuwerden, zentrifugierten wir anschließend unsere Formulierung.

Unterschiede in der Effektivität der Freisetzung von Mizellen und Liposomen zu Nanopartikeln sollten sich bei der späteren Untersuchung und Analyse zeigen.



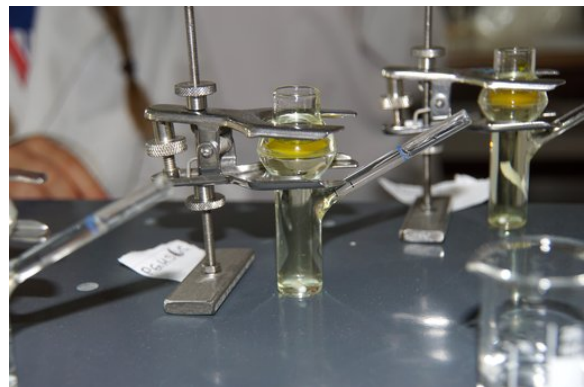
Die Substanzen, die zur Herstellung der Mizellen, Liposomen und Nanopartikeln zur Verfügung standen. Die Phospholipide wurden großzügigerweise von der Fimal Lipoid S GmbH zur Verfügung gestellt.

Freisetzungsgruppe

ANIKA, JULIA, LUCAS

Wie schnell dringt der Arzneistoff durch die Haut?

Um unsere hergestellten Lipidlösungen (Mizellen, Liposomen und Nanopartikel) untereinander vergleichen zu können und herauszufinden, in welcher Form/Verpackung ein Arzneistoff am Schnellsten durch die Haut dringt, verwendeten wir ein Labormodell für die Haut, die Franzzelle.



Franzzelle mit Curcumin-haltiger Lösung in der Donorkammer kurz nach Beginn der Messung.

Die Franzzelle (auch Franz'sche Diffusionszelle genannt) ist eine *in vitro* Methode zur Untersuchung der Permeation verschiedener Stoffe, zum Beispiel Arzneistoffe, durch eine Membran. Als Hautpermeation bezeichnet man das Eindringen eines Stoffes durch die Haut bis in die Blutbahn. *In vitro* bedeutet, dass ein Versuch „im Reagenzglas“, also außerhalb eines lebenden Organismus durchgeführt wird. In Experimenten kann man also testen, welche Menge eines Wirkstoffes über einen bestimmten Zeitraum durch die Membran dringt. Mit Hilfe dieser Methode konnten wir verschiedene Lipidlösungen (Mizellen, Liposomen und Nanopartikel) in der Franzzelle untersuchen und vergleichen, welche Verpackung am effizientesten ist.

Die Franzzelle besteht aus drei Teilen: oben aus einem Deckel, in der Mitte aus einer Membran und unten aus einer Kammer. In diesen unteren Teil der Franzzelle, die Akzeptorkammer, wird 50 %iges Ethanol als Lösungsmittel

gefüllt, es simuliert sozusagen das Blut, in das der Wirkstoff durch Diffusion gelangen kann. Dies bedeutet, dass sich nach bestimmter Zeit ein Konzentrationsausgleich einstellt, weshalb auch nie das gesamte Curcumin in die untere Kammer gelangt.

In die Akzeptorkammer mündet das Probenentnahmerohr, durch das während des Versuchs mit Hilfe einer Pipette Proben entnommen werden können. Markierungen auf dem Probenentnahmerohr geben an, wie viel des Lösungsmittels abgenommen werden darf bzw. muss. Da die Analytikgruppe zur Untersuchung im UV/Vis-Spektrometer mindestens 300 µl der Lösung braucht und wir nicht mehr als 500 µl entnehmen dürfen, da sonst Luftblasen in die Akzeptorkammer gelangen, haben wir uns Markierungen zur Orientierung aufgemalt.



Der obere Teil der Franzzelle wird Donordeckel genannt. In diesen werden 500 µl der Lipidlösung mit dem Wirkstoff gegeben. Zwischen Donordeckel und Akzeptorkammer wird eine künstliche Membran eingespannt, die bei unserem Versuch die menschliche Haut simulieren soll. Allerdings lässt sie sich nicht direkt mit unserer Haut vergleichen, da sie ja künstlich hergestellt wurde. Damit wir die Versuche recht wahrheitsgetreu nachbilden konnten, hatten wir Membranen mit verschiedenen Porengrößen (30 nm und 50 nm) zur Verfügung. Da die Membran sehr empfindlich ist, durften wir sie nur mit einer Pinzette berühren.

An die Membran sollten sich dann die Mizellen/Liposomen anlagern, sich öffnen und den Wirkstoff freigeben, damit dieser durch die Membran in die Akzeptorkammer dringen kann. Dabei ist es wichtig, dass die Membran immer beide Flüssigkeiten, also sowohl die des

Donordeckels, als auch die der Akzeptorkammer berührt, damit der Arzneistoff von der einen in die andere Kammer gelangen kann. Lagern sich allerdings Luftbläschen unten an der Membran an, so wird dieser Vorgang gestört. Während des Versuchs wird die Franzzelle mithilfe einer Klemme fixiert, sodass nichts verrutscht. Des Weiteren ist es wichtig, die Franzzelle auf eine konstante Temperatur von 32 °C zu temperieren, da dies unserer äußeren Hauttemperatur entspricht. Am besten geht dies auf einer Wärmeplatte. Es ist notwendig, einen Rührfisch in die Akzeptorkammer zu geben, damit das Ethanol-Wirkstoff-Gemisch gut durchmischt werden kann und überall die gleiche Konzentration an Wirkstoff vorzufinden ist.

Versuche Franzzelle

Die ersten Versuche, die wir mit der Franzzelle durchgeführt haben, liefen immer etwa eine Stunde. Da wir jedoch schnell bemerkt haben, dass die Freisetzung mehr als eine Stunde Zeit benötigt, haben wir Langzeitversuche gestartet. Diese gingen etwa 16 Stunden. Dadurch wurde es schwerer, die Proben weiterhin in Abständen von 15 min zu nehmen und somit wurden die Abstände größer.

Als erstes haben wir unser „Blut“ für die Franzzelle, also das Wasser-Ethanol-Gemisch, hergestellt. Dafür haben wir zur Hälfte Wasser und zur Hälfte Ethanol gemischt (bei unseren Versuchen meist 50 ml Ethanol und 50 ml Wasser) und es dann in ein Ultraschallbad gegeben, um Gase zu entfernen; Gasbläschen sind in jeder Flüssigkeit enthalten. Das entgaste Gemisch wurde in die Akzeptorkammer gefüllt und der Versuch wie oben beschrieben durchgeführt. Die Lipidlösung wurde mit einer Pipette in die Donorkammer gegeben und die Zeit wurde gestoppt. Danach hieß es erst einmal warten. Wenn dann eine Probe genommen werden konnte, hatte jeder seine Aufgabe. Einer hat die Probe mithilfe einer Pipette entnommen, die Probe dann in ein Reaktionsgefäß gefüllt und die Pipette gereinigt. Die anderen mussten die Franzzelle nachfüllen, die Reaktionsgefäße beschriften und an die Analytiker weitergeben.

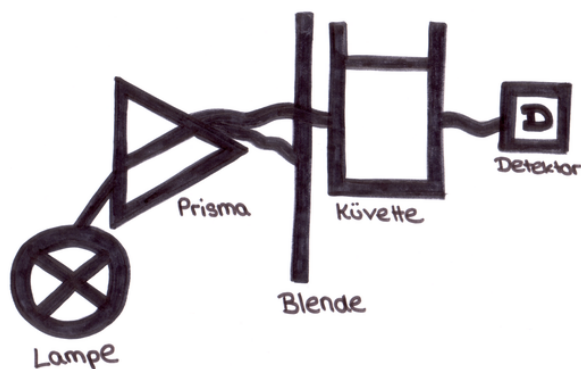
Analytikgruppe

ANNA, IDA, TILL

Wie schon oben genannt, haben wir uns in der Analytik damit beschäftigt, die Ergebnisse unserer Versuche zu ermitteln und diese auszuwerten. Wir haben also gemessen, wie viel Wirkstoff durch die simulierte Haut gedungen war, und daraus geschlossen, welche Rezeptur am effektivsten „ihren Wirkstoff“ freisetzt.

Hierfür haben wir mit einem sogenannten UV/Vis-Spektrometer gearbeitet.

UV/Vis-Spektrometrie



Funktionsweise eines UV/Vis-Spektrometers (Photometer).

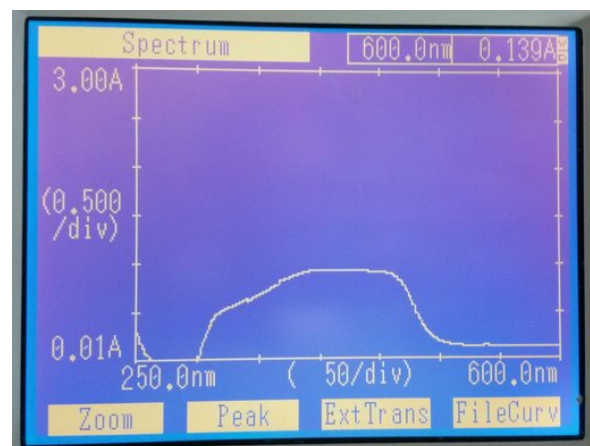
Die Lichtquelle, in unserem Fall eine Lampe, sendet Licht in allen Wellenlängen aus. Dieses trifft dann auf ein Prisma, welches das Licht in seine verschiedenen Wellenlängen aufspaltet. Eine Blende hält das Streulicht ab und lässt nur Licht einer bestimmten Wellenlänge durch. Durch Drehen des Prismas können wir diese Wellenlänge verändern.

Das Licht dieser bestimmten Wellenlänge trifft auf eine Küvette, einen kleinen Behälter, in welchem sich unsere Probe mit dem Curcumin befindet. Die Küvette besteht aus Quarzglas, damit sie selbst möglichst wenig Licht absorbiert. Ein Teil des Lichts wird vom Curcumin absorbiert; das bedeutet im physikalischen Sinn, dass das Curcumin einen Teil der Lichtwellen aufnimmt. Der andere Teil wird in einem Detektor aufgefangen. Der Detektor misst, wie viel des Lichts, welches die Lampe ausgesendet hat, noch am Detektor ankommt und rechnet

dann zurück, wie viel Licht das Curcumin in unserer Probe absorbiert hat.

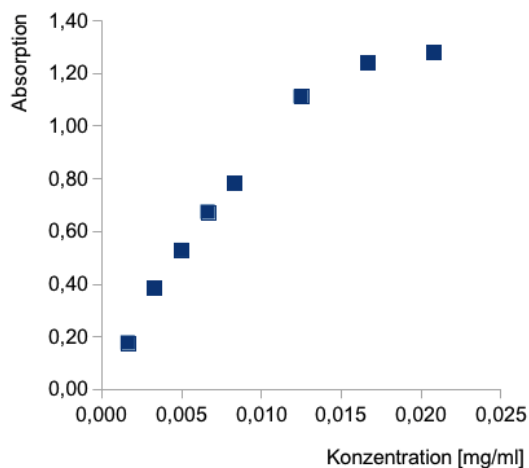
Spektrum und Kalibriergerade

Um heraus zu finden, welche Wellenlänge des Lichts, also welche „Farbe“ wir auf die Proben schicken müssen, haben wir ein Spektrum erstellt. Für ein Spektrum bestrahlten wir eine Probe, die Curcumin enthielt, durch Drehen des Prismas mit verschiedenen Wellenlängen. Das Einzige, was dabei beachtet werden musste, war, dass nicht zu viel oder zu wenig Curcumin in der Küvette enthalten sein sollte, denn sonst waren die Messungen ungenau. Bei diesem Spektrum ergab sich dann beispielsweise folgender Graph:



Man sieht, dass Curcumin bei der Wellenlänge von ca. 415 nm am meisten absorbiert. Diese Wellenlänge kennzeichnet die charakteristische Absorption von Curcumin, die Absorption ist maximal. Da man mit dieser Wellenlänge die klarsten Ergebnisse bekommt, benutzen wir sie weiter für unsere folgenden Versuche.

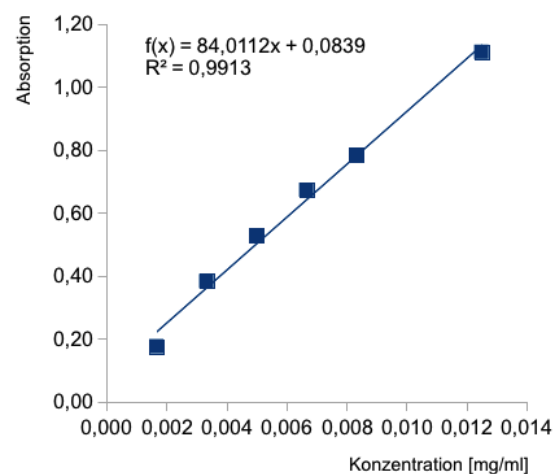
Nach dem Ermitteln der passenden Wellenlänge konnte man sich nun damit beschäftigen, die Konzentration der Proben der Freisetzungsguppe zu messen. Dafür musste man vorab Vergleichsproben herstellen, deren Konzentration uns bekannt waren. Die selbsthergestellten Proben wurden jetzt mit der vorher ermittelten Wellenlänge beschossen. Die Absorption wurde dann in einem Graphen festgehalten. Dabei ergab sich die in der Abbildung auf der nächsten Seite gezeigte Sättigungskurve.



Von allen Proben wurde der Absorptionswert (willkürliche Einheiten) zu den bereits bekannten Konzentrationswert [mg/ml] eingetragen. Der Gesamtverlauf stellt den oberen Teil einer Sättigungskurve dar.

Die Sättigungskurve entsteht, da am Anfang zu wenig Curcumin in der Küvette ist, um genaue Werte zu messen. Dann gibt es eine Steigung der Absorption bei steigender Konzentration, und ab einer bestimmten Menge Curcumin kann nicht mehr Licht absorbiert werden, also gibt es keine Differenz bei steigender Konzentration. Da man mit einer Sättigungskurve nur schwer genaue Werte bestimmen kann, suchten wir uns den linearen Teil aus der Kurve und stellten die Gerade in einem weiteren Graphen dar (siehe Abbildung). Für diesen Graphen haben wir die Absorption bei drei bis sechs verschiedenen, uns bekannten Konzentrationen vermessen und ließen uns vom Computer eine Gerade berechnen, die mittig durch diese Punkte verläuft; diese Gerade ist unsere Kalibriergerade.

Der Computer erstellt ebenso eine Formel für diese Funktion in der Form einer linearen Geraden: $y(x) = mx + b$. Dabei ist $y(x)$ die Absorption der Konzentration x . Die Größe R^2 ist der sogenannte Korrelationskoeffizient. Er liegt zwischen 0 und 1 und beschreibt, wie „gut“ die Punkte von der Gerade abweichen. Je näher der Wert bei 1 liegt, umso eher verläuft die Gerade exakt mittig durch die Punkte. Unser Wert von $R^2 = 0,9913$ war somit vergleichsweise recht gut und bedeutet also, dass die Messwerte nicht zu stark voneinander abweichen.



Dieser Graph zeigt den linearen Ausschnitt der obigen Sättigungskurve sowie die Regressionsgerade mit entsprechender Formel und Korrelationskoeffizienten R^2 .

Wenn wir nun die Konzentration einer bestimmten Probe der Freisetzungsgruppe bestimmen wollten, mussten wir die Absorption der Proben vermessen, diesen Wert für $y(x)$ in die oben bestimmte Formel einsetzen, und sie nach x auflösen. Lag die Konzentration im Sättigungsbereich, musste man die Probe weiter verdünnen, dann die Absorption messen, daraus die Konzentration berechnen, und den Wert wieder auf die ursprüngliche Verdünnung hochrechnen. Bei zu wenig Curcumin konnte man versuchen, noch mehr Curcumin hinzuzufügen und so die Konzentration in den linearen Bereich versetzen, den Wert ausrechnen und dann wieder auf die passende Verdünnung zurückrechnen.

Das mühsame Sammeln von Erfahrungen

Nachdem wir den theoretischen Teil verstanden hatten, hieß es für uns: ab ins Labor für den praktischen Teil. Die erste Überraschung war, daß das UV/Vis Gerät einfach nur ein grauer Kasten mit kleinem Monitor und Klappe war. Den inneren Aufbau, so wie wir ihn gelernt hatten, konnte man nicht sehen. Um uns ein wenig an das Gerät zu gewöhnen, versuchten wir uns erst an Plastikküvetten, die weniger empfindlich sind als Quarzglasküvetten. Mit ein wenig Ausprobieren hatten wir schnell raus,

wie man das Gerät zu bedienen hat und wagten uns nun an die Quarzglasküvetten, mit denen wir unser Spektrum erstellten.

Bevor wir Messungen für die Kalibrierung beginnen konnten, machten wir uns daran, Proben mit uns bekannten Konzentrationen zu mischen. Wir waren mächtig erstaunt, als wir bemerkten, mit welcher Genauigkeit wir arbeiten mussten. Auch bei den späteren Messungen mussten wir oft erfahren, dass unsauberes Arbeiten einen noch einmal ganz an den Anfang zurückwerfen kann. Nach und nach war die Gruppe immer frustrierter darüber, dass wir uns laut dem Computer entweder nicht im linearen Bereich bewegten oder gar ganz unmögliche Werte erhielten. Dafür war die Freude unbeschreiblich groß, als wir hoffnungsvolle Ergebnisse hatten, und es brach Jubel aus, als die Kalibriergerade komplett war.

Endlich konnten wir uns an die Proben der Franzzellen machen. Jeder kann sich aber vorstellen, welch große Enttäuschung sich einstellte, als diese keinen Sinn ergaben. Die Absorption war zwar hoch, die Gelbfärbung aber viel zu niedrig. Lange wurde geknobelt, warum die Absorption so unrealistisch hoch war. Schließlich hatten wir die Idee, dass möglicherweise auch einzelne Lipide durch die Membran in den Franzzellen gekommen sein könnten. Diese könnten schließlich auch Licht absorbieren und das Ergebnis verfälschen.

Unsere Lösung dafür war, dass wir zu jeder Probe mit Curcumin auch Proben ohne Curcumin parallel durch Franzzellen laufen ließen. Natürlich gab es auch beim Auswerten dieser Proben immer mal wieder frustrierende Ergebnisse, wegen schwankender Werte, vertauschter Reaktionsgefäße etc. Wie beim ersten Mal war die Freude entsprechend riesig, als wir korrekte Werte hatten und diese zur Auswertung weitergeben konnten.

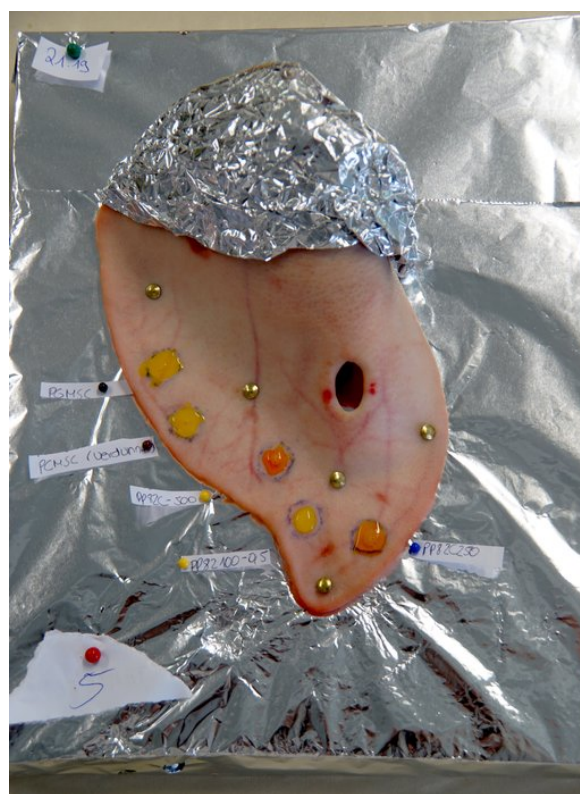
Die lehrreichsten Erfahrungen für unsere Gruppe waren, dass man, wenn man frustriert ist und trotzdem weitermacht, am Ende meistens zum Ziel kommt und dass bei wissenschaftlichem Arbeiten nicht immer alles klappt, auch wenn man sauber und strukturiert gearbeitet hat. Aber genau das ist ja der Witz beim Forschen.

Schweineohrenversuche

HANNAH, JULIA

Welche unserer Formulierungen zieht am besten in die Haut ein?

Um diese Fragestellung beantworten zu können, führten wir einen Versuch durch. Das Ziel dieses Versuches war es, herauszufinden, welche der von uns hergestellten Mizellen, Liposomen und Nanopartikeln am besten in die Haut eindringen. Um die Versuche mit der Franzzelle in die Realität zu übertragen, haben wir die Versuche an Schweineohren durchgeführt, da die Haut der Schweine der menschlichen Haut ähnelt.



Eines der Schweineohren mit fünf unserer aufgetragenen Formulierungen.

Das Prinzip dieses Versuches funktioniert folgendermaßen: Wir haben 100 µl unserer Lipidlösungen mit dem Arzneistoff (Curcumin) auf die Schweinehaut aufgetragen, verschieden lange einziehen lassen und anschließend ein Filterpapier auf die Haut gelegt, das den Teil der Lipidlösung wieder aufgesaugt hat, der nicht eingezogen ist. Anschließend haben wir den übriggebliebenen Teil wieder aus dem Filterpa-

pier herausgelöst und ihn dann von den 100 µl der aufgetragenen Lösung abgezogen. So konnten wir berechnen, wie viel in die Haut eingedrungen ist.

Da wir jedoch nicht alles wieder aus dem Filterpapier herauslösen konnten, sondern immer ein kleiner Teil darin blieb, mussten wir erst herausfinden, wie viel wir aus dem Filterpapier herausbekommen. Dazu haben wir das Filterpapier mit 100 µl Formulierung getränkt, es anschließend in ein Reaktionsgefäß mit 500 µl Ethanol gegeben und fünf Minuten kräftig geschüttelt. Dann haben wir das Filterpapier herausgenommen und den Inhalt des Reaktionsgefäßes zentrifugiert, damit die Reste des Filterpapiers sich unten absetzten und nicht in der Formulierung rumschwammen und unser Messergebnis im Spektrometer verfälschen. Zur gleichen Formulierung haben wir ein weiteres Reaktionsgefäß mit 100 µl Formulierung und 500 µl Ethanol gefüllt, den Analytikern gegeben und die konnten dann mit Hilfe des UV/Vis-Spektrometers herausfinden, welchen Anteil man wieder aus dem Filterpapier herausgelöst bekommt.

Für die Versuchsreihe haben wir fünf Schweineohren verwendet. Auf die Ohren haben wir jeweils fünf Kreise mit Kugelschreiber aufgezeichnet, für jede Probe einen. Anschließend haben wir in jeden Kreis 100 µl der Formulierung mit einer Mikroliterpipette gegeben (siehe Bild vom Schweineohr).

Bei jedem Ohr haben wir die Formulierungen unterschiedlich lange einwirken lassen. Nach folgenden Abnahmezeiten: 15 min, 30 min, 45 min und 60 min haben wir ein Filterpapier auf die jeweiligen Kreise gelegt, welches die Reste der Formulierung aufgesogen hat, die noch nicht in die Haut eingezogen waren. Das Filterpapier haben wir wie im oben beschriebenen Vorversuch analysiert.

Leider haben sich auch einige Fehler eingeschlichen. Zum Beispiel sind während des Versuches zwei Flüssigkeiten ineinander verlaufen. Ein anderes Mal hat sich die Kugelschreiberfarbe gelöst, sich mit der Probe vermischt und somit das Ergebnis verfälscht.

Zu guter Letzt haben wir die Proben an die Analytiker weitergegeben, die diese dann gemessen und ausgewertet haben. Die Ergebnisse

unseres Versuches waren jedoch leider nicht verwertbar. Das kann daran liegen, dass während der Versuche viele kleine Fehler auftraten, die sich dann addierten und das Ergebnis verfälschten. So können wir leider nicht bewerten, wie viel und in welcher Form unser Arzneistoff am schnellsten in die Schweinehaut eingedrungen ist.

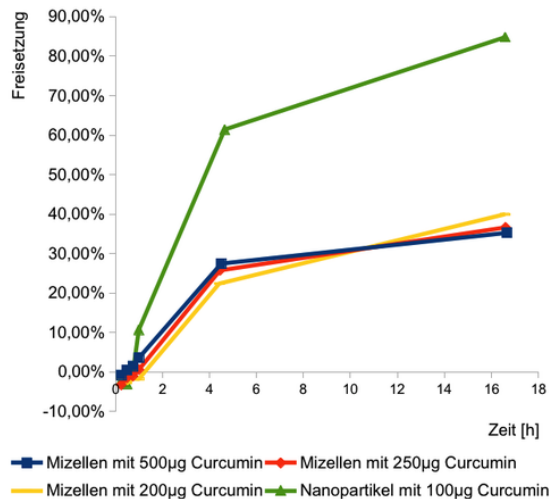


Vorbereitung der Versuche mit Schweineohren.

Auswertung und Fazit

JAKOB

Wir haben uns mit dem Vergleich von Nanopartikeln und Mizellen sowie mit der Untersuchung der Abhängigkeit der prozentualen Freisetzung zum Curcumingehalt der Mizellen beschäftigt. Dabei ging es uns hauptsächlich darum, den freigesetzten Teil des Curcumins in relativen Werten zu bestimmen. Dazu hatten wir Proben aus den Franzzellen nach 15, 30, 45 Minuten, einer Stunde, viereinhalb Stunden und 16 Stunden entnommen. Für die letzte Probe ließen wir die Franzzellen über Nacht laufen. Nach Messung der Absorptionswerte und Berechnung der Konzentrationen stellten wir unsere Ergebnisse in einem Graphen dar.



Auf der X-Achse ist die Zeit angegeben, auf der Y-Achse die Freisetzung in Prozent, also wie viel Prozent des in den Mizellen bzw. Nanopartikeln eingearbeiteten Curcumins die Membran der Hautsimulation durchdrungen hat. Wahrscheinlich liegt eine Sättigungskurve vor, da zu Beginn die Mizellen und Nanopartikel erst einmal zur Membran gelangen müssen, folglich beginnt die Freisetzung erst ab einem bestimmten Zeitpunkt, sowie vorerst nur in geringen Mengen. Gegen Ende nähert sich die Freisetzung einem Plateau an, bei dem der maximal mögliche Teil des Curcumins freigesetzt wurde. Dieser Wert liegt in unserem Fall wahrscheinlich bei maximal 96 %, da eine Diffusion stattfindet, und deshalb die Konzentration auf beiden Seiten der Membran gleich groß sein muss. Da die Akzeptorkammer allerdings ein deutlich größeres Volumen als der Donordeckel fasst, kann eine größere Menge an Curcumin in ihr enthalten sein.

Unsere Ergebnisse lauten folgendermaßen: Nanopartikel sind den Mizellen in der Freisetzung in relativen Werten deutlich überlegen, sie setzen in derselben Zeit mehr als doppelt so viel Curcumin frei wie die Mizellen. Die in den Mizellen enthaltene Menge an Curcumin hat keinen oder nur sehr geringen Einfluss auf die relative Freisetzung. Das heißt konkret: Die Menge an Curcumin in den Mizellen beeinflusst die prozentuale Freisetzung der Mizellen kaum oder gar nicht.

Ob nun in der Realität Nanopartikeln oder Mi-

zellen der Vorzug zu geben ist, können wir nicht mit Sicherheit sagen, da es auf die Anforderungen an eine Formulierung ankommt. Eigentlich muss man bei jedem Einzelfall entscheiden, welche Rezeptur geeigneter ist. Unsere Ergebnisse können dazu zumindest teilweise bei der Orientierung helfen.

Im Nachhinein betrachtet haben wir erreicht, was wir uns vorgenommen hatten. An sich müssten die Ergebnisse durch Wiederholung der Versuche bestsätigt werden und eine statistische Auswertung durchgeführt werden, von der Interpretation ganz zu schweigen. Aber wir haben unser Kursziel erreicht, unsere zeitlich beschränkten Kursstunden effektiv genutzt und plausible Ergebnisse hervorgebracht. Auch wenn eine Menge Frustrationstoleranz notwendig war, und wir vor allem in der Analytik oft und lange nach Messfehlern suchen mussten, haben wir dennoch schlussendlich Messwerte im richtigen Bereich und ein plausibles Ergebnis erhalten, mit dem wir durchaus zufrieden sein können. Besonders für mich waren es sehr schöne Augenblicke, als nach stundenlanger Arbeit am Computer endlich ein sinnvolles Ergebnis zu sehen war, wie zum Beispiel unsere Kalibriergerade oder der oben abgebildete Graph. Ich bin sehr zufrieden mit der Kursarbeit und unseren Ergebnissen und weiß, dass es jedem in unserem Kurs ähnlich ging.

Rotation und Abschlusspräsentation

DAVID, VINCENT, ANNA

Nach einer Woche war bereits die Hälfte der Zeit erreicht und alle Kurse hatten bereits eine beeindruckende Menge an Erkenntnissen gesammelt; es wurde Zeit für die Rotation. Sie fand am Donnerstag statt; doch bereits zwei Tage davor begann unser Kurs, sich mit der Vorbereitung zu beschäftigen, um in den letzten Stunden vor der Präsentation nicht noch in Hektik auszubrechen. So diskutierten wir am Dienstag, welche Aufteilung des Kurses wohl am geschicktesten sei. Schließlich beschlossen wir, zunächst in unseren drei Arbeitsgruppen die wichtigsten Informationen und unsere bisherigen Erkenntnisse zu sammeln. Anschließend

teilten wir uns in Dreier-Gruppen ein, die aus je einem Mitglied pro Expertengruppe bestanden. Diese würden dann gemeinsam den Vortrag halten. Nun wurde die Präsentation in den einzelnen Gruppen noch individualisiert und angepasst.

Das Ergebnis war ein circa 15 Minuten langer Vortrag, in dem die Arbeitsgruppen ihre unterschiedlichen Arbeitsmethoden und -geräte erklärten. In der letzten Phase wurden die Vorträge probenhalber vorgetragen, wobei die kritischen Kursleiter im Hintergrund wohl auch zum noch so perfekten Vortrag noch etwas anzufügen hätten.

Als der Donnerstag immer näher rückte, sah man öfters einmal einen Kursteilnehmer in einer Ecke stehen und leise noch einmal seinen Text durchgehen. Als dann schließlich der Rotationstag gekommen war, ließen sich in unserem Kurs verschiedene Herangehensweisen sehen. Während manche auch kurz vor dem Vortrag noch total cool waren, sah man anderen die Aufregung schon förmlich an. Gespannt wie die Präsentation laufen würde, waren aber alle.

Dank der intensiven Vorbereitung und gutem Hintergrundwissen konnte ja praktisch gar nichts mehr schief laufen, und so gingen alle Vorträge reibungslos über die Bühne. Nach Ende der Rotation konnten dann alle Kursteilnehmer und wohl auch die Leiter zufrieden und entspannt zum Bergfest gehen und den Tag auf der Party ausklingen lassen.

Und so schnell wie die erste Woche vergangen war, verging auch die zweite. Kaum waren wir mit unseren Schweineohrversuchen fertig, mussten wir uns daran machen, die Abschlusspräsentation vorzubereiten. Ähnlich wie bei der Rotation setzten wir uns in den Expertengruppen zusammen und arbeiteten unseren ursprünglichen Vortrag auf. Schnell hatten wir einen ca. 20minütigen Vortrag zusammengestellt und konnten uns in unseren Vortragsgruppen in eine lange Übungsphase begeben. Auch hier haben wir von unseren kritischen Kursleitern immer wieder Tipps zur Verbesserung bekommen.

Schließlich war der Tag der Abschlusspräsentation gekommen und man sah die Kursteilnehmer ihre Eltern begrüßen und manchmal

auch nervös die anderen Besucher beobachten. Wie bei der Rotation gab es kleine Unterschiede bei der Herangehensweise. Oft waren wir aber auch aufgeregter als beim ersten Vortrag, da wir wussten, diesmal würden auch Eltern und ehemalige Akademieteilnehmer anwesend sein. Doch eines hatten die beiden Vortragstage gemeinsam: alles lief ohne Probleme über die Bühne. Erleichtert konnten wir uns auf den Abschlussabend freuen.

„Was sind wir? Eine Mizelle wir halten zusammen!“

ANIKA

Wir alle haben uns im Kurs echt super verstanden und durch den Kurs auch immer besser kennengelernt. Mit der Zeit hat sich ein starker Zusammenhalt entwickelt. Deswegen saßen wir auch oft beim Essen zusammen an einem Chemikertisch, wo es immer recht witzig zuging. Wenn man jetzt schon mal ans Essen denkt, wir waren mit Kuchen und selbstgemachten Pralinen in unserer Teeecke sowieso schon der verwöhnteste Kurs, aber zweimal gab es bei uns sogar Geburtstagskuchen!



Der erste Geburtstag war der Geburtstag von unserem Kursleiter Felix. Jeder von unserem Kurs sollte sein Geburtstagsgeschenk unterschreiben, was sich als nicht so einfach herausstellte. Denn als Felix Duschen gegangen ist und wir eigentlich dachten, wir hätten jetzt mal fünfzehn Minuten Zeit, kam er nach so kurzer Zeit wieder in den Gruppenraum zurück, dass Jana und Johannes das Geschenk hinter ihrem Rücken wieder aus dem Zimmer schmuggeln mussten.

Ähnliche Probleme hatten wir auch an dem Geburtstag von Lucas, bei dem wir eine Mizellenkarte gebastelt hatten und jeden Moment Angst hatten, Lucas würde ins Zimmer kommen! Zudem war der Geburtstag von Lucas für ein paar aus unserem Kurs etwas ganz Besonderes, da wir seinen Geburtstagskuchen verzieren durften. Daran hatten wir sichtlich Spaß, wie man auch an dem ganzen Zuckerguss in unseren Gesichtern erkennen kann.



Backen der Geburtstagskuchen.

Auch beim Sportfest hatten wir viel Spaß. Obwohl wir uns schon Tage vorher viele Gedanken machten: „Hat der Astronomiekurs bessere Chancen als wir, weil sie die ganze Zeit draußen Sport machen?“, „Sind das wirklich ernste Aufgaben oder wird das witzig?“ waren ziemlich häufige Fragen an unsere Kursleiter. Doch als das Sportfest dann wirklich anfang, waren diese Fragen egal, wir hatten alle unseren Spaß, denn wir haben alle Aufgaben als Team gemeistert, ob es nun der Teebeutelweitwurf oder das Autoziehen war.

Das einzige Problem unseres Kurses war dann wahrscheinlich eher das bei uns normal gewordene Chaos, wenn es etwas zu diskutieren gab. Aber sogar das hat geklappt! Auch wurde unser Schlachtruf „Was sind wir? Eine Mizelle, wir halten zusammen!“ vor jeder Aufgabe einmal geschrien, denn wir waren wirklich ein Team, das sehr gut zusammen hielt! Bei der Abschlussaufgabe, dem Eierlauf, wurden wir sogar von unseren Leitern mit Luftballons angefeuert und hatten dann alle auch noch Spaß daran, mit genau diesen nach dem Sportfest weiter zu spielen!

Sprüche

Anna: Ich glaube nicht, dass es Zufall ist, dass „Till, sei still!“ sich reimt.

Till: Die Ergebnisse werden besser, wenn Julia raus geht!

Felix: Ist mir doch egal!

Anna: Wer sich meldet, wird ignoriert.

Till zu Anna: Du stehst immer im Weg!

Anna: Da ist ja gar keine Erdnuss drin, was für eine Verarsche! Ida: Da ist ja auch keine drin?

Ida: Meine Fresse!

Till zu Ida: Wow! Du hast aber Kraftausdrücke drauf.

Monika (TheoPrax) zum Chemie-Kurs: Ihr seid echt ein chaotischer, aber liebenswerter Haufen!

Till über Johanna Kroll: Die ist ja echt ein Doktor!

Felix: Ihr seid so, wie man sich eine tolle Gruppe vorstellt!

Jakob (spricht für die gesamte Analytik-Gruppe): Ich hab mich noch nie so über einen Strich (lineare Kalibriergerade) gefreut!

Anna über Anika: Ouh, jetzt kommt der Kampfwerg!

Anika: Das muss halt jemand machen der weiß, wie es hinten rum herging.

Till über Anika: Da ist mal wieder unsere Lästerschwester!

Ida (steht auf dem Stuhl) zu Felix: Guck mal ich bin fast so groß wie du!

Lucas: Julia lacht wie Gollum!

Anna zu Jakob: Erkläre es so, dass es ein Normalsterblicher verstehen kann.

Lucas und Anna: Unser Wasserkocher ist einfach nur aufmerksamkeitsgeil.

Dank

Wir danken dem Institut für Pharmazeutische Technologie & Biopharmazie der Philipps-Universität Marburg für die Bereitstellung diverser Geräte, ohne die der Kurs schlichtweg nicht möglich gewesen wäre. Wir danken den Kollegen von Dr. Jana Brüßler für die Unterstützung bei der Vorbereitung des Kurses.

Kurs 3: Batman – ein moderner Ritter? Heldenfiguren und -konzeptionen in der höfischen Literatur des Mittelalters und der Moderne



1. Vorwort

BRIGITTE A. GOEBEL, SEBASTIAN J.
NEU, JULIKA RÖSCH

Ein wahrer Held steht für das Gute ein, er bekämpft das Böse, rettet die Welt und erobert dabei noch en passant die Frau seiner Träume. Diese Konstellation bildet in der Gegenwart häufig die Grundlage für den allseits bekannten Plot von Actionfilmen wie *Batman* und *James Bond*, jedoch ist ihre Tradition weitaus älter: Bereits in der höfischen Dichtung des Mittelalters zu Beginn des 13. Jahrhunderts finden sich literarische Entwürfe von Helden, die der heutigen Motivik nicht unähnlich sind. Was heute die frisierte und mit Raketenantrieb ausgestattete Luxuskarosse ist, war damals das

bestens gepflegte und trainierte Pferd, die Maschinenpistole das Schwert und der Kampfanzug die Rittersrüstung. Allein an diesen Vergleichen lässt sich unschwer erkennen, dass sich bestimmte Elemente der Erzählungen weiterentwickelt haben und heute nur mehr in modifizierter Gestalt greifbar sind.

Auffällig bleibt jedoch das Bestehen eben dieser charakteristischen Aspekte, die trotz verschiedener Variationen nach wie vor im funktionalen Kern vorhanden und für die Handlung notwendig sind.

Im Kurs verglichen wir unser modernes Heldenbild mit den Archetypen mittelalterlicher Heldenkonzeptionen anhand verschiedener Beispiele. In zahlreichen Referaten, Diskussionen

und Gruppenarbeiten arbeiteten wir die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale heraus und bewerteten diese hinsichtlich unserer heutigen Vorstellung von Helden. Zunächst näherten wir uns einer zeitlichen Periodisierung des Mittelalters an, um anschließend sprachliche Merkmale dieser Zeit besser einordnen und verstehen zu können. Anhand exemplarischer mittelalterlicher Dichtungen wie *Iwein*, *Tristan* und dem berühmten *Nibelungenlied* klassifizierten wir Heldenkonzeptionen und stellten diese schließlich mit heutigen, modernen Heldenbildern gegenüber. Unsere Ergebnisse möchten wir Ihnen nun gerne im folgenden Teil dieser Dokumentation vorstellen und wünschen Ihnen beim Lesen dabei viel Freude!

2. Das Mittelalter

2.1 Periodisierung des Mittelalters

LAURIN SARTORI

Das Mittelalter lässt sich aus der geschichtswissenschaftlichen Perspektive in drei Teilepochen einteilen, nämlich das Früh-, Hoch- und Spätmittelalter. Um diese voneinander abzugrenzen, gibt es wichtige und prägende historische Ereignisse, welche die Übergänge markieren.

Für den Wechsel von der Antike zum Mittelalter, der gleichzeitig den Anfang des **Frühmittelalters** darstellt, gelten als historische Ereignisse der Beginn des Hunneneinfalls, bei dem die Hunnen, ein Volk aus dem Osten Europas, in Westeuropa einfielen und die Bevölkerung vertrieben, zudem die Völkerwanderung (375 n. Chr.), der Untergang des weströmischen Reiches (476 n. Chr.) und die Gründung des Frankenreiches unter Chlodwig (486 n. Chr.). Das wichtigste Eckdatum des Frühmittelalters ist die Kaiserkrönung Karls des Großen (800 n. Chr.).

Den Anfang des **Hochmittelalters** und somit das Ende des Frühmittelalters markieren das Abendländische Schisma, bei dem drei Päpste gleichzeitig an der Macht waren (1054 n. Chr.), der Beginn des Investiturstreits mit dem Gang nach Canossa Heinrichs des IV. (1077 n. Chr.) und das Konzil von Clermont,

bei dem Papst Urban II. zum ersten Kreuzzug aufrief (1095 n. Chr.).

Das Ende des Hochmittelalters und somit auch der Beginn des **Spätmittelalters** orientieren sich zeitlich an mehrjährigen Hungersnöten im Abendland (1315–17 n. Chr.) und an der Pestepidemie in der Mitte des 14. Jahrhunderts (1348–49 n. Chr.). Zusammenfassend gilt es festzuhalten, dass mit den Krisen des 14. Jahrhunderts das Hochmittelalter endete. Besonders bei dem Ende des Spätmittelalters und des Mittelalters allgemein gibt es allerdings geographisch und fachspezifisch bedingt unterschiedliche Ansichten. So sieht die französische Geschichtswissenschaft beispielsweise das Ende des Mittelalters erst mit dem Sturm auf die Bastille (1789 n. Chr.) gekommen. Die in Deutschland gängigen Daten sind die Erfindung des Buchdrucks (1450 n. Chr.), die Entdeckung Amerikas (1492 n. Chr.) und der Anschlag der 95 Thesen von Martin Luther (1517 n. Chr.). Auch hier werden unterschiedliche Blickwinkel deutlich: Während die Erfindung des Buchdrucks vor allem wissenschaftliche und wirtschaftliche Relevanz aufwies, handelte es sich bei der Entdeckung Amerikas um einen weltpolitischen, bei dem Anschlag der Thesen hingegen um einen religiösen Aspekt.

Obwohl man das Mittelalter gut unterteilen kann, ist diese Epoche für die Geschichtswissenschaft und die Germanistik eine schwierige Zeit. Dies liegt daran, dass zwar die Ereignisse gut tradiert sind, allerdings literarische, künstlerische und auch staatlich relevante Zeugnisse nicht oder nur teilweise überliefert worden sind. Dadurch kann man das Mittelalter häufig nicht ganzheitlich beleuchten, wie es manchmal wünschenswert wäre.

2.2 Ständegesellschaft im Mittelalter

PHILIPP DOMKE

Die mittelalterliche Ständegesellschaft war bis zum zwölften Jahrhundert in Klerus, Adel und Arbeitende aufgeteilt. Zusammengefasst wurde diese Dreiteilung unter dem Begriff *ordo* – lateinisch für Ordnung.

Dem **Klerus** gehörten alle Geistlichen an, die lange Zeit ein Privileg auf Bildung hatten, wo-

durch ihnen zusammen mit der besonderen Nähe zu Gott die höchste Stellung in der Gesellschaft gewährt wurde.

Der **Adel** war sozial, rechtlich und politisch privilegiert und dominierte aufgrund des Lehnswesens den wirtschaftlichen Bereich. Er war aufgeteilt in den hohen und den niederen Adel. Dem hohen Adel gehörten die alten Adelsfamilien an, die es schon vor dem niederen, jüngeren Adel gab. Zu diesem zählten die Ministerialen, zu denen sich Verwalter, aber auch Ritter zuordneten. Die **Arbeitenden** waren hauptsächlich Bauern und für die Produktion der meisten Güter im Reich verantwortlich.



Abb. 2: Gemeinsame Textarbeit und Diskussion im Kurs

Anhand der einzelnen Funktionen der Stände lassen sich die Begriffe *Lehrstand*, *Wehrstand* und *Nährstand* ableiten.

Um die Auswirkungen von Literatur und Bildung auf die Gesellschaft zu erkennen, muss man wissen, dass bis zum elften Jahrhundert Klöster die Zentren der Bildung waren. Dies lässt sich vor allem daran erkennen, dass das Aufkommen und die Verbreitung der althochdeutschen Dichtung zwischenzeitlich einen Tiefpunkt erlangten. Das Lateinische wurde in der Literaturproduktion erneut führend. Im elften Jahrhundert kam dann die mittelhochdeutsche Literatur inklusive neuer Textgattungen wieder auf. Man kann hierbei von einem Sieg der Laienkultur über die klerikale Kultur sprechen.

Der Adel gelangte an Bildung und beteiligte sich am literarischen Leben, genauso die Patrizier, die als höher gestellte Bürger in den Städten lebten. Dort entstanden Universitäten, die zu den neuen Zentren der Bildung wurden.

Auch durch kulturellen Austausch während der Kreuzzüge kam es zu Veränderungen innerhalb der Gesellschaft, denn bis dahin unbekannte Facetten verschiedener Wissenschaften, wie beispielsweise der Philosophie, wurden im Nahen Osten entdeckt und zunehmend rezipiert. Die Gesellschaft wurde von einer mündlichen zu einer schriftlichen, denn andere Schichten als der Klerus erhielten nun ebenfalls Zugang zu literarischer Bildung.

Nachdem wir durch die fundierte Betrachtung des Mittelalters einen soliden Grundstock an Wissen gelegt hatten, konnten wir uns dezidiert mit der deutschen Sprachgeschichte auseinandersetzen.

3. Deutsche Sprachgeschichte

CAROLINE JAHN UND ELENA MICHEL

Die deutsche Sprache hat sich im Laufe der Zeit stetig weiterentwickelt. Durch diese Veränderungen lässt sie sich in verschiedene Stufen gliedern. Diese Sprachstufen unterscheiden sich sowohl durch innersprachliche, d. h. grammatikalische oder lautliche Veränderungen, als auch durch außersprachliche Veränderungen, z. B. durch politische, gesellschaftliche, historische oder die Textproduktion betreffende Einflüsse. Um die Entwicklung der verschiedenen Sprachstufen zu veranschaulichen, dient im folgenden Text die erste Zeile des *Vaterunsers* als Beispiel.

Das **Indogermanische** bildet die Wurzel aller 300 heute bekannten Sprachen indogermanischen Ursprungs, darunter die deutsche Sprache. Es reichte von ca. 5000 v. Chr. bis ca. 1500 v. Chr. Aus dieser Zeit sind keine schriftlichen Überlieferungen vorhanden. Das Wissen über diese Sprachstufe beruht ausschließlich auf sprachwissenschaftlicher Rekonstruktion.

Aus dem Indogermanischen spaltete sich unter anderem das **Germanische** ab, welches bis in das 6. Jahrhundert anhielt. Aus dieser Sprachstufe gibt es kaum Überlieferungen bis auf wenige Runeninschriften, in denen sich die heutige deutsche Sprache kaum wiedererkennen lässt.

Dem Germanischen folgte, neben anderen Ab-

spaltungen, das **Althochdeutsche**. Dieses erstreckte sich bis in die Mitte des 11. Jahrhunderts. Älteste Überlieferungen aus dem Althochdeutschen können im 8. Jh. verortet werden, wobei es sich hier hauptsächlich um religiöse Texte handelte. Das Althochdeutsche lässt sich nicht verallgemeinern und ist daher ein Sammelbegriff für alle Dialekte mit der Zweiten Lautverschiebung.

Fater unser, thu thar bist in himile, [...]

Auf das Althochdeutsche folgte das **Mittelhochdeutsche**. Dieses reichte von der Mitte des 11. Jahrhunderts bis in die Mitte des 14. Jahrhunderts.

Die mittelhochdeutsche Sprachstufe unterteilt sich in drei Phasen: das Frühmittelhochdeutsche, das klassische Mittelhochdeutsche und das Spätmittelhochdeutsche. Die Untergliederung geht darauf zurück, dass die einzelnen Phasen des Mittelhochdeutschen der vorangegangenen bzw. der folgenden Sprachstufe stark ähneln.

Während sich die deutsche Sprache zur Kultursprache entwickelte und nicht mehr allein von der Kirche abhängig war, traten mehrere innersprachliche Veränderungen in der Sprache auf. Die zwei bekanntesten und wichtigsten innersprachlichen Veränderungen vom Mittelhochdeutschen zum Neuhochdeutschen sind die Diphthongierung und die Monophthongierung. Die Diphthongierung ist eine lautliche Veränderung, bei der sich ein einzelner langer Vokal zu einem aus zwei Vokalen bestehendem Laut, also einem Diphthong, auch Zwiellaut genannt, entwickelt. Das sieht man beispielsweise an der Veränderung von mhd. „mîn niuwes hûs“ zu nhd. „mein neues Haus“.

Die Monophthongierung bezeichnet den Ablauf, bei dem ein aus zwei Vokalen bestehender Laut zu einem einzelnen langen Vokal wird. Ein Beispiel hierfür wäre mhd. „liebe guote brüeder“, welches zu nhd. „liebe gute Brüder“ wird.

Die Sprachepoche des Mittelhochdeutschen war eine Zeit der stetigen Umbrüche. So wandelten sich die Politik, Wirtschaft, Gesellschaft und besonders die Literatur und ihre Verbreitung.

Die Literatur des Mittelhochdeutschen hatte verschiedene Rezeptions- und Überlieferungsarten. Die Texte waren vorerst dem klerikalen Stand und dem Adel vorbehalten, weshalb die Inhalte der Texte hauptsächlich einen stark religiösen oder auf das Leben am Hof ausgerichteten Inhalt hatten. Beispielsweise wurden Heldenepen durch Gesang vorgetragen und höfische Romane in kleinen Runden bei Hofe vorgelesen. Jedoch verbreiteten sich die Inhalte und Themen der mittelalterlichen Literatur auch unter dem Volk.

Außerdem erlernten einige der höher gestellten Patrizier in den Städten das Lesen und Schreiben. Dies hatte hauptsächlich pragmatische Gründe, so waren diese Fähigkeiten beispielsweise innerhalb der Verwaltung nützlich.

Später konnten auch zunehmend mehr Bürger lesen und schreiben. Dies führte zu Umbrüchen in der Gesellschaft. Bildung, welche unter anderem durch Universitäten gefördert wurde, verbreitete sich zunehmend.

In unserem Kurs haben wir uns hauptsächlich mit dem Mittelhochdeutschen befasst, da die Texte, mit denen wir gearbeitet haben (Bsp. *Iwein*) aus dieser Zeitstufe stammen.

vater unser der da bist in den himeln. [...]

Das **Frühneuhochdeutsche** ist die Übergangsphase vom Mittelhochdeutschen zum Neuhochdeutschen. Diese Sprachstufe wird von der Mitte des 14. Jahrhunderts bis in die Mitte des 17. Jahrhunderts eingeordnet. In dieser Zeit stieg die deutsche Textproduktion auf ein Vielfaches an, was durch die Umstellung von Pergament auf Papier und die Erfindung des Buchdrucks durch Johannes Gutenberg möglich wurde.

Eine große Vorbildfunktion in der deutschen Sprache hatte auch Martin Luther, der mit seiner Bibelübersetzung einen erheblichen Teil zum überregionalen Sprachausgleich beitrug. Außerdem waren immer mehr Menschen, darunter auch private Personen, an der Produktion und an dem Kauf von deutschen Schriften interessiert.

Vnser vater ynn dem hymel. [...]

Das **Neuhochdeutsche** lässt sich von 1650 bis 1950 einordnen. Zu dieser Zeit kam erstmals der

Wunsch nach einer politischen, religiösen und geographischen Einigung in der Gesellschaft auf, welcher auf die vorangegangenen Kriege (Bsp. 30-jähriger Krieg) zurückzuführen war, die das Land in den genannten Bereichen gespalten hatten.

Dieser Wunsch spiegelte sich auch in der Sprache wider. Verschiedene Sprachgesellschaften setzten sich für eine einheitliche deutsche Sprache anstelle verschiedener Dialekte ein. Die deutsche Sprache wurde infolgedessen normiert und die Dialekte gingen in der Schriftsprache weitestgehend zurück.

Unser Vater in dem Himmel. [...]

Die deutsche Sprache, wie wir sie heute kennen und sprechen, ist das **Spätneuhochdeutsche** bzw. die **deutsche Gegenwartssprache**. Der Beginn dieser Sprachstufe wird in der Mitte des 20. Jahrhunderts gesehen. Diese Sprachstufe wird stark durch Medien und digitale Kommunikationsmöglichkeiten sowie durch andere Sprachen, insbesondere die englische Sprache, beeinflusst.

In der spätneuhochdeutschen Sprachstufe wird die Sprache außerdem oft vereinfacht, so werden z. B. Dativ- und Akkusativendungen weggelassen oder Verben in einem Kausalsatz an die zweite Position innerhalb eines Satzes gestellt und nicht wie eigentlich grammatisch korrekt an die letzte Stelle. Die Phänomene sind besonders in der gesprochenen Sprache zu beobachten.

Unser Vater im Himmel, [...]

Für die **Zukunft** der deutschen Sprache gibt es viele verschiedene Theorien. So könnte beispielsweise die gesprochene Sprache an Wichtigkeit gewinnen. Außerdem könnte die Relevanz der englischen Sprache fortwährend zunehmen, jedoch in einigen Jahren wieder abnehmen. Ferner wäre es wünschenswert, dass die internationale Rolle der deutschen Sprache an Bedeutsamkeit gewinnt, daher sollten das Sprachbewusstsein der Sprecher und die Ausbildung im Rahmen des Deutschunterrichts gefördert werden. Hierin liegen die Aufgaben der Germanistinnen und Germanisten.

4. Helden in der mittelalterlichen Literatur und Dichtung

4.1 Der deutsche Artusroman

JULIA GRÄBER UND NATHALIE
NIEDERBUDE

4.1.1 Quellen und realer Hintergrund

Um 540 n. Chr. fasste der britische Kirchenhistoriker Gildas die ersten Berichte von Schlachten und Ereignissen des 6. Jahrhunderts in und um Wales in seinem Hauptwerk ‚De excidio et conquestu Britanniae‘ („Vom Untergang und der Wehklage Britanniens“) zusammen.

Sowohl ihm als auch dem englischen Kirchenhistoriker Beda Venerabilis, der in seiner im Jahr 731 n. Chr. abgeschlossenen ‚Historia ecclesiastica gentis Anglorum‘ („Die kirchliche Geschichte des Volkes der Angeln/Engländer“) ausführlicher als Gildas berichtete, war Artus unbekannt.

Die erste eher beiläufige namentliche Erwähnung als „Arthur“ findet sich in einer Namensliste im kymrischen ‚Y Goddodin‘ aus dem 6./7. Jahrhundert.

Konkretere Berichte um einen „dux bellorum“, einen Heerführer und seine Schlachten, stammen aus der wohl fälschlich Nennius zugeschriebenen ‚Historia Brittonum‘ („Die Geschichte der Briten“), die um 830 entstand. Zudem taucht darin erstmals der Hinweis auf die trojanische Herkunft des Artus-Urahns Brutus auf und Artus wird sowohl in dieser Quelle als auch vereinzelt in Heiligenviten als sagenhafter Schlachtenführer beschrieben.

Als „Arthurus“ wurde er in den um 970 verfassten ‚Annales Cambriae‘ („Die Annalen von Wales“) zu einer festen historischen Größe. Hierin wird berichtet, dass er, ein britischer Heerführer, in der schon vorher immer wieder erwähnten Entscheidungsschlacht am „mons Badonis“ („Berg Badon“) unter dem Banner der Jungfrau Maria kämpfte.

Um 1050, also rund zwei Jahrhunderte später, stieg Artus zum idealen König der lateinischen und französischen Chroniken, Lais, womit Versdichtungen unterschiedlicher Art bezeichnet werden, und Romane auf.

Meistens wird Artus als König bezeichnet, und in vielen Artusromanen und deren Quellen wird er mit ritterlichen Idealen verbunden. In den frühmittelalterlichen Quellen handelt es sich bei Artus vermutlich um einen keltisch-britischen Kleinkönig, der im 6. Jahrhundert geherrscht hat. Laut Überlieferungen gewann er als Heerführer („dux bellorum“ bei Gildas) zwölf Schlachten gegen die angelsächsischen Einwanderer. Dadurch gelangte er zu bleibendem Ruhm, da er so für eine Periode der Sicherheit und des Friedens gesorgt haben könnte. In dieser ältesten der lateinischen Quellen wird er „Aurelius Augustus“ genannt und somit zum Inbegriff eines guten Königs.

Allerdings ist nicht genau überliefert, ob er wirklich ein König war, wo genau er geherrscht hat und was er getan hat. Sicher belegt ist jedoch, dass er kein Ritter im eigentlichen Sinne war, da das Ideal der Ritterlichkeit erst über ein halbes Jahrtausend später nach seiner vermuteten Lebenszeit entstand.



Abb. 3: Überreste von *Tintagel-Castle*, einem der Orte, an dem der Artushof vermutet wird

4.1.2 Herkunft der Artussage

Anfangs wurden die Erzählungen um König Artus mündlich weitergegeben. In der Namensliste ‚Y Goddodin‘ aus dem 6./7. Jahrhundert wird er als Vorbild und dem Zuhörer bekannter Held erwähnt. Ab diesem Zeitpunkt wurden die Erzählungen über ihn immer mehr enthistorisiert.

Geoffrey of Monmouth verfasste im Auftrag des englischen Königshauses die ‚*Historia regum Britanniae*‘ („Die Geschichte der Könige

Britanniens“). Diese gelehrt-lateinische Historiografie aus historischer Erinnerung und mündlicher Erzähltradition vollendete er 1138. Darin kommt Artus als Sohn Utherpendragons an die Macht und unterwirft andere Länder mit Hilfe des Schwertes Excalibur. Er heiratet eine Königstochter namens Ginevra und führt mit ihr einen prunkvollen Hof in Carduel.

Brutus, der ebenso wie sein enger Verwandter Äneas aus Troja floh, steigt in diesem Werk zum mythischen Stammvater der Briten auf. Diese Verwandtschaftsbeziehungen wurden schon vorher mündlich überliefert, aber nur teilweise auch in lateinischen Chroniken und Annalen erwähnt. Dadurch, dass Monmouth sie und den Artusstoff in sein Geschichtswerk übernahm, wurden diese Überlieferungen der zweifelhaften Mündlichkeit enthoben. Allerdings gab es heftige Proteste anderer Autoren gegen einzelne vermeintliche Lügengeschichten Monmouths. Trotz dieser und anderer Zweifel an ihrem Wahrheitsgehalt wurde diese Historiografie noch im 12. Jahrhundert zu einem der populärsten Geschichtswerke überhaupt. Das folgende Zitat beweist dies: „Die Akzeptanz der ‚*Historia*‘ als authentische Geschichtsüberlieferung schuf für einen großen, und zwar sehr großen Komplex der epischen Literatur Europas sozusagen einen historisch belegten Ankergrund“ (Lutz (2000), S. 99 f.). Somit wurde der von Monmouth verfasste Stoff zum Grundgerüst aller späteren Artustexte.

Für die Popularisierung seines Werkes war Wace mit seinem ‚*Roman de Brut*‘ aus dem Jahr 1155 sehr wichtig, da dieser die ‚*Historia regum Britanniae*‘ ins Volkssprachliche übersetzte, wodurch der Artusstoff große Verbreitung fand. Dies gelang ihm dadurch, dass er Artus als guten Herrscher mit höfischem Benehmen und vorbildlicher Hofhaltung präsentierte und die Tafelrunde, die ins Zentrum der Handlung rückte, erfand.

Durch Chrétien de Troyes wurde der höfische Charakter um 1170 nochmals verstärkt und der Stoff enthistorisiert, da auch er auf mündliche Stofftraditionen zurückgriff. Bei ihm stehen der königliche Hof, die Tafelritter und ihre Äventuren – eine Art Abenteuer, die die Ritter zur Steigerung ihres gesellschaftlichen Ansehens



Abb. 4: Künstlerische Darstellung von König Artus und den Rittern der Tafelrunde

bestritten – und höfische Minne im Zentrum der Handlung. Seine Werke waren so beliebt, dass sich der Ruhm dieser Erzählungen in ganz Europa verbreitete. So wurden Artus, ritterliche Ideale und höfische Fachtermini in den deutschsprachigen Raum importiert.

Hartmann von Aue übertrug diese, die wesentlichen Inhalte, die Tafelrunde und das Personal in seine Romane ‚Erec‘ und ‚Iwein‘, die um 1180 entstanden. Diese sind aus gleichnamigen Werken Chrétien geschöpft, stellen aber keine wörtliche Übertragung seiner Texte dar. Zudem enthalten Hartmanns Romane genauere Beschreibungen und Erklärungen, da Artus und die Tafelrunde in den deutschsprachigen Gebieten – anders als im anglonormannischen Raum – nicht von Beginn an Teil der Herrschaftskultur waren und die Adligen im deutschsprachigen Raum deshalb Wissensdefizite hatten. So waren die Ideen und Traditionen, die hinter den adaptierten Begriffen, Namen, Orten und Ereignissen standen, den deutschen Rezipienten wenn überhaupt nur teilweise bekannt. Da Hartmann dieses fehlende Wissen erkannt hatte, erklärte er besonders in seinem Roman ‚Erec‘ sehr oft schwierige Sachverhalte und komplizierte Herkunftsfragen. Dadurch reichen Hartmanns Kenntnisse über das von Chrétien überlieferte Wissen hinaus.

Wir haben uns jedoch nicht nur mit den Werken dieses Dichters, sondern auch mit seinem Leben und seiner Person beschäftigt.

4.1.3 Der Autor Hartmann von Aue

Hartmann von Aue lebte im 12. und 13. Jahrhundert und war zusammen mit Gottfried von Straßburg und Wolfram von Eschenbach einer der bedeutendsten Dichter seiner Zeit.

Sein Geburtsdatum wurde nicht urkundlich festgehalten und ist daher auch nicht überliefert. Über den Tod Hartmanns von Aue lässt sich lediglich sagen, dass er vermutlich zwischen 1210 und 1220 starb. Wahrscheinlich besaß er eine schulische Grundbildung, deren Herkunft jedoch unklar ist. Jedoch war er nach damaligen Maßstäben sehr gebildet, da er nach eigenen Angaben sowohl Latein als auch Französisch konnte. Letzteres war notwendig, um die Werke Chrétien de Troyes, die er als Vorlage für seine eigenen Romane verwendete, zu verstehen. Seine Werke schrieb Hartmann von Aue vermutlich zwischen 1190 und 1205. Wer seine Auftragsgeber waren, ist nicht überliefert, aber es kommen die Zähringer, Staufer oder Welfen in Frage. Die Zähringer sind naheliegend, weil bekannt ist, dass sie Beziehungen nach Frankreich zu den Gönnern von Chrétien hatten und somit auch Zugang zu den nötigen Textvorlagen hatten.



Abb. 5: Vorbereitung und Erstellung einer Präsentation

Sicher ist jedoch, dass Hartmann von Aue Ministeriale, d. h. ein niedriger Adliger, und Dienermann zu Aue war. Ob er an den Kreuzzügen in den Jahren 1189/90 und 1197/98 teilnahm, ist umstritten.

Hartmann von Aue ist vor allem aufgrund seiner Werke ‚Erec‘, ‚Iwein‘, ‚Gregorius‘ und ‚Der arme Heinrich‘ bekannt, aber er schrieb auch einige Lieder. Diese sind in verschiedenen Lieder-

büchern wie etwa dem ‚Codex Manesse‘ überliefert.

Wir haben uns mit drei Heldendichtungen des Mittelalters, *Iwein*, *Tristan* und dem *Nibelungenlied* auseinandergesetzt. Im Folgenden werden wir auf alle drei näher eingehen, um die Heldenkonzeptionen des Mittelalters zu verstehen. Als erstes wollen wir den Roman ‚Iwein‘ von Hartmann von Aue vorstellen.

4.1.4 Inhaltsangabe von *Iwein*

Der Roman beginnt mit einem Pfingstfest am Artushof, wo die Tafelrunde versammelt ist. Ein Ritter namens Kalogreant berichtet, er habe gegen den Brunnenritter gekämpft und schmachvoll verloren. Iwein, ein Verwandter von Kalogreant, ist von dieser Schande durch seine Verwandtschaftsbeziehungen ebenfalls betroffen. So beschließt er sogar ohne die Erlaubnis von König Artus loszuziehen, um den Brunnenritter zu besiegen. Bei dem darauffolgenden Zweikampf besiegt Iwein den Brunnenritter, doch dieser flieht schwer verletzt. Iwein reitet ihm hinterher, da er einen Beweis für seinen Sieg und somit auch für die Tilgung seiner Schande braucht. Er folgt seinem Gegner bis in dessen Burg, wo hinter ihm das Torgitter herunterfällt und Iweins Pferd halbiert wird. Mit einem letzten Hieb versetzt er dem Brunnenritter den Todesstoß.

In der fremden Burg eingeschlossen wäre er nun verloren, wenn ihm nicht Lunete, die Beraterin der Burgherrin Laudine, helfen würde. Sie gibt dem Ritter einen Zauberring, der ihn unsichtbar macht. So kann Iwein den Hofleuten entkommen und an die Bahre des von ihm getöteten Burgherrn herantreten. Allerdings brechen nun die Wunden des Brunnenritters wieder auf, was zu dieser Zeit als Beweis für Iweins Schuld am Tod des Verstorbenen gilt. Jetzt bleibt Iwein nur noch die Flucht, aber er hört Laudine um ihren Mann weinen. Sofort verliebt er sich in sie und möchte sie heiraten. Allerdings ist er schuld am Tod ihres Ehemannes und bietet sich selbst und sein Leben als Entschädigung.

Laudine, die ihr Land ohne einen Mann nicht regieren kann, willigt ein, Iwein zu heiraten.

Nach der Hochzeit bittet Iwein seine Ehefrau um die Erlaubnis, auf Äventiuren gehen zu dürfen, um sein soziales Ansehen zu steigern. Laudine willigt unter der Bedingung ein, dass Iwein nach genau einem Jahr wieder zurückkehrt. Diese Frist vergisst der Held allerdings und aus Angst vor einer Verurteilung flieht er in den Wald, wo er wie ein Verrückter lebt.



Abb. 6: Lunete überreicht Iwein einen unsichtbar machenden Ring. Darstellung aus dem Iwein-Zyklus auf Burg Rodenegg, ca. 13. Jh.

Nach einiger Zeit hat er einen Traum, in dem er erkennt, wer er war, wer er momentan ist und wer er sein möchte. Er gelobt Besserung, und so folgt eine langsame Rehabilitation. Erst begegnet er einem Knappen, von dem er Pfeil und Bogen bekommt. So kann er kurz darauf mit einem Einsiedler einen Tauschhandel beginnen. Später ist er wieder so weit, dass er weitere Äventiuren bestehen kann, in denen er Armen und Kranken hilft.

Einmal beobachtet Iwein einen Kampf zwischen einem Löwen und einem Drachen. Er möchte eingreifen und ihm erscheint der Löwe als das edlere Tier, da dieser im Mittelalter mit Gott in Verbindung gebracht wurde, während der Drache mehr an eine Schlange, die in der Bibel als listig und heimtückisch beschrieben wird, erinnert. Nachdem Iwein den Drachen erschlagen hat, folgt ihm der Löwe aus Dankbarkeit treu und unterstützt ihn auch im Kampf. Daraus resultiert, dass Iwein nun eine neue Identität als Löwenritter annimmt.

Einige Zeit später kommt der Ritter wieder in das Brunnenreich zurück. Dort erfährt er, dass gerade ein Gerichtsprozess stattfindet, bei dem Lunete angeklagt wird, weil sie Laudine geraten hatte, Iwein zu heiraten. Als dieser von dem Prozess erfährt, fühlt er sich schuldig, weil er selbst an Lunetes misslicher Lage schuld ist, obwohl sie ihm geholfen hatte. Da es bei einem solchen Prozess üblich ist, auf ein Gottesurteil im Sinne eines Zweikampfes zu vertrauen, bietet der Löwenritter sich als Lunetes Kämpfer an, ohne dieser jedoch zu verraten, dass er Iwein ist.

Da er bis zu dem Kampf noch einige Tage Zeit hat, zieht er los, um einen Burgherren vor einem Riesen zu retten. Dieser Riese will die Tochter des Burgherrn heiraten und hat, da dieser nicht einwilligte, die Söhne desselben entführt. Iwein soll nun den Riesen besiegen, der allerdings nicht pünktlich erscheint. Nun steckt der Ritter in einem Zwiespalt, da er nicht sicher ist, ob er lieber dem Burgherrn helfen soll, wodurch er möglicherweise zu spät zum Gerichtskampf erscheinen würde, oder sein Versprechen Lunete gegenüber halten soll. Seine Überlegungen werden durch das Erscheinen des Riesen unterbrochen und Iwein besiegt seinen Gegner. Schließlich schafft er es sogar noch, pünktlich zum Gerichtskampf zu erscheinen, wo er Lunetes Unschuld beweisen kann. Lunete rät später ihrer Herrin, den Löwenritter zu heiraten, da Laudine noch keinen neuen Mann gefunden hat. Wieder befolgt Laudine Lunetes Rat und als sie die wahre Identität des Löwenritters erfährt, vergibt sie Iwein und beide leben glücklich zusammen.

4.1.5 Das Doppelwegmodell

Der Roman ‚Iwein‘ ist nach dem Doppelwegmodell oder doppelten Kursus aufgebaut, d. h. der Held Iwein verliert erst ein wenig an gesellschaftlichem Ansehen, daraufhin erlebt er Abenteuer und sein gesellschaftliches Ansehen steigt. Durch seinen großen Fehler, das Fristversäumnis, wird er jedoch zum Ausgestoßenen und es folgt eine langsame Rehabilitation bis er am Ende des Romans den idealen Helden verkörpert und ein hohes Maß an sozialem Ansehen erreicht hat.

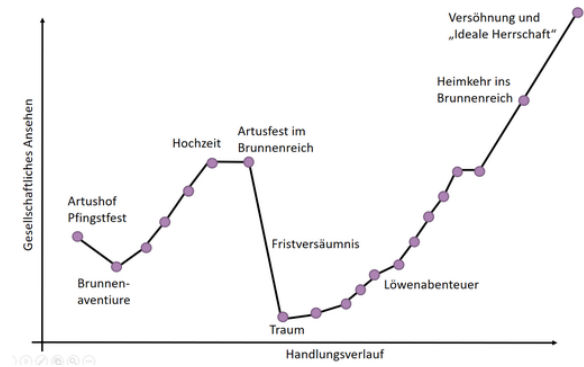


Abb. 7: Darstellung des Doppelwegmodells im ‚Iwein‘

4.1.6 Iwein als Held

Iwein wird als höfischer Ritter bezeichnet. Dieser zeichnet sich dadurch aus, dass er eine hervorragende Ausbildung genossen hat, wodurch er ein höfisches Benehmen an den Tag legt und sich bei Kämpfen ritterlicher Techniken bedient. Außerdem handelt er nach Idealen, die von der damaligen Gesellschaft als edel und ritterlich angesehen wurden. Daraus folgt auch, dass er begangene Fehler revidiert, um sein soziales Ansehen wiederherzustellen. Iwein macht dies bei seinen sogenannten „Sühneäventuren“ nach seiner Zeit im Wald, bei denen er z. B. eine verwitwete Burgherrin rettet, aber nicht heiratet. Da die Menschen im Mittelalter sehr gläubig waren, hatten auch ihre Helden eine Verbindung zu Gott und kämpften immer mit göttlichem Beistand. Bei Iwein wird dies vor allem durch die Treue seines Löwen, der ein Symbol für Gott ist, ausgedrückt. Zudem zeichnet einen höfischen Ritter aus, dass er eine Verbindung zu König Artus hat, wonach Iwein selbst ein Ritter der Tafelrunde ist.

4.2 ‚Tristan‘ von Gottfried von Straßburg

CASSEDY BROSE

‚Tristan‘ war nicht nur das wichtigste mittelalterliche Werk des Dichters Gottfried von Straßburg, sondern gehörte auch zu einem der ersten Liebesromane der Literatur. Er umfasst 20 000 Verse und beschäftigt sich weitgehend mit den mittelalterlichen Vorstellungen von *mînne* (Liebe) und *êre* (gesellschaftliches Ansehen), was

für den Adel und die Hofgesellschaft des Mittelalters zentrale Themen darstellten.

4.2.1 Zusammenfassung

Vorgeschichte: Liebe und Tod der Eltern, Geburt Tristans

Der Ritter Riwalin reist, nachdem er seinen Lehnsherrn Herzog Morgan in die Enge getrieben hat, nach Cornwall an den Hof des jungen Königs Marke. Bei einem Fest am Hofe verlieben sich Riwalin und Blanscheffur, König Markes Schwester, ineinander. Bevor die beiden sich ihre Liebe gestehen können, wird Riwalin in einem Kampf so schwer verwundet, dass man seinen baldigen Tod fürchtet. Doch eine Umarmung von Blanscheffur heilt ihn, wobei diese zusätzlich ein Kind von ihm empfängt. Dieses Glück hält jedoch nicht lange an. Da Riwalin wieder zurück in seine Heimat muss und Marke einer Hochzeit der beiden nicht zustimmen würde, flieht Blanscheffur heimlich mit Riwalin. Als Riwalin in seiner Heimat erneut auf Morgan trifft, wird er von diesem getötet, woraufhin Blanscheffur an gebrochenem Herzen ebenfalls den Tod erleidet. Zuvor gebärt sie jedoch noch ihren Sohn Tristan.

Tristans Jugend bis zur Schwertleite

Der elternlose Tristan wächst bei dem treuen Marschall seines Vaters, Rual, wie dessen eigenes Kind auf und erlernt bis zu seinem 14. Lebensjahr alle erdenklichen höfischen Fähigkeiten. Da er für ein Wunderkind gehalten wird, entführen ihn norwegische Fernhändler. Bei einem Seesturm fürchten diese jedoch eine Bestrafung Gottes für ihre Taten und setzen Tristan an einer unbekannten Küste aus, wobei nur der Leser erfährt, dass es sich um das Land seines Onkels Marke handelt. Aufgrund seiner überdurchschnittlichen Fähigkeiten im Jagen, der Musik und Fremdsprachen steigt Tristan am Hof rasch auf und wird für den König unentbehrlich. Jahre später erfährt er durch Rual, der zwischenzeitlich an den Hof gekommen ist, die Wahrheit über seine Familie und wird daraufhin von seinem Onkel durch die Schwertleite zu einem Ritter ernannt.

Tristan dient König Marke

Tristan geht als engster Vertrauter und potentieller Erbe von König Marke seinen Pflichten nach, wobei er in einem Gerichtskampf gegen den riesenhaften Môrolt, der Zinsen vom König verlangt, von einem vergifteten Schwert verwundet wird. Diese Verletzung kann nur von der Königin von Irland, Môrolts Schwester, geheilt werden, zu welcher sich Tristan anschließend unerkannt als Spielmann Tantris begibt. Dort gibt er aufgrund seiner beeindruckenden musikalischen Leistungen Isolde, der Tochter der Königin, Musikunterricht.

Nach seiner Rückkehr sind sich die Barone sicher, dass König Marke einen eigenen Erben mit der schönen Isolde zeugen soll, wobei Tristan die Aufgabe des Brautwerbers übernimmt. Hierzu muss er einen Drachen erschlagen, der Irland bedroht und erhält zur Belohnung die Königstochter, die er mit nach Cornwall nimmt. Da er den Kampf meistert, wird er mit Isolde und einem Liebestrank auf einem Schiff zurück nach Cornwall geschickt. Bei der Überfahrt wird der Liebestrank, den die Königin von Irland für Isolde und König Marke zubereitet hat, versehentlich als Wein ausgeschenkt hat, was zur Folge hat, dass Tristan und Isolde sich unsterblich ineinander verlieben. Trotz der Liebesbeziehung der beiden heiraten Isolde und König Marke.

Tristan und Isolde leben ihre Liebe am Hof heimlich aus

Eines Tages werden Tristan und Isolde bei einem ihrer heimlichen Treffen beobachtet und noch bevor König Marke hinstößt, flieht Tristan und ihnen bleibt keine andere Wahl als ihre Trennung.

Tristan sucht Schutz und Ablenkung an einem anderen Hof, an dem er aufgenommen wird. Dort verliebt sich eine andere Frau namens Isolde Weißhand in ihn. Diese erinnert Tristan sehr an die Isolde, in die er noch immer unsterblich verliebt ist, weshalb er in Verzweiflung versinkt. Mit einem inneren Monolog, in dem er der irischen Isolde Vorwürfe macht, bricht der Roman ab.

4.2.2 Tristan als Held

Der Held Tristan verkörpert das Ideal des sogenannten höfischen Ritters. Eine grundlegende Voraussetzung dafür ist die Zugehörigkeit zum edlen Geschlecht, welche vorhanden ist, denn seine Mutter ist die Schwester des Königs Marke. Dies ist zum einen ein Zeichen für seine hohe soziale Stellung und des Weiteren eine dem damaligen Verständnis nach nicht anzweifelbare göttliche Ordnung. Durch seine besondere Abstammung werden ihm auch die herausragenden Eigenschaften von seiner Mutter sowie von seinem Vater vererbt. Außerdem gingen seine Zeugung und seine Geburt unter besonderen Umständen vorstatten, denn bei seiner Zeugung wird der schon für tot erklärte Vater geheilt und bei seiner Geburt erleidet seine Mutter Qualen und verstirbt wegen der Trauer um den getöteten Riwalin. Diese Besonderheiten sind im Mittelalter ein Zeichen dafür, dass auch ein „besonderer“ Mensch bzw. Held geschaffen wird. Den göttlichen Beistand erreicht Tristan nicht nur durch seinen Stand, sondern auch durch die Taufe und die Ehe seiner Eltern. Ein ebenfalls exemplarisches Beispiel für den höfischen Ritter ist die hervorragende Ausbildung, die er bis zu seinem 14. Lebensjahr genossen hat. Hierbei lernte er höfische Gepflogenheiten und ritterliche Techniken, die er in verschiedenen Kämpfen unter Beweis stellt. Seinen hohen Bildungsstand zeigt er des Öfteren mit seiner enormen Redegewandtheit und in seinem gesellschaftlichen Umgang. Da er allen Eigenschaften eines idealen höfischen Ritters entspricht, kann man Tristan als einen prototypischen mittelalterlichen Helden betrachten.

brauchten die Nationalsozialisten es für Propaganda, weswegen diese Titulierung heute umstritten ist. Das Nibelungenlied ist in zwei Teile à 19–20 *Âventiuren* (hier: Kapitel) aufgeteilt und es sind mehrere Handschriften überliefert, drei Haupthandschriften A, B und C. Auf unserer Exkursion zur Badischen Landesbibliothek haben wir ein Faksimile der Handschrift C gesehen.

Besonders an dieser Handschrift ist, dass diese die älteste schriftliche Überlieferung des Nibelungenliedes ist.

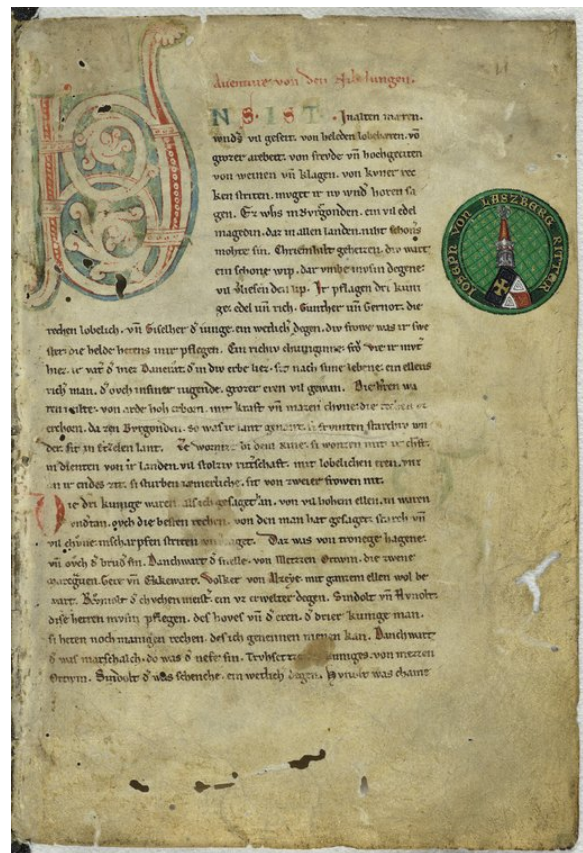


Abb. 8: Nibelungenlied, Handschrift C, erstes Blatt

4.3 Das Nibelungenlied

HELEN NÖDINGER

4.3.1 Allgemeine Angaben zum Nibelungenlied

Das Nibelungenlied ist zu Beginn des 13. Jahrhunderts im Passauer Raum aufgeschrieben worden, entstand jedoch bereits viel früher. Der Autor oder die Autoren sind unbekannt.

Im 19. Jahrhundert wurde das Nibelungenlied als Nationalepos behandelt, allerdings miss-

4.3.2 Inhaltsangabe

Die Hauptperson des Nibelungenliedes ist Siegfried, ein Königssohn aus Xanten. Er hat besondere Fähigkeiten; zum Beispiel ist er durch ein Bad in Drachenblut unverwundbar. Da bei diesem Bad ein Lindenblatt auf seine Schulter gefallen ist und diese Stelle nicht von Blut benetzt wurde, hat er trotz allem einen verwundbaren Punkt. Siegfried verliebt sich in die Burgunderprinzessin Kriemhild, wobei jedoch

Gunther, Kriemhilds Bruder, zunächst keine Hochzeit zwischen den beiden erlaubt.

Dieser ist aber in Brünhild, die Königin von Island, verliebt und möchte sie heiraten. Um Brünhilds Zustimmung zu bekommen, muss er sie in einem Wettstreit schlagen. Dazu benötigt Gunther Siegfrieds Hilfe. Dieser hilft ihm und bekommt als Belohnung Kriemhild zur Frau und auch Gunther und Brünhild heiraten.

Jahre später streiten sich Kriemhild und Brünhild. Brünhild weint nach diesem Streit, was Hagen, ein Vasall von Gunther, mitbekommt. Da Hagen der Meinung ist, Siegfried trage die Schuld für Brünhilds Leid, will er diesen umbringen. Er bespricht sein Vorhaben mit Gunther und dieser stimmt ihm zu. Hagen tötet Siegfried durch eine List.

Im zweiten Teil der Handlung heiratet Kriemhild Etzel, den Hunnenkönig. Bei einer weiteren Intrige tötet Kriemhild Gunther und Hagen aus Rache und auch Kriemhild kommt am Ende des Epos um.



Abb. 9: Figurenkonstellation des *Nibelungenliedes*

verschiedener Heldenkonzeptionen auf wissenschaftlicher Basis zu.

4.3.3 Merkmale des Heros

Der Heros ist ein mittelalterliches Heldenbild, dem auch Siegfried zuzurechnen ist. Er zeichnet sich in folgenden Merkmalen aus:

Er wird oft mit positiven Eigenschaften beschrieben, beispielsweise anhand seiner Schönheit und Stärke.

Im Fokus stehen beim Heros die Kampfhandlungen und der martialische Charakter.

Er ist kampferfahren und kann jegliche Gegner schlagen.

Zudem hat der Heros übermenschliche Eigenschaften, ist sehr stark, was beispielsweise an Siegfrieds Unverwundbarkeit deutlich wird, und er besitzt magische Gegenstände.

Die Übernatürlichkeit steht bei diesem Heldenbild allgemein im Fokus, da dieses Heldenbild seine Ursprünge vor dem Entstehen des Christentums hat.

Nachdem wir nun verschiedene Typen von Helden des Mittelalters kennengelernt hatten, wendeten wir uns als nächstes der allgemeinen Definition von Helden und der Unterscheidung

5. Helden und Heldentypen

5.1 Definition des Begriffs ‚Held‘

JOHANNA STUBER

Die Meisten werden bei einem Helden an eine strahlende Persönlichkeit denken, die Gutes für andere tut, die Welt rettet und von allen bewundert wird. Diese Figur ist in der wissenschaftlichen Definition aber nur eine Möglichkeit von vielen verschiedenen Heldentypen, die alle unter den Überbegriff „Held“ fallen.

Woher das Wort Held kommt, ist nicht ganz geklärt. Denkbar wäre zum Beispiel eine Verbindung zum altindischen *kaláyati* (mögliche Bedeutung: „treibt Vieh“), dessen zugehöriges Substantiv etwas wie einen Hirten bezeichnen könnte, der sein Vieh beschützen muss – also schon erste Anzeichen eines Helden aufweist. Unter anderem könnten Ursprünge aber auch im griechischen *kalós* („schön“, „edel“, „gut“) oder dem gotischen *hallus* („Fels“) liegen.

In der Literaturwissenschaft ist ein Held der Protagonist eines literarischen Werks und erfüllt als dieser meist eine „repräsentative Funk-

tion“. Oft kann sich der Leser mit ihm identifizieren und möchte, dass der Held als Sieger aus dem Konflikt mit dem Gegner hervorgeht.

In der Antike und im Mittelalter verstand man unter einem Helden hauptsächlich die tugendhafte Person – also jemanden mit vorbildlichen moralischen Eigenschaften – an die wir auch heute noch denken. Im Mittelalter gab es beispielsweise Heldendichtungen oder -lieder, in denen ein solcher Held Abenteuer bestreiten musste und als Vorbild für die Gesellschaft fungierte. Seine Tugenden waren zum Beispiel großer Mut, Unerschrockenheit und die Bereitschaft, sein Leben für andere zu geben, aber auch großes Wissen, Klugheit und Können in vielen Bereichen. Außerdem war er adeliger Abstammung und meist überdurchschnittlich schön, was damit zusammenhängt, dass zu dieser Zeit das Innere oft mit dem Äußeren gleichgesetzt wurde. Nach und nach entwickelte sich ein Heldenbild, bei dem der Held nicht mehr unbedingt dem gesellschaftlichen Ideal entsprechen musste. Ab dem 18. und 19. Jahrhundert zählten zu den Helden ebenfalls Figuren, die nicht so makellos waren. Also auch physisch oder psychisch Benachteiligte, sozial Ausgegrenzte oder solche, die aus einem niederen Stand kommen. Auch gab es nun zum Beispiel vermehrt Gruppen von Helden und nicht mehr nur einzelne Personen und auch erste Formen von einem Antihelden.

Heute sind alle möglichen Formen von Helden in Film und Literatur vertreten – größtenteils aber immer noch der gute Held, der ein großes Vorbild für alle ist.

5.2 Verschiedene Heldentypen und -konzeptionen

PASCAL ZILKE

Nun gibt es unterschiedliche Heldenkonzeptionen, die dazu erdacht sind, dem Rezipienten möglichst viel Identifikationspotenzial zu bieten.

Unter diesen finden sich beispielsweise der positive Held und der Antiheld, welche große Unterschiede und Gegensätze aufweisen. Während es ein Merkmal des positiven Helden ist, dass er die Interessen der Bevölkerung vertritt und die

Wünsche des Zuschauers erfüllt, ist der Antiheld häufig darauf bedacht, aufgrund persönlicher Motive ein bestimmtes Ziel durchzusetzen, das nicht dem Willen der Menschen in seinem Aktionsradius entspricht. Zudem hat er häufig etwas Düsteres an sich und handelt inkognito. Dennoch entspricht der Antiheld nicht dem Gegner und kann nie der Gegner sein. Er ist – lediglich auf Mut, Fähigkeiten, Glück usw. bezogen – das Gegenteil des positiven Helden. Ein Beispiel für einen Antihelden ist Batman, der eine andere Meinung vertritt als der Großteil der restlichen Bürger von Gotham City.

Eine weitere Art Heldentypen zu unterscheiden, ist die Unterteilung in den mythischen und epischen Helden, den Märchenhelden oder beispielsweise auch den Helden der Trivialliteratur. Da sich die Konzepte des Märchenhelden und der Märchenheldin grundlegend unterscheiden, werden diese im Folgenden getrennt voneinander beschrieben.

Die Märchenhelden sind oft eher passiv, leidend und unauffällig, während die Märchenheldinnen sich in die leidenden und die kämpferischen unterteilen lassen. Kämpferische Märchenheldinnen helfen häufig ihren Verwandten, welche in den Krieg ziehen, während die leidenden Märchenheldinnen oft eher zurückhaltend, passiv und trotz fehlendem Aktionismus dennoch bekannter sind.

Merkmale des mythischen und epischen Helden sind außergewöhnliche Fähigkeiten, besondere Geburt, auffälliger Tod oder langes Leben, das Aufgezogenwerden von Tieren und ein mächtiger Gegenspieler. Auch kommt es vor, dass der Held gegen Ende der Handlung sein altes Leben beendet und an einen anderen Ort zieht, ein durch die Vergangenheit verändertes Leben führt, eine letzte Reise in die Ferne beginnt oder Ähnliches.

Die Trivialliteratur wird auch Schema-, Unterhaltungs- oder Kolportageliteratur genannt und wird in sachlichen, kurzen und klaren, aber nicht umgangssprachlichen Sätzen, in denen sich möglichst keine Konjunktive finden, formuliert. Sie hat einfache Strukturen und konzentriert sich nur auf Unterhaltung. Die Ich-Form darf nur im Vorwort und, wenn es nicht anders möglich ist, z. B. aus der Sicht des Erzählers



Abb. 10: Ein Beispiel für einen mythischen und epischen Helden: *Frodo* aus der *Herr-der-Ringe*-Trilogie

verwendet werden. Die Helden der Trivialliteratur versuchen, sich dem Störenden entgegenzustellen, das die herrschende Ordnung zerstören könnte. Da die Trivialliteratur immer öfter Elemente des Science-Fiction nutzt, ist ein häufiges Thema, dass der Held beispielsweise die Menschheit davor retten muss, von ihren eigenen übermäßig intelligenten Maschinen beherrscht zu werden (Beispiel: *Transformers*).

Auch kann man Helden in reale und fiktionale unterteilen, die zwar beide als Vorbilder verehrt werden, aber dennoch deutliche Unterschiede aufweisen. Schließlich leben reale Helden nicht in der Zukunft, haben keine übermenschlichen Eigenschaften und es gibt keine auffallenden Anzeichen, wie beispielsweise besondere Geburt, Zeichen am Himmel oder extremes Glück.

Im mittelalterlichen Heldenbild finden sich die Konzepte des Heros und des höfischen Ritters. Da sie für den Adel konzipiert wurden, sind diese Helden häufig selbst adelig, meist einem edlen Geschlecht zugehörig und weisen ein auffallend schönes Äußeres auf. Häufig finden ihre Zeugungen oder Geburten unter besonderen Umständen statt.

Während beim höfischen Ritter die musterhafte, oft ideale Ausbildung hervorgehoben wird, bemerkt man beim Heros besonders die vielen positiven Eigenschaften, die stetig angeführt werden. Für den höfischen Ritter ist es wichtig, nach Fehlern Reue zu zeigen und zu versuchen, sie wiedergutzumachen. Viele höfische Ritter (z. B. Iwein und Erec) haben einen Bezug zu König Artus und der Tafelrunde.

Der Heros kämpft sehr viel und besitzt übermenschliche Stärke, Fähigkeiten oder Eigenschaften. Insgesamt steht bei ihm die Übernatürlichkeit durch Unverwundbarkeit oder übermenschliche Stärke im Vordergrund. Der höfische Ritter handelt mit göttlichem Beistand, da die Zeit der Entstehung dieses Heldenbildes, die Zeit der Kreuzzüge, stark christlich geprägt war. Eine besondere Symbolik hatte daher die Taufe.

Durch diese Betrachtungen wird deutlich, dass es nicht nur eine Möglichkeit gibt, Helden einzuteilen, sondern mehrere. Schließlich ist das Heldenbild z. B. allgemein stark von den Hintergründen der Entstehung abhängig.



Abb. 11: Präsentationen und Referate im Kurs bilden meist die Grundlage für den gemeinsamen Diskurs

6. Moderne Helden am Beispiel ‚Batman‘

NICOLE ALTMANN

Batman ist derzeit ein sehr aktuelles Thema, besonders, weil erst kürzlich der Film ‚Batman vs. Superman‘ erschienen ist. In unserem Kurs haben wir uns Batman ganz genau angesehen und uns im Zuge dessen viel und intensiv mit

den Filmen und Comics beschäftigt. Da aber unzählige Comics, Filme und Serien mit Batman existieren, haben wir uns vor allen Dingen die ‚The Dark Knight‘-Filmtrilogie des Regisseurs Christopher Nolan näher angeschaut.

6.1 Zusammenfassung und Figurenkonstellation

In den ‚The Dark Knight‘-Filmen wächst Bruce Wayne mit seinen Eltern in der fiktiven Stadt Gotham City auf, die Schauplatz für jede Art von Kriminalität und Gewalt ist. Nachdem Bruce Waynes Eltern nach einem Theaterbesuch überfallen und anschließend ermordet worden sind, wird Bruce von seinem Butler Alfred großgezogen, der wie ein Vater für ihn ist. Als Bruce älter geworden ist, reist er nach Ostasien, um der ‚Gesellschaft der Schatten‘ beizutreten. Nach einigen Jahren Ausbildung, in denen Bruce sich sowohl körperlich als auch intellektuell weiterentwickelt hat, kehrt er mit seinen neu erworbenen Fähigkeiten nach Gotham City zurück, um dort als Batman das Verbrechen zu bekämpfen. Die große Firma seiner Eltern, genannt ‚Wayne Enterprises‘, bringt Bruce viel Geld ein und dadurch ist es ihm möglich, in einer Art Höhle unter seinem Wohnsitz die geheime Identität Batman mit einigen technischen Tricks auszustatten, wie beispielsweise dem Batmobil oder einem kugelsicheren Fluganzug. So führt er ein Doppelleben, indem er nachts die Verbrechen in Gotham City bekämpft und tagsüber den Milliardär verkörpert, der im Überfluss zu leben scheint. Vorerst gelingt es Batman auch, seine Heimatstadt vom Verbrechen zu befreien, doch bald darauf muss Bruce Wayne sich gegen einen Verbrecher ganz anderer Art behaupten. Mit Hilfe von Lieutenant Jim Gordon und Staatsanwalt Harvey Dent muss er den verrückt gewordenen Joker aufhalten, dessen einziges Ziel es ist, Gotham City in absolutes Chaos zu stürzen. Mit psychopathischen Methoden bringt der Joker willkürlich Bürger um, damit sich Batman zu erkennen gibt, wodurch er zum unberechenbaren Antagonisten Batmans wird. Oft wird der Joker mit dem permanenten Grinsen auf dem Gesicht als sehr grotesk dargestellt und gilt zudem als schlimmster Gegner von Batman. Als er Bru-

ce‘ Jugendliebe Rachel tötet, die mittlerweile mit dem Staatsanwalt Harvey Dent liiert ist, wird schließlich auch der einstige Hoffnungsträger Gotham Citys zum Verbrecher ‚Two-Face‘, um Rachels Tod zu rächen. Der Name ‚Two-Face‘ für Harvey Dent rührt daher, dass eine seiner Gesichtshälften nach einem Hinterhalt des Jokers schrecklich entstellt wurde.

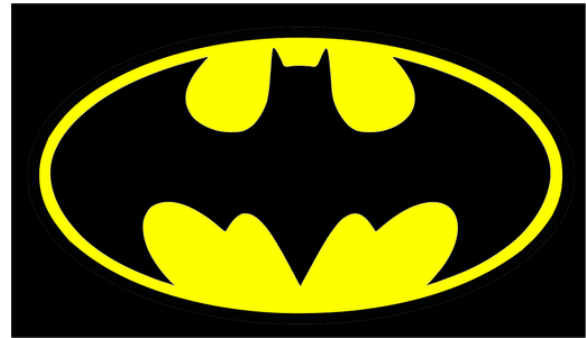


Abb. 12: Batmans Erkennungszeichen

6.2 Literarische Vorlage

Batman als Antiheld findet seinen Ursprung wie auch viele andere Superhelden in den Comics. In den 1930er Jahren gewannen diese Superheldencomics zunehmend an Popularität und es wurde erstmals damit begonnen, sie in Massenproduktion zu drucken. Damals waren es jedoch noch Helden wie beispielsweise Tarzan, die die Welt der Comics ausmachten. Charakteristisch für Comics sind eine kontrastreiche Farbwahl, eine einfache Bildsprache und wenige Schriftzeichen, die oft in Sprechblasen dargestellt werden. Der Comic lebt sozusagen noch fast ausschließlich von den dargestellten Bildern, nicht von besonders raffinierten Dialogen. Diesen Aspekt griffen besonders die Kritiker auf und bezeichneten den Comic häufig als unseriös. Dies änderte sich jedoch in den 60er Jahren rapide. Der Comic gewann an kulturellem Ansehen und etablierte sich als eigene Kunstform. Gebundene Exemplare wurden sogar schon als Graphic Novels bezeichnet. Der erste Comic-Blockbuster entstand mit ‚Superman‘ und Ende der 80er schloss sich auch Tim Burtons ‚Batman‘-Verfilmung dem Popkult an. So kam es, dass Comics und Blockbuster heutzutage kaum mehr ohne einander existieren und sich die Filmproduktion zunehmend ver-

bessert, wobei auch die Comicverfilmungen immer spektakulärer wurden.

Der Charakter Batman wurde im Jahr 1939 von dem Autor Bill Finger und dem Zeichner Bob Kane erfunden. Bob Kane gab an, von der Heldenfigur Zorro und der Comicfigur The Shadow inspiriert worden zu sein. Der Name Bruce Wayne setzt sich aus den Namen ‚Robert the Bruce‘, einem schottischen Freiheitskämpfer und ‚Mad Anthony Wayne‘, einem amerikanischen Nationalhelden zusammen.

6.3 Der *Film Noir* als Genre

Der Inszenierungsstil in ‚The Dark Knight‘ entstammt dem Film Noir. Dieser geht auf den deutschen Expressionismus der Stummfilmzeit, aber auch auf den poetischen Realismus Frankreichs zurück und ist gekennzeichnet durch ein sehr düsteres und meist auch schwarz-weißes Bildmaterial. In den 1940er Jahren griff die Filmindustrie Hollywoods auf diese Filmgestaltung zurück, um Kriminalgeschichten deutlich bedrohlicher zu gestalten. Trübe, düstere und kontrastreiche Lichtverhältnisse sollten die Situation und die Stimmung der Nach- und Zwischenkriegszeit symbolisieren. Die ungewöhnlich scharfen und kontrastreichen Blickwinkel, die heutzutage gerne durch die spezielle Kameraführung mit der IMAX-Kamera verursacht werden, sollen den Zuschauer aus dem Alltag, in eine völlig andere Welt führen.

Es ist also abschließend deutlich erkennbar, dass ‚The Dark Knight‘ sowohl stilistisch, als auch thematisch stark an den Film Noir anlehnt.

7. Fazit und Bewertung

CASSEDY BROSE

Nachdem wir uns sowohl mit mittelalterlich als auch mit modernen Heldenkonzeptionen beschäftigt haben, versuchten wir diese zu vergleichen und miteinander in Verbindung zu bringen.

Die Leitfrage unseres Kurses konzentrierte sich darauf, ob man den Superhelden Batman als

einen modernen Ritter sehen kann. Dazu hatten wir uns zunächst mit mittelalterlichen Heldenbildern befasst. Anschließend analysierten wir die Heldenfigur Bruce Wayne bzw. Batman und verglichen die beiden miteinander. Zunächst haben wir eines der typischen Merkmale des höfischen Ritters betrachtet, nämlich die hervorragende Ausbildung, die die Ritter absolvierten. Sie erlernten das höfische Benehmen und ritterliche Techniken.

Da man nicht davon ausgehen konnte, dass moderne Helden genau dieselben Voraussetzungen haben wie höfische Ritter, mussten wir zunächst die mittelalterlichen Gesellschaftsideale auf die Gegenwart übertragen. Dadurch konnten wir einige Überschneidungen feststellen, denn auch Batman durchlief eine überdurchschnittliche Ausbildung, beispielsweise reiste er in den Himalaya, um sich in der „Gesellschaft der Schatten“ ihre Kampftechniken anzueignen. Seinen inneren Gentleman kann man mit dem höfischen Benehmen zu früherer Zeit vergleichen. Doch nicht nur seine Handlungen sind denen des Ritters ähnlich, sondern auch seine moralischen Vorstellungen. Schon von Beginn an setzt er sich die Regel, keinen Menschen zu töten, sondern seine Gegner auf eine andere Art zu bekämpfen. Ein höfischer Ritter hatte einen ähnlichen Codex, denn er tötete niemanden ohne Grund, sondern nur um sein gesellschaftliches Ansehen zu steigern bzw. um das Leben anderer oder sein eigenes zu retten.

Ein weiterer Aspekt, den wir betrachtet haben, ist das Revidieren der begangenen Fehler. Batman, der sich die Schuld am Tod seiner Eltern gibt, versucht diesen zu begleichen, indem er die Gewalt in Gotham City bekämpft. Und auch in der höfischen Literatur revidieren die Ritter nach dem Prinzip des doppelten Kursus ihre vorangegangenen Fehler, indem sie gute Taten vollbringen und selbstlos den Schwachen helfen.

Nun gibt es jedoch auch Aspekte, bei denen wir keine Übereinstimmung der beiden prototypischen Helden der verschiedenen Epochen gefunden haben. So stellten wir fest, dass Batman keinerlei Verbindung zur Artussage hat, was offensichtlich durch die Entstehungszeit bedingt ist. Der höfische Ritter jedoch hatte

sehr oft einen Bezug zu König Artus und war häufig der Tafelrunde zugehörig. Außerdem haben viele heutige Helden auch keinen göttlichen Beistand, wenn man von dem ursprünglichen Begriff des christlichen Gottes ausgeht. Im Mittelalter hingegen waren die Helden stets von Gott begleitet und konnten ihre Abenteuer auch nur mit dessen Hilfe bestehen.

Abschließend kann man unsere Leitfrage nicht eindeutig mit „Ja“ oder „Nein“ beantworten, da die Merkmale sehr viele Überschneidungen aufweisen, jedoch nicht jeder Gesichtspunkt hundertprozentig übereinstimmt. Es besteht trotzdem eine enorme Ähnlichkeit von beiden Heldentypen, die auf den ersten Blick nicht ganz offensichtlich ist und am Ende muss jeder selbst entscheiden, ob Batman für ihn persönlich einen modernen Ritter verkörpert oder nicht.

8. Exkursion

LAURIN SARTORI

Der Germanistikkurs fuhr am 5. September 2016 zur Badischen Landesbibliothek nach Karlsruhe. Da wir uns im Kurs schon mit mittelalterlichen Heldenepen beschäftigt hatten und diese hauptsächlich durch mittelalterliche Handschriften oder Drucke überliefert sind, fuhren wir in die Landesbibliothek, um diese auch in echt zu sehen. Begleitet wurde unser Kurs von Valentina, Ina und Lena, die sich bei der Akademie um die Sport- bzw. Theater-KüA kümmern. Leider konnte unser Kursleiter Sebastian nicht teilnehmen.

Wir fuhren mit dem Zug und der S-Bahn nach Karlsruhe, wo wir direkt in die Landesbibliothek eintraten und eine Einführung über die Recherchemethoden in einer Landesbibliothek bekamen. Das besondere an einer Landesbibliothek ist, dass dort jedes Buch, das in dem Bezugsraum der Bibliothek verlegt wird (in diesem Fall Baden), archiviert wird. Danach machten wir einen Rundgang durch die Bibliothek, bei dem wir auch ein Buch suchten, welches wir zuvor im Online-Katalog der Landesbibliothek recherchiert hatten.

Dafür gibt es in der Badischen Landesbibliothek ein System, bei dem jedes Buch ausge-

zeichnet wird. Diese Signatur kann man dann auf einer Website finden, wenn man das Buch sucht. Die Bibliothek ist so aufgebaut, dass man das Buch dank der Signatur sehr schnell findet.



Abb. 13: Das Faksimile der Handschrift C des Nibelungenlieds

Danach fing der Teil an, der vor allem unsere Kursleiterin Brigitte begeisterte: Die Besichtigung von mittelalterlichen Drucken und danach das Highlight in Form eines Faksimiles der Handschrift C des Nibelungenliedes. Diese wurden uns von Frau Dr. Annika Stello gezeigt. In dieser Führung wurden uns auch Arten von „Bücherverwesung“ und Schutzmethoden dafür, wie Lagerungen im Dunklen und in einem speziell klimatisierten Raum, erläutert. Die mittelalterlichen Drucke, die wir uns anschauen durften, waren ein Turnierbuch, in dem alle Teilnehmer eines bestimmten Turnieres mit Geschlecht und dazugehörigem Wappen aufgelistet waren, und ein Druck eines mittelalterlichen Heldenepos.

Dann kam das Faksimile als krönender Abschluss unserer Exkursion. Ein Faksimile ist eine sehr detailgetreue Nachbildung einer Handschrift, in unserem Fall von der Nibelungenliedhandschrift C. Auch die originale Handschrift C des Nibelungenliedes ist zwar in Besitz der Landesbibliothek, allerdings darf diese nur von anerkannten Wissenschaftlern unter Aufsicht angesehen werden und nur wenn diese einen konkreten Forschungsauftrag haben. Dennoch ist auch ein Faksimile sehr wertvoll, sodass dieser Ausflug etwas Besonderes war. Zum Abschluss durften wir noch ein Foto mit dem Fak-

simile machen. Auch wenn wir an diesem Tag ungefähr fünf bis sechs Stunden im Zug saßen, hat sich dieser Ausflug definitiv gelohnt.

Doch wir saßen nicht nur im Kursraum oder der Bahn, sondern wir haben uns auch sportlich betätigt, nämlich beim Sportfest.

9. Verlieren mit Ehre

PHILIPP DOMKE

Je näher das Sportfest rückte, desto unmotivierter wurden die Kursteilnehmer, trotz der geringen Erwartungen seitens der Kursleitung. Am Morgen erfuhren wir, dass jeder Kurs einen Schlachtruf erfinden sollte, jedoch waren die Ideen zu Anfang rar, daher verschoben wir dies auf später. Allerdings erzählten uns dann beim Mittagessen Teilnehmer anderer Kurse von ihren Sprüchen, doch wir hatten noch immer keinen. Auch später im Kurs konnten wir noch keinen gemeinsamen Schlachtruf ausfindig machen, sodass wir uns erst fünf Minuten vor Beginn des Sportfestes auf einen solchen einigen konnten, während alle anderen schon eifrig ihre Sprüche schmetteten. Das Resultat unserer kurzen Beratung lautete wie folgt: „Perdemus cum honore!“, zu Deutsch: „Wir verlieren mit Ehre!“.

Schon zu Beginn wurde uns bewusst, dass unser Kurs nicht der erfolgreichste sein würde, weswegen wir uns das Ziel setzten, den vorletzten Platz zu belegen. Die einzelnen Disziplinen verliefen dann ziemlich durchwachsen, waren jedoch allesamt sehr unterhaltsam.

Eines der Highlights war unsere vierte Station im Reich der Wikinger, bei der es darum ging, möglichst alle tapferen Wikinger mit unserem prächtigen Schiff über das gelbe Meer nach Walhalla zu transportieren. Angeleitet wurde dies durch den mächtigen Krieger Magnus Magnusson, dargestellt von Sebastian, der mit einem sehr tiefen Bass gesegnet war.

„Perdemus cum honore“ traf letztendlich gut auf unsere Leistungen zu, denn wir erreichten stolz den sechsten Platz, wobei erwähnt werden sollte, dass dies der letzte Platz ist. Doch unser Spruch wurde von allen zum besten Schlachtruf gekürt, insofern kann man gut sagen, dass unser

Ziel fast schon übertroffen wurde. Zwar war unsere Kursarbeit über Heldenideale nicht dem Kampfgeist förderlich, allerdings dem Teamgeist.



Abb. 14: Teamgeist beim Sportfest

10. Teilnehmerbeschreibungen

Plenum des Kurses (Reihenfolge alphabetisch)

Brigitte, unsere selbstironische und äußerst technikbegabte Kursleiterin, war stets begeistert sowie in der Lage, diese Begeisterung auf uns zu übertragen. Sie hatte, ganz Tristan, immer für alles eine Lösung. Wenn sie über ihr Lieblingsthema, die Germanistik, sprach, redete sie stets gerne und viel. Dennoch fiel es uns nie schwer, ihr zuzuhören und die Freude nachzuvollziehen. Ihre rhetorischen Fähigkeiten ließen sie zum Superman unseres Kurses werden. Wir waren alle erleichtert, als das Erste-Hilfe-Set bei unserem Ausflug zur Badischen Landesbibliothek doch nicht zum Einsatz kam, da wir bereits befürchteten, der Anblick des Faksimiles würde sie in Ohnmacht stürzen. Da sie „ein sehr schwer zu fassender Charakter ist, werden wir das an dieser Stelle nicht weiter ausführen“ (Zitat Brigitte). Schlussendlich bleibt nur noch zu sagen, dass sie die tollsten Beine von uns allen hat.

Caroline überzeugte jeden Tag aufs Neue mit ihrer selbstironischen und lustigen Art. Sie war immer für einen Spaß oder ein kurzes Gespräch zu haben und war fasziniert von der deutschen Sprachgeschichte. Dies zeigte

sich auch häufig im Kurs. Übersprudelnd vor Energie, immer strahlend gut gelaunt, versüßte sie einem jeden Kursteilnehmer den Tag und auch ihr Humor haute das eine oder andere Mal *jemanden* vom Hocker.

Cassedy Die immer humorvolle Cassedy mit der schönsten „Plakat-Überschrift-Schrift“ zeigte sich bei der Abschlusspräsentation von ihrer besten Seite. Auch sie nahm an der Theater-KüA teil und spielte „Zoe“. Als Teil des Layout-Teams war sie in zahlreiche Insider verstrickt: „[digga] [sic!]!“.

Elena erschuf mit Caro den Zeitstrahl, den wir schließlich sogar noch für die Abschlusspräsentation verwendeten. Ganz im Gegensatz zu ihrer ersten Rolle im Theater als „Zoes Mutter“ kann man mit ihr in Wirklichkeit herzlich lachen. Außerdem ist sie für ihren Tanzstil berühmt-berüchtigt und scheut sich somit nicht davor, etwas Ungewöhnliches zu tun.

Helen, die vor allem eine sehr sympathische Persönlichkeit verkörpert, arbeitete stets professionell und fleißig. Sie ließ sich nie aus der Ruhe bringen und behielt auch bei den Vorträgen einen kühlen Kopf, sodass sie diese souverän über die Bühne brachte.



Abb. 15: Gemeinsame Diskussion

Johanna war die ruhige Seele unter uns. Mit ihrer fröhlichen und warmherzigen Art verbreitete sie immer gute Laune und sorgte in der Theater-KüA für die Innere Sicherheit. Mit ihrem wundervoll voluminösen Haar ähnelte sie sehr dem Löwenritter Iwein und vielleicht konnte sie auch deshalb so gut Mittelhochdeutsch.

Julia beglückte uns im Kurs stets mit neuen Ideen und ihrer freundlichen und kommu-

nikativen Art. Gemeinsam mit Johanna meisterte sie eine fabelhafte Abschlusspräsentation und hielt auch den schwierigsten Fragen stand.

Julika gewann mit ihrer hilfsbereiten und unterhaltungsfreudigen Art als unsere Schülermentorin die Sympathie des gesamten Kurses. Sofort gab sie unsere Wünsche an die Kursleiter weiter und verschaffte uns somit die heiß ersehnten Süßigkeiten.

Ihre grundlegenden Entspannungstechniken halfen uns immer, Anspannungen und Nervosität zu besiegen. Sieben Sekunden einatmen und vierzehn Sekunden ausatmen halfen schlussendlich jedoch nicht, den Lachanfall im ganzen Kurs zu unterdrücken.

Mit ihrer Schreib-KüA ebnete sie uns allen den Weg in die Autoren-Karriere, in der sie laut uns bald als Bestseller-Autorin zu finden sein wird.

Laurin Ein Kurs ohne Laurin hätte für deutlich mehr Langeweile gesorgt, denn er war immer aktiv und sorgte gerne für Schockmomente. Jedoch bereicherte er den Kurs vor allem durch seine fundierten Geschichtskennntnisse, aber auch durch sein lang anhaltendes und nicht zu stoppendes Lachen. In seiner Rolle als „Dash“ in der Theater-KüA überzeugte er alle und war zudem Teil des Layout-Teams.

Nathalie Wenn Nathalie von König Artus sprach, so hatte man immer das Gefühl, sie habe ihn persönlich gekannt. Sie wirkte stets belesen und ruhig, doch wenn man über ihre Lieblingsthemen Sagen und Kaninchen sprach, blühte sie auf.

Nicole war als Batman-Kennerin eine ungeheure Bereicherung für den Kurs und begründete somit auch die Idee des Motives für unser Kurs-T-Shirt: Ein Batman-Ritter. Durch ihre ruhige Art und ihren kühlen Kopf war sie allen sehr sympathisch, konnte aber auch durch ihr ansteckendes Lachen den ganzen Kurs mitreißen.

Pascal ist ein absoluter Fantasy-Fan und redet sehr gerne über „Herr der Ringe“ und als die Filmmusik vom Orchester gespielt

wurde, fingen seine Augen an zu leuchten. Des Öfteren sprach er Kursteilnehmer auch nach zwei Wochen noch mit „der da“ oder „die da“ an, täglich war er begeistert von den vielen fremden Leuten. Zitate las er so gefühlvoll und authentisch vor, dass uns beinahe die Tränen kamen.

Philipp Obwohl Philipp einen eher ruhigen Charakter verkörpert, überzeugte er uns immer wieder mit seinen überragenden rhetorischen Fähigkeiten, die dem eines Tagesschau-Sprechers sehr nahe kommen. Als Ritter-Model meisterte er eine gute Performance und bewies auch im Layout-Team, dass er einen besonderen Blick für optische Vorteile hatte.

Sebastian Vom ersten Augenblick an verückte uns der mächtige Krieger Magnus Magnusson mit seinem güldenen, isoldeglichen Haar (wenngleich uns allen dieses mit Zöpfen besser gefiel) und seiner offenen Art. Er war als Kursleiter unser Technik-Held und Retter in der Not, wenn die Technik, wie so oft, versagte. Auch er war stets begeistert von dem Thema unseres Kurses. Nicht nur uns war er vollauf sympathisch, sondern auch dem Smartboard, welches ihn stets Brigitte vorzog. Er hatte immer den vollen Überblick und war ein sehr wertvolles Mitglied unseres Kurses, auch wenn er leider nicht immer anwesend sein konnte. „Weil er der Held ist, den [unser Kurs] verdient!“

11. Quellenverzeichnis

11.1 Literaturverzeichnis

Primärliteratur

Das Nibelungenlied. Mittelhochdeutsch/Neuhochdeutsch. Nach der Handschrift B herausgegeben von Ursula Schulze. Ins Neuhochdeutsche übersetzt und kommentiert von Siegfried Grosse. Stuttgart 2011.

Hartmann von Aue: Gregorius. Der Arme Heinrich. Iwein. Text und Kommentar. Hg. u. übersetzt von Volker Mertens. Frankfurt am Main 2008.

Gottfried von Straßburg: Tristan. Hg. von Karl Marold. 5., unveränderter Abdruck. Berlin / New York 2004.

Sekundärliteratur

Bergmann, Rolf, Claudine Moulin u. Nikolaus Ruge: Alt- und Mittelhochdeutsch. Arbeitsbuch zur Grammatik der älteren deutschen Sprachstufen und zur deutschen Sprachgeschichte. 8., neu bearb. Aufl. Göttingen 2011.

Boette, W.: Art. ‚Helden‘. In: Handwörterbuch des deutschen Aberglaubens. Hg. von Hanns Bächtold-Stäubli unter Mitwirkung von Eduard Hoffmann-Krayer. Bd. 3: Freen – Hexenschuß. Berlin / New York 1987, Sp. 1698–1702.

Bumke, Joachim: Höfische Kultur. Literatur und Gesellschaft im hohen Mittelalter. 11. Aufl. München 2005.

Ehrismann, Otfried: Nibelungenlied. Epoche – Werk – Wirkung. 2., neu bearb. Aufl. München 2002.

Daemmrich, Horst S.: Art. ‚Held‘. In: Themen und Motive in der Literatur. Ein Handbuch. Hg. von ders. u. Ingrid G. Daemmrich. 2., überarb. u. erw. Aufl. Tübingen / Basel: 1995, S. 189–192.

Heinze, Joachim (Hg.): Mythos Nibelungen. Stuttgart 2013.

Heinze, Joachim, Klaus Klein u. Ute Obhof (Hg.): Die Nibelungen. Sage – Epos – Mythos. Wiesbaden 2003.

Horn, Katalin: Art. ‚Held, Heldin‘. In: Enzyklopädie des Märchens. Handwörterbuch zur historischen und vergleichenden Erzählforschung. Begründet von Kurt Ranke. Hg. von Rolf Wilhelm Brednich u.a. Bd. 6: Gott und Teufel auf Wanderschaft – Hylten-Cavallius. Berlin / New York 1990, Sp. 721–745.

Huber, Christoph: Gottfried von Straßburg: Tristan. 3., neu bearb. u. erw. Aufl. Berlin 2013. Kniep, Matthias: Die drei Zeitalter des Superhelden-Comics (Gold, Silber und Bronze). Von der Geburt, Demontage und Wiederbelebung eines amerikanischen Mythos. Kiel 2009.

Mertens, Volker: Der deutsche Artusroman. Stuttgart 2007.

Müller, Jan-Dirk: Das Nibelungenlied. 4., neu bearb. u. erw. Aufl. Berlin 2015.

Schneider, Hermann u. Wolfgang Mohr: Art. ‚Heldendichtung‘. In: Reallexikon der deutschen Literaturgeschichte. Begründet von Paul Merker und Wolfgang Stammer. Hg. von Werner Kohlschmidt u. Wolfgang Mohr. Bd. 1: A–K. 2. Aufl. Berlin 1958, S. 631–646.

Uecker, Heiko: Art. ‚Heldensage‘. In: Enzyklopädie des Märchens. Handwörterbuch zur historischen und vergleichenden Erzählforschung. Begründet von Kurt Ranke. Hg. von Rolf Wilhelm Brednich u.a. Bd. 6: Gott und Teufel auf Wanderschaft – Hylten-Cavallius. Berlin / New York 1990, Sp. 753–765.

Weddige, Hilbert: Eine Einführung in die germanistische Mediävistik. 7., durchgesehene Aufl. München 2008.

Weddige, Hilbert: Mittelhochdeutsch. Eine Einführung. 8., durchgesehene Aufl. München 2010.

Wolff, Gerhart: Deutsche Sprachgeschichte. Von den Anfängen bis zur Gegenwart. Ein Studienbuch. 6., überarb. u. erw. Aufl. Tübingen 2009.

11.2 Internetquellen

http://www.mediaevum.de/autoren/gottfried_von_strassb.pdf (abgerufen am 21.09.2016, 16:52 Uhr)

11.3 Bildnachweise

Abb. 1 und 2: Eigenes Foto.

Abb. 3: Wikimedia, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RemainsofTintagel.jpg>
(gemeinfrei, abgerufen am 15.10.2016, 17:20 Uhr)

Abb. 4: Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:King_Arthur_and_the_Knights_of_the_Round_Table.jpg (gemeinfrei, abgerufen am 15.10.2016, 17:20 Uhr)

Abb. 5: Eigenes Foto.

Abb. 6: Wikimedia, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Iwein-laudine-ring.jpg>
(gemeinfrei, abgerufen am 15.10.2016, 17:20 Uhr)

Abb. 7: Eigene Darstellung.

Abb. 8: Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nibelungenlied_manuscript-c_flr.jpg
(gemeinfrei, abgerufen am 4.11.2016, 05:32 Uhr)

Abb. 9: Eigene Darstellung.

Abb. 10: Wikimedia, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Frodo-Baggins-frodo-7808598-500-760.jpg>
(Wikimedia-User Iamrosero10, CC BY-SA, abgerufen am 15.10.2016, 17:20 Uhr)

Abb. 11: Eigenes Foto.

Abb. 12: Pixabay, <https://pixabay.com/de/batman-fledermaus-signal-schwarz-312342>
(Creative Commons CC0, abgerufen am 15.10.2016, 17:20 Uhr)

Abb. 13, 14, 15: Eigenes Foto.

Kurs 4: Die Suche nach dem optimalen Weg



Vorwort

MICHAEL MATTES, BERNHARD
PETZOLD, MELINA SOYSAL

Die Suche nach dem optimalen Weg ist nicht einfach. Wir wussten zu Beginn nicht, ob wir das hoch gesteckte Ziel erreichen würden und mussten sehr darauf achten, es nicht aus den Augen zu verlieren.

Nicht immer war allen klar, auf welches Ziel wir hinaus wollten. Andere wiederum hatten Zweifel, ob unser eingeschlagene Weg der Richtige ist. Auch mussten wir einige Brücken erst errichten, bevor wir sie überqueren konnten. Uns als Kursleitungsteam war jedoch eines bewusst: Mit einem so motivierten Team steht es außer Frage: Wir erreichen das Ziel!

Wir präsentieren daher mit Stolz die Ergebnisse unseres Kurses Informatik – die Suche nach dem optimalen Weg.

Personen

Alicia Ehrgeizig, motiviert und lustig sind Adjektive, die Alicia sehr gut beschreiben. Wenn es im Kurs eine Aufgabe zu lösen gibt, ist Alicia immer gleich mit Motivation dabei und hört nicht auf, bis sie diese bewältigt hat. Aber auch außerhalb des Kurses ist sie ehrgeizig, wie beispielsweise beim Lösen der Rätsel während der Exkursion. Doch das ist nicht die einzige Seite von Alicia. Sie ist auch immer für einen Spaß zu haben und gut gelaunt bei der Sache. Man kann sich außerdem wunderbar mit ihr unterhalten.

Amelie Rätseln und Rätselmachen, das sind seit dem Wandertag zwei von Amelies Begeisterungen während der Akademie, wobei sie genauso ehrgeizig ist wie im Kurs. Auch wenn mal die Motivation sinkt, macht sie immer noch mit ihrer Aufgabe weiter, was besonders hilfreich und nötig war, als

der Präsentationstag anstand. Reden kann man mit Amelie über alles und Spaß hat man dabei auch, da sie bei Quatsch und Späßen gerne mitmacht.

Dennis ist unser größter Kursteilnehmer und für jeden Spaß zu haben. Er arbeitet auch sehr motiviert mit. Von seinen Zauberwürfel-Künsten können wir uns alle noch etwas abgucken, aber er hat auch noch viele andere Talente, beispielsweise Volleyball und Tischtennis spielen. Er hat immer gute Laune und ist eine unkomplizierte Person.

Henriette ist jedem sofort sympathisch. Sie stürzt sich mit Freude in jede Unterhaltung. Auch wenn es keine gibt, stört sie das nicht sehr. So weiß man zu jeder Zeit ihre Meinung, was beim Programmieren und unseren anderen Aufgaben sehr von Vorteil war. In der Freizeit ist sie immer auf dem Volleyballfeld zu finden.

Julia Dass Julia ein toller Mensch ist, merkt man sofort. Nicht nur aufgeschlossen, motiviert, interessiert und immer gut drauf ist sie, sondern auch ein sehr kompetentes Mädchen in vielerlei Hinsicht. Mit ihr kann man viel Spaß haben, und ihre gute Laune ist stets ein wichtiger Bestandteil der Kursatmosphäre.

Lene ist bei Gruppenarbeiten nicht mehr wegzudenken, denn sie arbeitet immer fleißig mit und entdeckt jedes fehlende Semikolon sofort. Zwischendurch fand sie immer noch Zeit, um sich beim Golf auf dem Laufenden zu halten. Sie brachte uns ihre Interessen näher, sodass wir am Ende auch ein wenig vom Golfen verstanden.

Lennart ist immer bereit, anderen Kursteilnehmern zu helfen, wenn diese mal nicht weiterkommen. Wenn er trotzdem nichts zu tun hat, unterhält er seine Nebensitzer mit amüsanten Youtube-Videos. Außerhalb des Kurses spielt er gerne (und ziemlich gut) Tischtennis und nahm auch an der Musik-KüA teil, wo er mit seiner Querflöte das Ensemble bereicherte.

Mario Mit seinem nahezu unbegrenzten Informatikwissen ist Mario eine große Hilfe im Kurs. Aber auch wenn man einfach nur lachen oder rätseln will, ist Mario die richtige

Person, da er viele gute Rätsel und Witze kennt. Er ist immer gut und locker drauf. Mit dieser guten Laune kann er auch andere anstecken. Außerdem beeindruckte er alle mit seinen Poi-, Diabolo- und Jonglierkünsten, die er in der Zirkus-KüA anderen nahegebracht und am Abschlussabend präsentiert hat.

Natalie Mit ihrer lockeren und aufgeschlossenen Art ist Natalie nicht nur für jedes Gespräch zu haben, sondern bietet auch jederzeit ihre Hilfe an. Selbst bei schwierigeren Aufgaben ist Natalie nicht zu bremsen und zeigt großes Interesse und Durchhaltevermögen. Sie verpasst anderen gerne kunstvolle Flechtfrisuren, die immer sehr schön aussehen.

Patrick Seine sehr guten Kenntnisse der Möglichkeiten des Power-Point-Programmes konnte er bei unseren beiden Präsentationen anwenden, und er hat auch bei allen anderen Aufgaben immer den Durchblick. Außerhalb des Kurses ist er ein begeisterter Tischtennispieler, mit dem man gerne eine Partie spielt.

Stefani Mit ihrer unglaublichen Begeisterung für Mathematik bereichert sie den Kurs sehr. Außerdem ist Schrödingers Katze eines ihrer Lieblingsthemen. In jeder Präsentation versteckt sie irgendwo eine Katze. Auch zwischenmenschlich ist Stefani eine sehr offene und liebe Person. Braucht man einmal eine Aufmunterung oder eine kleine Umarmung, muss man gar nicht erst fragen, sondern wird von Stefani sofort fest gedrückt.

Wendelin Da er talentiert und ehrgeizig ist, fallen ihm viele Teile des Kurses sehr leicht. Mit seinen Programmierkenntnissen beeindruckt er uns alle. Wenn er mit seinen Aufgaben fertig ist, hilft er gerne anderen, für die es nicht so einfach ist. Durch seine zahlreichen und vor allem richtig guten Witze hat man oft etwas zu lachen, wodurch die Kursatmosphäre deutlich angehoben wird und er jedem gute Laune bringt. Beim Bergfest und beim Abschlussfest sorgte er als DJ mit coolen Liedern für Stimmung.

Bernhard hatte es schwer dieses Jahr: Er wurde wegen seiner Knieverletzung von uns selektiv geärgert :). Er ließ es sich trotz alledem nicht nehmen, uns nach Heidelberg zu begleiten, und auch seinen Humor hat er nicht verloren. Er versuchte, bei allen Spielen mitzuspielen, was sich beim „Kotzenden Känguru“ und bei „Amöbe“ wegen seiner Krücken überhaupt nicht einfach gestaltete. Zum Glück war er beim Dokumentationswochenende wieder genesen und konnte so ein entspanntes und ärgerfreies Wochenende erleben.

Michael hat immer ein paar lustige Geschichten und Anekdoten parat, mit denen er uns unsere Süßipausen noch amüsanter gestaltete, als sie es durch die lustigen Spiele ohnehin schon waren. Auf der Fahrt nach Heidelberg beschäftigte er uns mit interessanten zusätzlichen Aufgaben und Knobeleien, die sich natürlich nicht nur auf die Algorithmik begrenzten, sondern uns sogar einen kurzen Einblick in die Digitaltechnik boten, welche das Thema des letztjährigen Informatikkurses war. Außerdem buk er uns sehr leckere Laugenweckle.

Melina Unsere richtig coole und fachlich sehr kompetente Schülermentorin Melina unterstützte uns sehr beim Erlernen unserer Kursinhalte. Außerdem steuerte sie einige Spiele zu unseren Pausen bei. Sie versteht alle unsere Probleme und hat uns stets von Irrwegen abgebracht.

Einleitung

JULIA MÖHRLE

Unter unserem Kursthema „Algorithmik – Die Suche nach dem optimalen Weg“ konnten sich anfangs wahrscheinlich nur sehr wenige Genaueres vorstellen.

Doch bald wurde klar: Das Ziel des Kurses Informatik ist es, innerhalb von zwei Wochen die Software eines Navigationsgerätes zu verstehen und selbst programmieren zu können.

Um zu begreifen, wie so ein komplexes System funktioniert, mussten wir uns mit speziellen Algorithmen beschäftigen.



Bild: Pixabay, CC0

Zuerst schauten wir uns verschiedene Sortier- und Suchalgorithmen an, da diese die Grundlagen eines Navigationsalgorithmus darstellen. Parallel dazu lernten wir die Grundlagen der Programmiersprache C++ kennen, womit wir die einzelnen Algorithmen eigenständig programmieren und testen konnten.

Die ersten komplizierteren Algorithmen, mit denen wir uns befassten, konnten schon zwischen verschiedenen Knoten (Städten) den kürzesten Weg finden. Jedoch waren sie noch nicht sehr benutzerfreundlich und hatten eine lange Laufzeit. Schließlich arbeiteten wir uns zum A*-Algorithmus vor, mit dem ein modernes Navigationsgerät arbeitet. Durch das Ausschließen von irrelevanten Strecken entdeckt er den optimalen Weg deutlich schneller als andere Navigationsalgorithmen. Unsere letzte Herausforderung war es, den A*-Algorithmus auch selbst zu programmieren.

Wir haben uns sehr gefreut, als unser selbstgeschriebenes Programm funktionierte und man zwei beliebige Städte eingeben konnte und der Computer die optimale Route zwischen ihnen anzeigte.

Die Ausgabe des Programms sieht beispielsweise so aus:

Welche Stadt ist der Startpunkt? Stuttgart
 Welche Stadt ist der Zielpunkt? Hamburg
 Betrachte Stuttgart
 Besserer Weg von Stuttgart nach Adelsheim
 (575 statt 8417 km)

Besserer Weg von Stuttgart nach Konstanz
(656 statt 8590 km)

Besserer Weg von Stuttgart nach Freiburg (687
statt 8571 km)

Besserer Weg von Stuttgart nach Ulm (577
statt 8521 km)

Besserer Weg von Stuttgart nach Karlsruhe
(557 statt 8472 km)

Besserer Weg von Stuttgart nach Regensburg
(778 statt 8480 km)

Besserer Weg von Stuttgart nach Heidelberg
(600 statt 8428 km)

Besserer Weg von Stuttgart nach Nuernberg
(683 statt 8423 km)

Nun hat das Programm alle Wege aus Stuttgart raus betrachtet. Nicht wundern: Die Entfernungsangaben beziehen sich auf die bisher zurückgelegte Strecke seit Stuttgart *plus der Luftlinie zum Ziel Hamburg*. Alle Werte über 8000 km stellen den Wert „noch nicht berechnet“, also Unendlich dar.

Die Warteschlange ist nach geschätzter Entfernung zum Ziel sortiert:

Platz 1: Karlsruhe mit 557 km

Platz 2: Adelsheim mit 575 km

Platz 3: Ulm mit 577 km

Platz 4: Heidelberg ...

Das Programm fährt mit der nächstgelegenen Stadt fort. Das ist mit 557 km Karlsruhe.

Betrachte Karlsruhe

Besserer Weg von Karlsruhe nach Freiburg (683
statt 776 km)

Weg von Karlsruhe nach Stuttgart ist zu teuer
(622 statt 482 km)

Weg von Karlsruhe nach Heidelberg ist zu teuer
(600 statt 546 km)

Die Wegschätzung für Freiburg hat sich ein wenig verbessert, sodass Freiburg in der Warteschlange weiter aufrückt. Das Programm fährt natürlich trotzdem mit der nächstgelegenen Stadt fort. Das ist mit 575 km Adelsheim.

Betrachte Adelsheim

Weg von Adelsheim nach Stuttgart ist zu teuer
(603 statt 482 km)

Weg von Adelsheim nach Heidelberg ist zu
teuer (587 statt 546 km)

Weg von Adelsheim nach Nuernberg ist zu teuer
(685 statt 624 km)

Besserer Weg von Adelsheim nach Wuerzburg

(581 statt 8386 km)

...

Betrachte Berlin

Weg von Berlin nach Dresden ist zu teuer (1105
statt 971 km)

Weg von Berlin nach Magdeburg ist zu teuer
(1068 statt 694 km)

Weg von Berlin nach Lueneburg ist zu teuer
(1201 statt 751 km)

Besserer Weg von Berlin nach Rostock (1146
statt 8151 km)

Betrachte Lueneburg

Weg von Lueneburg nach Magdeburg ist zu
teuer (945 statt 694 km)

Weg von Lueneburg nach Berlin ist zu teuer
(1040 statt 912 km)

Weg von Lueneburg nach Hannover ist zu teuer
(877 statt 758 km)

Weg von Lueneburg nach Bremen ist zu teuer
(897 statt 833 km)

Besserer Weg von Lueneburg nach Hamburg
(813 statt 8000 km)

Besserer Weg von Lueneburg nach Rostock
(950 statt 1055 km)

Der kürzeste Weg ist:

Stuttgart

Adelsheim (93 km)

Wuerzburg (164 km)

Erfurt (357 km)

Magdeburg (514 km)

Lueneburg (708 km)

Hamburg

Gesamt: 770 km

Unnötige Wege wie beispielsweise die Strecke Ulm–München wurden durch den cleveren Algorithmus von vornherein ausgeschlossen. Somit gibt uns das Programm den optimalen Weg aus.

C++

WENDELIN VERSTAPPEN

Die Programmiersprache C++ ist neben Java eine der meistverwendeten objektorientierten Programmiersprachen. Ein Programm ist grundsätzlich folgendermaßen aufgebaut: Zu Beginn teilen wir dem Computer mit, welche Bibliotheken von Befehlen wir benutzen wollen. In unserem Fall ist das zunächst die Bibliothek

<iostream> für die Arbeit mit der Konsole. Das Programm startet mit der *main*-Methode. Hier steht der Code des Hauptprogramms. Das sieht dann so aus:

```
#include <iostream>
using namespace std;

int main(...){
    // Code von der Main
    //" bedeutet Kommentar
}
```

Unser erstes Programm bestand daraus, einen Text auf dem Bildschirm anzeigen zu lassen. Um dies zu erreichen, verwendeten wir den Befehl `cout` (console out). Die Zeichen nach den zwei spitzen Klammern (<<) sollen von der Konsole ausgegeben werden. Um einen Zeilenumbruch zu bewirken, können wir noch *endl* (end line) anhängen, also:

```
cout << "Ausgabertext" << endl;
```

Das Semikolon nach jedem Befehl darf nicht fehlen. Jetzt schreibt der Computer etwas in die Konsole.

Um die Eingabe, also die Informationen, die der Computer von dem Nutzer bekommt, aus der Konsole zu lesen, müssen wir zuerst eine *String*-Variable (Zeichenkette) erstellen:

```
string eingabe;
```

Am Anfang des Codes müssen wir dem Computer noch sagen, dass wir überhaupt Strings verwenden wollen. Das geht so:

```
#include <string>
```

Dann können wir mit `cin` (console in), spitzen Klammern (>>) und dem Namen der Stringvariable den eingegebenen Wert in die Zeichenkette „eingabe“ einlesen:

```
cin >> eingabe;
```

So sagen wir, dass etwas vom Nutzer über die Konsole in den Computer und dort in den Speicherplatz gelangt. Das, was wir in die Konsole

eingeben, wird also in der Textvariable „eingabe“ gespeichert.

Man kann aber auch andere Sachen in Variablen speichern, zum Beispiel Zahlen: Für ganze Zahlen schreiben wir folgendes. `int` steht für integer = ganze Zahl.

```
int zahl = 5;
```

Mit diesen Variablen kann man auch rechnen:

```
zahl = zahl + 3;
```

bedeutet zum Beispiel, dass zu dem aktuellen Wert der Variable `zahl` drei addiert werden, also hat sie jetzt den Wert acht. Das Gleiche geht auch mit Kommazahlen. *float* steht für floating point number = Gleitkommazahl:

```
float z = 3.8539;
```

Hierbei ist zu beachten, dass das Komma als Punkt geschrieben wird (englische Schreibweise).

Um komplexere Programme zu schreiben, braucht man Bedingungen. Dazu schreiben wir hinter ein `if` (= falls) die Bedingung in runden Klammern. Das könnte beispielsweise

```
if (zahl == 7)
```

sein, dann schreibt man den Code für eine wahre Bedingung in geschweifte Klammern dahinter. Der Code für eine unwahre Bedingung kommt noch hinter ein `else` ebenfalls in geschweiften Klammern. So sähe dann ein passendes Programm aus:

```
int zahl;
int z;
cin >> zahl;
cin >> z;
if (zahl == z){
    cout << "gleich" << endl;
} else {
    cout << "ungleich" << endl;
}
```

Zu beachten ist der Unterschied zwischen `=` und `==`. Ersteres Symbol bedeutet, dass man einer Variable einen neuen Wert zuschreibt und letzteres vergleicht zwei Werte.

Um Codesegmente zu wiederholen, gibt es das Konstrukt der Schleifen. Die `while`-Schleife wird solange ausgeführt, bis die Bedingung, die dahinter in Klammern steht, nicht mehr wahr ist. Also erzeugt

```
while (0 == 0)
```

eine Endlosschleife, da die Bedingung „0 ist 0“ immer wahr ist. Wenn eine Schleife eine festgelegte Anzahl an Wiederholungen durchlaufen werden soll, verwendet man am besten eine `for`-Schleife:

```
for (int zaehl = 1; zaehl <= 10; zaehl++){  
    cout << zaehl << endl;  
}
```

Hier bestimmen wir in den runden Klammern als erstes, mit welcher Variable wir arbeiten wollen, in diesem Fall erstellen wir dazu eine Variable „`zaehl`“, die als Zählvariable für die Anzahl der Schleifendurchläufe dient. Dann nennen wir die Bedingung, wie lange die Schleife ausgeführt werden soll und schlussendlich noch, was mit der Variable nach jedem Durchlauf passieren soll. Eine Kurzschreibweise für

```
zaehl = zaehl + 1
```

ist

```
zaehl++
```

Also gibt dieses Programm die Zahlen von 1 bis 10 aus.

BubbleSort und SelectionSort

MARIO FEIFEL

Bereits beim Einführungswochenende sammeln wir einige Ideen, wie wir eine ungeordnete Liste von Zahlen mittels eines Algorithmus sortieren könnten. Dabei wurden zwei Verfahren vorgeschlagen, die wir am Anfang der Akademie tatsächlich bearbeiteten. Diese sind der

SelectionSort und der *BubbleSort*. Da sie zwei relativ einfach zu programmierende Algorithmen sind, dienten sie uns als Einstieg in die Welt des Programmierens.

Der *SelectionSort* geht sehr simpel vor. In einer ungeordneten Liste von Zahlen geht er zuerst alle Zahlen durch und sucht dabei die mit dem kleinsten Wert. Die gefundene Zahl wird dann an die erste Stelle getauscht. Folglich steht die kleinste Zahl am Anfang und damit an der korrekten Stelle. Deshalb wird sie im weiteren Verlauf nicht weiter beachtet.

Stattdessen fährt der Algorithmus damit fort, die nun verbliebenen Zahlen durchzusehen, um wiederum die kleinste enthaltene Zahl zu finden. Diese wird jetzt an die zweite Stelle der Liste getauscht, hinter die kleinste Zahl aus dem vorhergehenden Durchlauf. Damit gilt auch die zweite Zahl als richtig einsortiert und wird nicht weiter beachtet. Der Algorithmus fährt letztendlich solange mit diesem Verfahren fort, bis jede Zahl an die richtige Stelle gesetzt wurde.

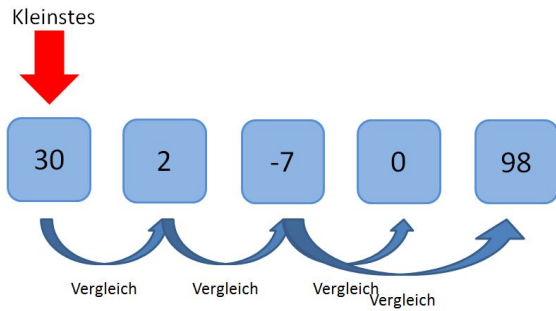
So sieht der Pseudocode für den *SelectionSort* aus (entnommen aus der deutschsprachigen Wikipedia):

prozedur *SelectionSort*

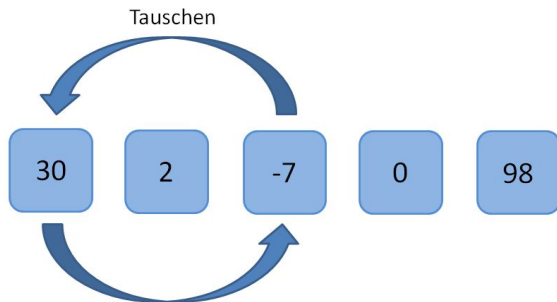
```
( A : Liste sortierbarer Elemente )  
  n = Laenge(A) - 1  
  links = 0  
  wiederhole  
    min = links  
    fuer jedes i von links+1 bis n wiederhole  
      falls A[i] < A[min] dann  
        min = i  
      ende falls  
    ende fuer  
    Vertausche A[min] und A[links]  
    links = links + 1  
  solange links < n  
prozedur ende
```

Im Gegensatz zum *SelectionSort* sucht der *BubbleSort* nicht eine bestimmte Zahl (die größte bzw. kleinste), sondern betrachtet zunächst lediglich die ersten beiden Werte der Liste.

Von diesen beiden tauscht er den größeren Wert an die hintere Stelle oder lässt ihn an seiner



SelectionSort: Suchen der kleinsten Zahl



SelectionSort: Tauschen mit der ersten Zahl

derzeitigen Position stehen, wenn die beiden Werte bereits richtig geordnet sind.

Danach betrachtet der Algorithmus den hinteren (größeren) Wert und dessen Nachfolger in der Liste. Hiervon wird ebenfalls wieder der größere Wert nach hinten getauscht und der Algorithmus rückt wieder eine Stelle weiter.

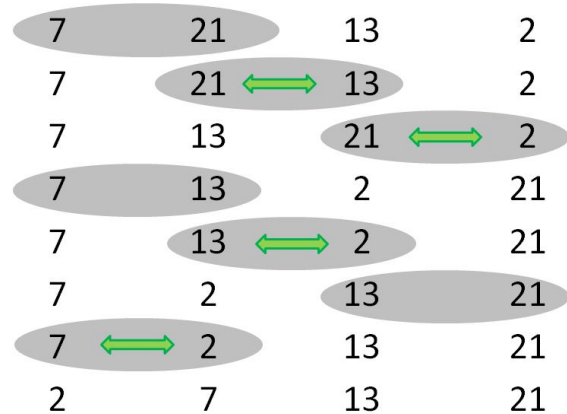
Nach einem kompletten Durchlauf steht nun die größte Zahl am Ende der Liste, da sie wie eine Blase (Bubble) von ihrer ursprünglichen Stelle in der Liste aufgestiegen ist. Daher kommt auch der Name „BubbleSort“.

Mit dem Rest der Zahlen wird ebenso verfahren, bis nach und nach die größten Blasen (Zahlen) nach hinten „aufgestiegen“ sind und die Liste in der richtigen Reihenfolge steht.

So sieht der Pseudocode für den BubbleSort aus (entnommen aus der englischsprachigen Wikipedia):

```
BubbleSort(Array A)
n = A.size
do{
  swapped = false
  for (i=0; i<n-1; ++i){
    if (A[i] > A[i+1]){
      A.swap(i, i+1)
      swapped = true
    }
  }
}
```

```
} // ende if
} // ende for
n = n-1
} while (swapped)
```



Die Funktionsweise des BubbleSort

Das Problem bei beiden Algorithmen ist, dass sie eine relativ lange Laufzeit haben. Da die Algorithmen bei n Zahlen alle vorhandenen Zahlen (n) durchgehen müssen, um eine einzige Stelle zu ordnen, müssen sie dies für jede Zahl in der Liste (n mal) machen. Daraus ergibt sich, dass der Algorithmus ungefähr n^2 Schritte durchführen muss, was bei einer großen Anzahl von Eingabewerten schnell zu einer „Laufzeitexplosion“ führt. Bei sehr großen Zahlenmengen ist eine Programmlaufzeit von einigen Jahrzehnten möglich!

Im besten Fall, also bei einer bereits sortierten Liste, muss der Algorithmus jedes Element der Liste nur ein Mal anschauen (also n mal). Er hat in diesem Spezialfall eine Laufzeit von n .

Die beiden hier beschriebenen Algorithmen kommen praktisch eher selten zum Einsatz, da es bereits wesentlich ausgereifere Sortierverfahren gibt, wie beispielsweise den Quicksort.

QuickSort

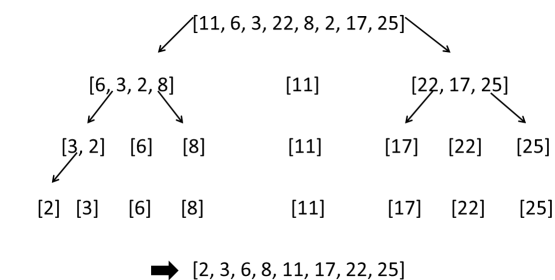
JULIA MÖHRLE

Der QuickSort gilt als einer der schnellsten Sortieralgorithmen der Welt und nutzt dabei das „Divide and Conquer“-Prinzip. Bei diesem Prinzip wird das eigentliche große Problem in kleinere Teilprobleme zerlegt, um diese leichter

lösen zu können. Anschließend werden die einzelnen Teillösungen zu einer Gesamtlösung für das Problem zusammengefasst.

Um zum Beispiel Zahlen in einer ungeordneten Liste zu sortieren, nimmt der QuickSort die an erster Stelle stehende Zahl und setzt diese im ersten Schritt als sogenanntes Pivot-Element in die Mitte. Danach sortiert er alle anderen Zahlen jeweils rechts oder links davon ein, rechts wenn sie größer sind, links wenn sie kleiner sind. Da wir nun drei einzelne Listen haben, wird aus den zwei äußeren jeweils die erste Zahl als neues Pivot-Element bestimmt. Um diese werden nun die anderen Zahlen der Liste, von der sie kommen, sortiert, während das schon benutzte und einsortierte Pivot-Element nicht mehr beachtet wird und an seiner Stelle bleibt. Der Algorithmus führt diesen Durchlauf immer weiter fort, bis nur noch eine Zahl in jeder Liste steht.

Ist dies erfolgreich abgeschlossen, werden die einzelnen Listen – also die Teillösungen – in der Reihenfolge, wie sie nun sortiert vorliegen, zu einer Liste aus sortierten Zahlen zusammengefasst. Der QuickSort halbiert die Zahlenketten in seiner speziellen Weise demnach so lange, bis jede einzeln als Pivot-Element an der richtigen Stelle vorliegt.



Ablauf eines QuickSort-Vorgangs

Der Algorithmus hat bei verschiedenen Fällen verschiedene Laufzeiten.

Wenn der Algorithmus die mittlere Zahl der sortierten Liste als Pivot-Element nimmt, dann ist das der optimale Fall. In diesem Fall hat der Algorithmus eine Laufzeit von $O(n \cdot \log n)$, wobei n die Anzahl der Eingabewerte ist.

Im durchschnittlichen Fall braucht der Algorithmus auch $O(n \cdot \log n)$ (siehe O-Notation).

Dieser Fall tritt auf, wenn der Algorithmus teilweise das optimale Pivot-Element wählt, aber teilweise ein ungünstiges Element.

Ungünstig ist es, wenn das Element in der sortierten Liste direkt vor oder nach dem neuen Pivot-Element steht. Es gibt auch einen schlimmsten Fall, in dem der Algorithmus eine Laufzeit von $O(n^2)$ hat. Dies tritt auf, wenn die komplette Liste schon sortiert ist. Denn dann muss der Algorithmus bei jeder Zahl überprüfen, ob es kleiner oder größer ist als das momentane Pivot-Element, obwohl die anderen Elemente, die noch nicht als Pivot-Element festgelegt sind, größer sind.

In C++ ist der QuickSort schon implementiert. Um ihn zu verwenden muss man nur folgende Struktur verwenden:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
```

Diese zwei Zeilen braucht man um den QuickSort in C++ verwenden zu können.

```
int values[] = { 40, 10, 100, 90, 20, 25 };
```

Damit erzeugt man eine Liste, die man später sortieren soll.

```
int compare (const void * a, const void * b)
{
    return ( *(int*)a - *(int*)b );
}
```

Die Funktion compare braucht man für den QuickSort als Vergleichsfunktion zweier Werte.

```
qsort (values, 6, sizeof(int), compare);
```

Damit sortiert man eine Liste mit dem QuickSort.

```
for (n=0; n<6; n++) {
    cout << values[n];
}
```

Damit gibt man die sortierte Liste aus.

O-Notation

LENNART RUHRMANN

Die O-Notation ist ein mathematisches Hilfsmittel, das uns die Möglichkeit gibt, die Laufzeiten verschiedener Algorithmen zu vergleichen. Daher kommt auch der Name O-Notation, O steht hierbei nämlich für Ordnung.

Die mathematische Definition der O-Notation lautet:

$$f \in \mathcal{O}(g) \Leftrightarrow \exists C > 0 \exists n_0 > 0 \forall n > n_0 : |f(n)| \leq C \cdot |g(n)|$$

Das bedeutet: Wenn $f \in \mathcal{O}(g)$, dann finden wir eine Konstante C sowie eine Untergrenze n_0 , ab der $f(n)$ immer kleiner oder gleich $C \cdot |g(n)|$ ist. Anders gesagt kann $f(n)$ für große Werte von n niemals stärker als $g(n)$ wachsen. Die Umkehrung gilt auch. Wenn wir eine entsprechende Konstante und eine Untergrenze finden, haben wir bewiesen, dass $f \in \mathcal{O}(g)$.

In einem Beispiel wollen wir zeigen, dass gilt: $f(n) = 3 \cdot n^3 - 5 \cdot n^2 + 6 \in \mathcal{O}(n^3)$

Dazu wählen wir beispielsweise folgende Werte: $C = 4$ und $n_0 = 1$. Es gilt: $f(2) = 3 \cdot 2^3 - 5 \cdot 2^2 + 6 \leq 4 \cdot 2^3 \Rightarrow 24 - 20 + 6 \leq 32 \Rightarrow 10 \leq 32$

Für $n > 2$ wird der Abstand noch größer, was wir aus Platzgründen in dieser Doku nicht beweisen. Auf jeden Fall ist damit gezeigt, dass $f \in \mathcal{O}(n^3)$

Um das Ganze zu vereinfachen, lässt sich die Operation so beschreiben, dass man in einer Funktion, beispielsweise $f(n) = 3 \cdot n^3 + 7n - 1$ den Summanden mit dem höchsten Exponenten sucht.

Folglich wäre die O-Notation dieser Funktion $\mathcal{O}(n^3)$, da 3 der höchste Exponent ist. Das lässt sich damit begründen, dass bei einer Eingabemenge, die gegen Unendlich geht, der Funktionswert ungefähr n^3 ergibt. Die weiteren Faktoren und Summanden $7n - 1$ können daher vernachlässigt werden.

Dieses Verfahren haben wir verwendet, um den Rechenaufwand (Laufzeit) unserer Sortieralgorithmen zu vergleichen.

Der Rechenaufwand des BubbleSorts sowie des SelectionSorts, befindet sich bei n Eingaben in der Größenordnung $\mathcal{O}(n^2)$, der Rechenaufwand des QuickSort jedoch in $\mathcal{O}(n \cdot \log n)$. Dies hat

zufolge, dass bei einer großen Anzahl von Eingabewerten die Laufzeiten von Bubble- und SelectionSort um ein Vielfaches größer sind, als die des QuickSort.

Eingabewerte	Bubblesort	Quicksort
1.000	1 s	1 s
10.000	100 s	14 s
1.000.000	11,5 Tage	33 Minuten
10 Mio.	4 Jahre	6,5 Stunden
100 Mio.	400 Jahre	3 Tage

Vergleich Bubblesort $\mathcal{O}(n^2)$, Quicksort $\mathcal{O}(n \cdot \log n)$

Man kann sofort erkennen, dass eine Laufzeit von 4 Jahren, wie sie beim BubbleSort schnell erreicht ist, überhaupt nicht praktikabel ist. Daher wird beim Sortieren von großen Listen hauptsächlich der QuickSort verwendet.

Graphen

HENRIETTE NEUSCHWANDER

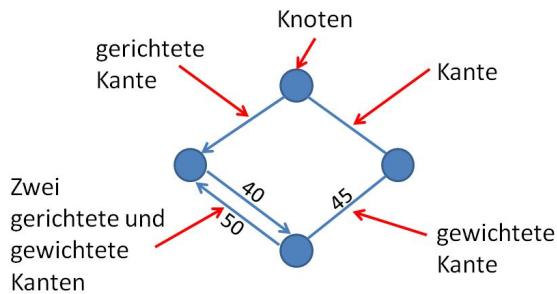
Um die Algorithmen, mit denen wir uns zum Erreichen unseres Kursziels befassten, besser verstehen zu können, wollten wir diese visualisieren. Dafür benötigten wir Graphen.

Graphen sind aus Knoten und Kanten bestehende Strukturen. Sie stellen die Beziehung zwischen den einzelnen Objekten (Knoten) mit Hilfe von Verbindungen (Kanten) dazwischen dar. Knoten werden durch Punkte bzw. Kreise dargestellt und können in unseren Visualisierungen beispielsweise für Städte oder Wegkreuzungen stehen. Kanten werden durch Pfeile oder Linien dargestellt und können beispielsweise Entfernungen oder Straßen repräsentieren. Es gibt gewichtete, gerichtete und gewichtet-gerichtete Kanten.

Als *gewichtete* Kanten werden Kanten bezeichnet, die mit einem Wert als Kantengewicht beziehungsweise Kosten versehen werden. Die Kosten stehen normalerweise direkt über oder unter den Pfeilen, die die Verbindung repräsentieren, zu der sie gehören. Kosten können in unserem Fall zum Beispiel für Treibstoffkosten, Mautgebühren, Zeit oder Entfernungen stehen. *Gerichtete* Kanten stehen für Verbindungen, die nur in eine Richtung bestehen, wie beispielsweise Einbahnstraßen. Statt der sonst üblichen

Linien werden sie durch Pfeile, die in die entsprechende Richtung zeigen, repräsentiert.

Gerichtete und gewichtete Kanten stehen für Verbindungen, die sowohl nur in eine Richtung bestehen, als auch ein Kantengewicht haben. Sie werden durch mit Werten beschriftete Pfeile dargestellt.



Visualisierung verschiedener Kantentypen

Planare Graphen sind Graphen, deren Knoten und Kanten so angeordnet sind, dass sich die Kanten beim Anordnen innerhalb einer Ebene nicht überlagern.

Einfache Graphen (auch simple Graphen) sind ungerichtet und besitzen weder Mehrfachkanten noch Schleifen.

In einem *Multigraphen* dürfen dagegen zwei Knoten auch durch mehrere Kanten verbunden sein und Schleifen existieren.

Als *Digraphen* (auch orientierte oder gerichtete Graphen) werden Graphen bezeichnet, bei denen die Kanten gerichtet sind.

Mithilfe der Graphen visualisierten wir den Großteil der von uns programmierten Algorithmen, was besonders zum guten Verständnis dieser während des Kurses wie auch in unserer Rotations- und Abschlusspräsentation beitrug.

Als Beispiel das *Traveling Salesman Problem* (TSP):

Das Problem besteht darin, den kürzesten Weg zwischen einer bestimmten Anzahl von Städten zu finden, wobei die Städte die Knoten und die Wege gewichtete Kanten sind. Die Schwierigkeit dabei ist, dass jede Stadt nur einmal besucht werden darf; bereits bei zehn Städten sind potenziell 1.814.400 verschiedene solcher Rundtouren möglich. Bei 15 Städten steigt die Zahl der Möglichkeiten bereits auf den ungeheuren Wert 653.837.184.000.

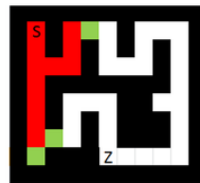
Breiten- und Tiefensuche

LENE SPERLING

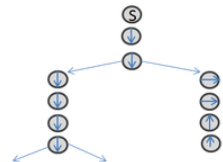
Die Breitensuche und die Tiefensuche sind zwei Suchalgorithmen, deren Ziel es ist, einen Knoten in einem Graphen zu finden.

Bei der *Breitensuche* ist der Graph in mehrere Ebenen unterteilt. Es wird jede Ebene nacheinander nach dem Zielknoten durchsucht. Er beginnt in der obersten Ebene und untersucht von links nach rechts alle Knoten, bis der Zielknoten gefunden wird. Falls dieser in der obersten Ebene nicht gefunden wird, wird die nächste Ebene mit dem selben Verfahren betrachtet. Wird der Zielknoten gefunden, so ist diese Lösung mit Sicherheit auch der kürzeste mögliche Weg. Dies wird sichergestellt, da der Algorithmus eine Ebene nach der anderen durchsucht und es somit keinen kürzeren Weg geben kann. Die Breitensuche wird verwendet, wenn es verschiedene Lösungswege gibt und man herausfinden muss, welcher der Schnellste ist. Ein Beispiel dafür ist ein Irrgarten, bei dem es mehrere Lösungswege gibt und der Kürzeste gefunden werden soll.

Irrgarten



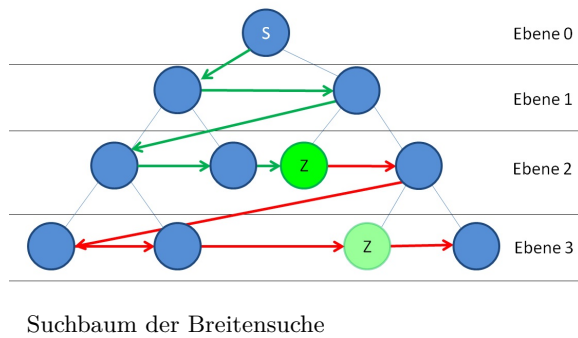
Baumdiagramm



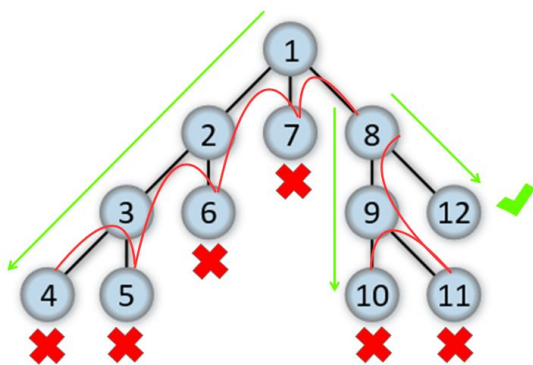
Irrgarten mit Baumdiagramm

Der Algorithmus probiert alle möglichen Wege gleichzeitig aus, indem er immer einen Schritt in alle möglichen Richtungen geht und überprüft, ob er schon am Ziel angekommen ist. Sobald er an eine Wand stößt oder sich der eingeschlagene Weg als Irrweg entpuppt, wird aufgehört, diesen Pfad weiterhin zu untersuchen. Sobald ein Weg am Ziel angekommen ist, stoppt der Algorithmus, da er den schnellsten Weg gefunden hat.

Die *Tiefensuche* versucht ebenfalls, einen Zielknoten zu finden. Allerdings ist der Graph hierbei nicht in Ebenen, sondern in Spalten



unterteilt. Der Algorithmus untersucht zu allererst den Weg ganz links bis zum am tiefsten liegenden Knoten. Sollte der Zielknoten nicht gefunden werden, so wird einen Schritt zurück gegangen und der weiter rechts liegende Pfad überprüft. Diese Schritte werden so lange wiederholt, bis der Zielknoten gefunden wird. Dies kann, wenn man Glück hat und der Zielknoten sich sehr weit links im Baum befindet, sehr schnell gehen. Liegt der Knoten weiter rechts im Baum, kann es aber auch sehr lange dauern. Wenn der Zielknoten gefunden ist, stoppt der Algorithmus. Das Problem hierbei ist, dass die gefundene Lösung nicht mit Sicherheit der schnellste Weg ist. Ein viel schnellerer Weg könnte sich rechts im Baum befinden. Da der Algorithmus aber vorher beendet wird, wird dieser nicht einmal angeschaut.



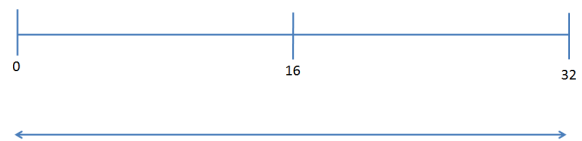
Binäre Suche

NATALIE RIEGGER

Bei der binären Suche starteten wir mit einem kleinen Zahlenratespiel, dessen Ziel es war, Michaels gedachte Zahl zwischen 1 und 1000

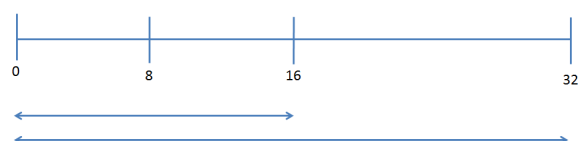
herauszufinden. Anfangs haben wir nur willkürlich Zahlen in den Raum geworfen. Wir merkten jedoch schnell, dass diese Strategie die Falsche ist. Wir erkannten, dass wir fragen müssen, ob seine Zahl größer oder kleiner als unsere ist, wie es auch bei der binären Suche passiert. Die binäre Suche findet ein Element in einer sortierten Liste. Dabei arbeitet sie, wie der Quicksort-Algorithmus, mit dem „Divide & Conquer“-Prinzip.

Wenn man eine Zahl in einer geordneten Liste sucht, überprüft man, ob die gesuchte Zahl größer oder kleiner als deren Mittelwert ist. Nun wird nur noch die Hälfte der Liste betrachtet, in der sich das gesuchte Element befindet. Die binäre Suche wird nun auf die neue, kleinere Liste angewendet. Durch dieses Verfahren wird bei jedem Schritt die Hälfte der Zahlen aussortiert. Das Verfahren wird so lange wiederholt, bis nur noch ein Element übrigbleibt. Ist dieses nicht das richtige, dann ist das gesuchte Element in der Liste nicht vorhanden.



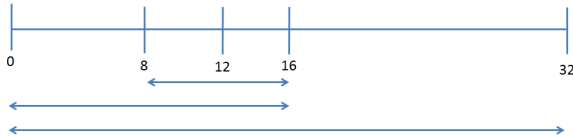
Das Prinzip der Binären Suche: Es befinden sich 32 Elemente in der Liste.

Beispiel: Die geordnete Liste besteht aus 32 nacheinanderfolgenden Zahlen. Die gesuchte Zahl ist 12. Dann würde der Computer zuerst fragen, ob die Zahl größer oder kleiner als 16, also der Hälfte von 32, ist. Da 12 kleiner als 16 ist, wird darauf die Frage folgen, ob die Zahl größer oder kleiner als 8 ist. Da 12 größer als 8 ist, wird als nächstes die Mitte im Intervall von 8 bis 16 genommen, also 12. Danach wird gefragt, ob die gesuchte Zahl größer oder kleiner als 12 ist. Da dies schon die gedachte Zahl ist, stoppt das Programm.



Das Prinzip der Binären Suche: Es befinden sich nur noch 16 Elemente in der Liste

Durch dieses Suchverfahren wird schnell Auskunft über das gesuchte Element und dessen Vorhandensein geliefert, ohne sich jedes einzelne Element anschauen zu müssen. Das Suchverfahren ist dann besonders lohnend, wenn sich eine große Menge an Zahlen in der Liste befindet. Bei einer Liste mit einer Million Zahlen müssen maximal zwanzig Suchvorgänge erfolgen ($1.000.000 < 2^{20}$).



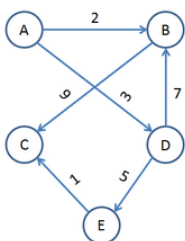
Das Prinzip der Binären Suche: Es befinden sich nur noch 8 Elemente in der Liste

Der Floyd-Warshall-Algorithmus

STEFANI ASENOVA

Mit dem Floyd-Warshall-Algorithmus, nach Robert Floyd und Stephen Warshall, lassen sich die kürzesten Wege zwischen allen Knoten in einem Graphen berechnen.

Zu Beginn werden die Knotengewichte, in unserem Fall die Distanz zweier Knoten, aus dem gegebenen Graphen abgelesen und in eine Matrix übertragen. Da die Länge des Weges, beziehungsweise das Gewicht der Kante, von einem Knoten zu sich selbst immer Null beträgt, wird in das entsprechende Feld eine 0 eingetragen.

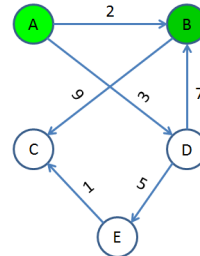


/	A	B	C	D	E
A	0	2	inf	3	inf
B	inf	0	9	inf	inf
C	inf	inf	0	inf	inf
D	inf	7	inf	0	5
E	inf	inf	1	inf	0

Das Prinzip des Floyd-Warshall-Algorithmus und dessen Visualisierung

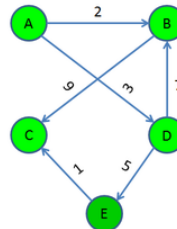
Danach werden die Distanzen zwischen den direkten Nachbarknoten hinzugefügt. Sind zwei Knoten keine direkte Nachbarn, so wird in das Feld „Unendlich“, also *inf* für „infinite“ geschrieben. Nachdem diese Schritte für direkte Kanten zwischen allen Knoten gemacht wur-

den, kann der eigentliche Algorithmus beginnen. Anfangs wird der erste Knoten, im Bild Knoten B, „freigegeben“. Es wird geprüft, ob Knoten B als Brückenknoten zwischen zwei anderen Knoten genutzt werden kann. In diesem Fall zwischen Knoten A und Knoten C.



/	A	B	C	D	E
A	0	2	11	3	inf
B	inf	0	9	inf	inf
C	inf	inf	0	inf	inf
D	inf	7	16	0	5
E	inf	inf	1	inf	0

Floyd-Warshall-Algorithmus nach dem zweiten Schritt



/	A	B	C	D	E
A	0	2	9	3	8
B	inf	0	9	inf	inf
C	inf	inf	0	inf	inf
D	inf	7	6	0	5
E	inf	inf	1	inf	0

Vollständig ausgeführter Floyd-Warshall-Algorithmus

Damit dies der Fall ist, müssen zwei Bedingungen erfüllt sein:

1. Es müssen gerichtete Kanten an Knoten B ankommen und davon abzweigen.
2. Die Distanz von Knoten A nach Knoten C über Knoten B muss kleiner sein, als die direkte Distanz von Knoten A nach Knoten C.

Da es bisher keine direkte Verbindung gibt und somit „Unendlich“ in der Matrix steht, ist der Umweg über B kürzer. Wenn beide Bedingungen erfüllt sind, wird die Entfernung zwischen Knoten A und C überschrieben. Es werden nacheinander alle Knoten des Graphen „freigegeben“, bis es keine mehr gibt.

Den Floyd-Warshall Algorithmus haben wir auch selbst programmiert. Er wird allerdings in modernen Navigationsgeräten nicht genutzt, da er eine sehr lange Laufzeit hat ($O(n^3)$). Bei 10.000 Städten hätten wir eine Rechenzeit von mehreren Tagen.

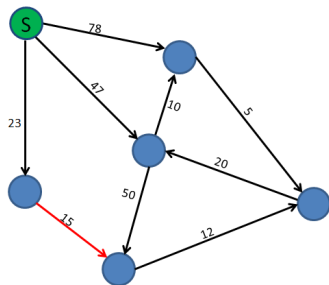
Der Bellman-Ford-Algorithmus

DENNIS RUDIK

Der Bellman-Ford-Algorithmus ist ein Suchalgorithmus von Richard Bellman und Lester Ford, der die kürzesten Distanzen von einem Startknoten zu allen anderen Knoten berechnet.

Dabei geht der Algorithmus nacheinander alle Kanten ab. Wenn er einmal alle Kanten untersucht hat, beginnt er wieder damit, die Kanten in der gleichen Reihenfolge zu untersuchen.

Beim ersten Durchgang kommt man an die Knoten, die nur eine Kante vom Startknoten entfernt sind. Nach dem zweiten Durchgang kommt man an die Knoten, die maximal zwei Kanten vom Startpunkt entfernt sind.



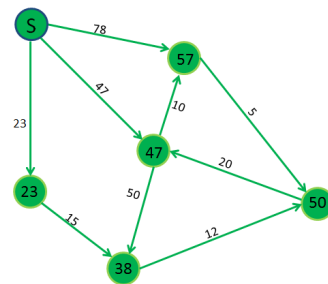
Erste Kante im ersten Durchgang

Am Anfang sind die Werte aller Knoten auf Infinite, also Unendlich, gesetzt. Wenn nämlich ein Knoten nicht zu erreichen ist, sind die Kosten, die man aufbringen muss um ihn zu erreichen unendlich. Beim Überprüfen einer Kante wird untersucht, ob die Summe der Kosten der aktuellen Kante und ihres Ausgangsknotens geringer ist als die momentanen Kosten des Knotens, zu dem die Kante führt. Wenn ja, dann wird der alte Wert überschrieben. Der Algorithmus wird solange wiederholt, bis sich die Kosten keines Knotens mehr ändern.

Wenn man von einem Knoten zu einem anderen kommt und man dabei n Knoten besucht, geht man über $n - 1$ Kanten. Falls man einen Knoten nur über alle anderen Knoten erreicht, muss man die Kanten $n - 1$ mal durchgehen. Deshalb sind maximal $n - 1$ Durchgänge nötig, um alle Knoten zu erreichen. Da es schwer zu erkennen ist, ob ein Knoten nur über alle

anderen erreicht werden kann, muss der Algorithmus $n - 1$ Wiederholungen machen, damit er ganz sicher alle Möglichkeiten ausprobiert hat.

Der Algorithmus läuft in $O(n * m)$ wobei n die Anzahl der Knoten ist und m die Anzahl der Kanten. Wenn man von jedem Knoten zu jedem anderen Knoten eines Graphen die kürzesten Wege berechnen will, läuft der Algorithmus in $O(n^2 * m)$, da er dann n -mal durchgeführt werden muss.



Letzter Schritt im letzten Durchgang

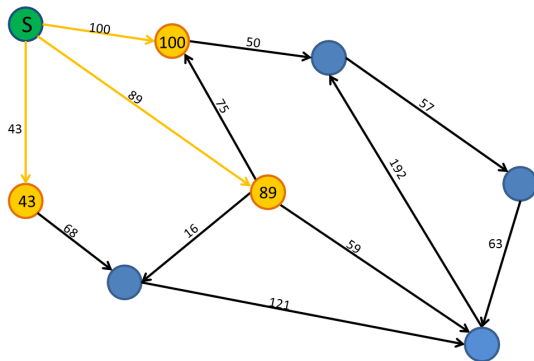
Eine Besonderheit des Bellman-Ford-Algorithmus ist, dass er auch mit negativen Gewichten auf den Kanten umgehen kann. Kreisläufe negativen Gewichtes, die vom Startknoten aus erreichbar sind, führen zu ständig günstiger werdenden Kosten. Daher müssen sie ausgeschlossen werden, denn andernfalls könnten sie beliebig oft durchlaufen werden. Es gäbe folglich überhaupt keinen Weg geringsten Gewichtes. Deshalb muss der Algorithmus Kreisläufe negativen Gewichtes erkennen und ausschließen.

Der Dijkstra-Algorithmus

AMELIE AMANN

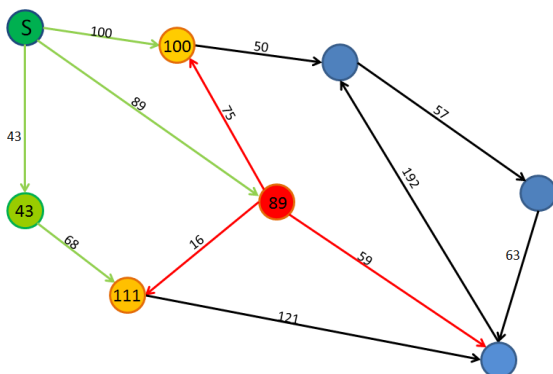
Der Dijkstra-Algorithmus ermittelt, wie der Bellman-Ford, die kürzesten Distanzen von einem ausgewählten Startknoten zu allen anderen Knoten. Dazu beginnt er beim Startknoten, der in eine Warteliste eingefügt wird und dessen Distanz zu sich selbst auf „0“ gesetzt wird. Danach wird der Startknoten wieder aus der Warteliste entnommen, da er nun besucht wurde. Die Gewichte, in unserem Fall die Distanzen, zu allen anderen Knoten werden anfangs

auf „Unendlich“ gesetzt. Nach dem Startknoten betrachtet der Algorithmus alle Knoten, die eine direkte Verbindung zu ihm besitzen. Diese werden daraufhin auch in die Warteliste eingefügt. Er beginnt mit dem Knoten, dessen Distanz zum Startknoten am kürzesten ist. Der vorherige Wert „Unendlich“ wird mit der Distanz vom Startknoten zum aktuellen Knoten überschrieben.



Erster Schritt des Algorithmus

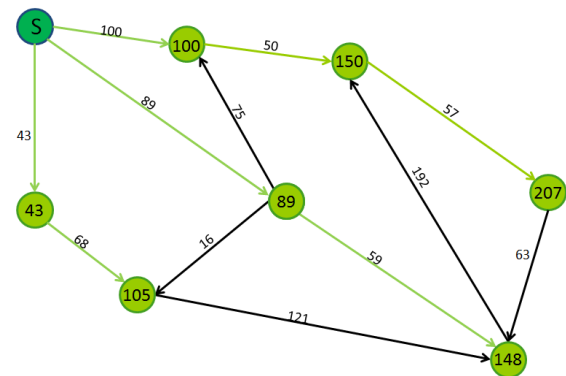
Danach schaut sich der Algorithmus auch beim dem soeben betrachteten Knoten die angrenzenden Knoten an und fügt diese in die Warteliste ein. Es werden alle Kanten, ausgehend vom aktuellen Knoten betrachtet. Die folgenden Knoten erhalten den Wert des Gewichtes der verbindenden Kante addiert und mit dem Gewicht des aktuellen Knotens. Der aktuelle Knoten wird jetzt aus der Warteliste entnommen, da er nun besucht und bearbeitet wurde.



Dritter Schritt des Algorithmus

Daraufhin werden alle ermittelten Streckenlängen verglichen und die insgesamt kürzeste Strecke gewählt, um den beschriebenen Vorgang zu wiederholen. Wenn dabei eine Strecke

entdeckt wird, über die der Weg vom Startknoten zu einem anderen Knoten kürzer ist als der bisherige, wird die alte Route und die entsprechende Länge dieser Route durch die kürzere neue Route überschrieben. Der Algorithmus geht so lange alle möglichen Wege durch, bis es keine noch nicht besuchten Knoten mehr gibt, sich also keine Knoten mehr in der Warteliste befinden. Damit wurden die kürzesten Strecken zu allen Knoten gefunden.



Fertig durchlaufener Dijkstra-Algorithmus

Pseudocode des Dijkstra-Algorithmus:

```
Funktion Dijkstra(Graph, Startknoten):
    initialisiere(Graph, Startknoten, abstand[],
                  vorgaenger[], Q)
```

```
// Der eigentliche Algorithmus
```

```
solange Q nicht leer:
```

```
    u := Knoten in Q mit kleinstem Wert
        in abstand[]
```

```
// fuer u ist der kuerzeste Weg nun
    bestimmt
    entferne u aus Q
```

```
fuer jeden Nachbarn v von u:
    falls v in Q:
```

```
        // pruefe Abstand vom
        // Startknoten zu v'
        distanz_update(u, v, abstand[],
                       vorgaenger[])
```

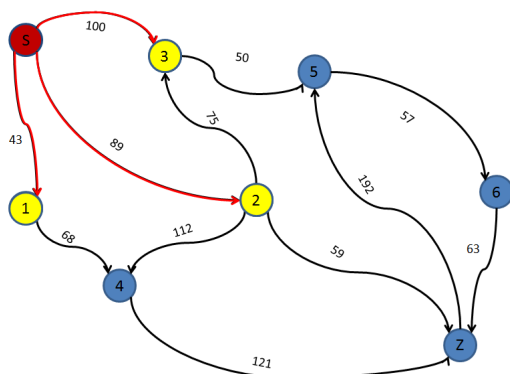
```
return vorgaenger[]
```

Der A*-Algorithmus

ALICIA APPELHAGEN

Der A*-Algorithmus (gesprochen „A-Stern-Algorithmus“) ist eine Variante des Dijkstra-Algorithmus. Die Funktionsweise des A*-Algorithmus ist der des Dijkstra-Algorithmus ähnlich. Der große Unterschied ist, dass beim Dijkstra-Algorithmus der aktuell kürzeste Weg bis zu dem im Moment betrachteten Knoten angeschaut wird. Beim A* hingegen werden mittels einer Schätzung irrelevante Wege ausgeschlossen. Das sind beispielsweise Wege, die in die falsche Richtung gehen.

Der A*-Algorithmus verwendet zur Entscheidung, welchen Knoten er als Nächstes besucht – wie der Dijkstra-Algorithmus – die Entfernung zum Startknoten, zusätzlich aber auch eine optimistisch geschätzte Entfernung jedes Knotens zum Ziel. Diese optimistische Schätzung nennt man Heuristik. Mit ihr können viele Knoten ausgeschlossen werden, die zwar nah beim Start liegen, sich jedoch nicht dem Ziel nähern, sondern entfernen. Für die Richtigkeit der Ergebnisse des A*-Algorithmus ist wichtig, dass die geschätzte Strecke zum Ziel die tatsächliche Entfernung nie überschreitet. Wäre dies nämlich der Fall, würden eventuell Knoten fälschlicherweise ausgeschlossen. Als Schätzung bietet sich in der Navigation die Luftlinie eines Knoten zum Ziel an.

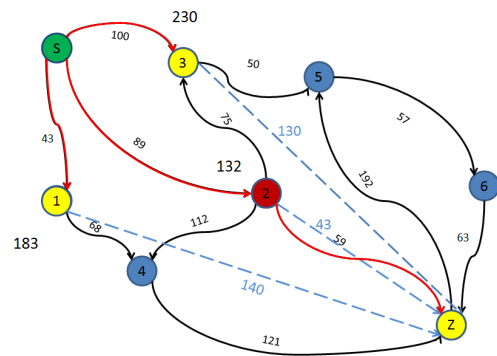


A*-Algorithmus: Entfernung zum Startknoten

Die Funktionsweise des Algorithmus besteht darin, dass zunächst alle direkt erreichbaren Nachbarknoten des Startknotens auf eine Warteliste gesetzt werden. Dann wird die Luftlinie

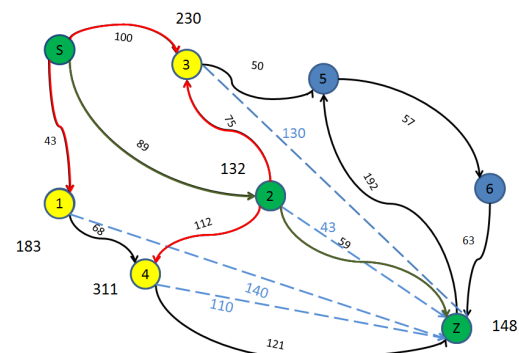
von jedem dieser Knoten zum Zielknoten ermittelt.

Die Summe der tatsächlichen Entfernung eines Knotens zum Start und seiner Luftlinie zum Ziel ergibt den sogenannten f-Wert, welcher ausschlaggebend ist für das weitere Vorgehen des Algorithmus. Denn in der Warteliste wird der Knoten nach vorn gesetzt und somit als nächstes bearbeitet, der den geringsten f-Wert hat. Bearbeiten bedeutet, dass nun auch die f-Werte der Nachbarn des aktuellen Knoten bestimmt werden. Dann wird wieder der Knoten mit dem kleinsten f-Wert bearbeitet.



A*-Algorithmus: Neue f-Werte

Dieser Vorgang wird wiederholt, bis entweder der Zielknoten auf die Warteliste gesetzt und wieder entnommen wurde oder die Warteschlange leer ist, wobei der Zielknoten nicht erreicht wurde. In letzterem Fall gibt es keinen Weg zum Ziel.



A*-Algorithmus: Zweiter Durchlauf – der Weg zum Ziel ist sichtbar

Exkursion

PATRICK NG

Für unseren Kursausflug trafen wir uns am Montag, den 5.9.2016 um 08:05 Uhr vor dem Eckenberg-Gymnasium. Als wir vollzählig waren, machten wir erstmal ein bisschen Frühsport, da wir mit schnellem Tempo zum Bahnhof laufen mussten, von wo aus wir den Zug nach Heidelberg nahmen. Nachdem wir einmal umgestiegen waren, kamen wir um 10:00 Uhr am Heidelberger Hauptbahnhof an. Anschließend gingen wir zu dem nahe am Bahnhof gelegenen McDonald's, da wir noch etwas Zeit bis zu unserem Termin hatten. Dort aßen wir gemeinsam ein zweites Frühstück und nutzten die Zeit, um Michaels Rätsel zu lösen. Nachdem wir alle etwas Warmes gegessen hatten, machten wir uns mit Bus und S-Bahn auf den Weg zum Institut für Software Engineering.

Dort hatten wir um 11:30 Uhr einen Workshop zum Thema „Prinzipien und Techniken für saubereren Code“, geleitet von Herrn Seiler und Frau Prof. Paech. Zu Beginn lernten wir, welche Vorteile sauberer Code mit sich bringt. Man behält dadurch einen besseren Überblick und der Programmcode wird auch für Außenstehende verständlich. Desweiteren wurde uns gezeigt auf welche häufigen Fehlerquellen wir besonders achten sollen. Oft haben Zeitdruck und Desinteresse einen negativen Einfluss auf die Qualität des Programms.

Anschließend diskutierten wir darüber, was sauberer Code für uns ist und welche Merkmale er auch aus Sicht bekannter Programmierer hat. Aus der Sicht von Bjarne Stroustrup – dem Erfinder von C++ – macht sauberen Code aus, dass er eine geradlinige Logik hat und seine Aufgabe gut erfüllt. Danach erfuhren wir etwas über die allgemeinen Regeln, wie man am besten seinen Code für andere Programmierer lesbar und nachvollziehbar machen kann, was in der Informatik sehr wichtig ist. Dies kann man zum Beispiel mit dem Schreiben von Kommentaren erreichen. Wenn man Code verbessert, gibt es verschiedene Dinge zu beachten, wie etwa die Verbesserung von Variablennamen, Zerlegung von zu großen Operationen und Eliminierung von doppeltem und nicht verwendeten Code.

Um dies alles auch an unseren selbstgeschriebenen Programmen anwenden zu können, wurde uns das Programm „Codeblocks IDE“ nähergebracht, das uns dabei hilft, unseren Code besser zu strukturieren und unnötigen Code zu eliminieren. Im Anschluss lernten wir noch ein paar Regeln zum Benennen von Variablen, Schreiben von Kommentaren, Formatierung von Programmen und zur Fehlerbehandlung.

Nachdem wir alles einmal selbst ausprobiert hatten, ging der sehr informative Workshop um 14:30 Uhr zu Ende. Da wir noch Zeit hatten, bis unser Zug kam, verbrachten wir noch alle zusammen etwas Zeit in der Innenstadt, wo wir Eis aßen und noch eine Kleinigkeit vom Bäcker kauften. Danach machten wir uns pünktlich um 15:20 Uhr auf den Rückweg und kamen dann rechtzeitig zum Abendessen gegen 18:30 Uhr wieder am Eckenberg-Gymnasium an.

Unser Dank für den tollen Tag gilt dem ISE, besonders Herrn Seiler und Frau Prof. Paech, die uns den Besuch eines informativen und interessanten Vortrags ermöglicht haben.

Anmerkung der Kursleiter: Vielen Dank an das ISE für die tolle Gelegenheit!

P.S.: Die redaktionelle Verantwortung für die Schleichwerbung (Fastfood-Unternehmen) verbleibt bei unseren Kursteilnehmern.

... zum Schluss

- Unser Schlachtruf:
`cout << "Wir sind laut!";`
`cin >> "Der Sieg ist drin!";`
- „Ich sag' gar nix mehr!“ (Henriette)
- „Wenn man eine Katze in die Luft wirft, landet sie immer auf dem Boden.“ (Michael)
- „Ich finde das so kompliziert mit den Namen von den ganzen Begriffen.“ (Lennart)
- „Diikstra, Deikstra, Däikstra, Daikstra“
- „Hopp, Hopp!“
- *Bernhard hinkt mit seinen Krücken hinterher:* „Düs, Düs, Düs“
- „Amöbe, Amöbe!“ (Mario)
- „Das heißt nicht Labyrinth, sondern Irrgarten!“ (Lennart)
- *Stefi dreht Stuhl im Kreis:* „Ich bin DJ!“

Kurs 5: Mit dem Fahrrad die Physik er-fahren



Unser Kurs

Anne behielt stets den Überblick. Sie sah immer das Positive in den Messfehlern und ließ den Kopf nie hängen. Als Sportass war sie beim Sportfest ein essentieller Bestandteil des Kurses und animierte uns zu Höchstleistungen.

Carla schaffte es immer, Bewegung in die Gespräche zu bringen. Ihre zahlreichen Ideen teilte sie sehr gerne mit den anderen Kursteilnehmern. Selbst von Problemen beim Auswerten von Messungen ließ sie sich nicht unterkriegen und war immer mit Elan dabei.

Jonas stellte sich als Allrounder heraus, egal ob beim Liegeradfahren oder beim Auswerten der Messungen. Jonas war der Experimentprofi, er arbeitete immer exakt nach Planung. Er meckerte nicht, sondern kritisierte sachlich.

Julio übernahm meistens federführend die Rolle des Versuchskaninchens. Auch bei der Analyse war er nicht wegzudenken, und von seinem sportlichen Talent profitierte der gesamte Kurs.

Kevin, unser „Captain Kev“, lockerte die Atmosphäre im Kurs durch seine lustige Art auf und übertrug seine gute Laune auf den gesamten Kurs. Beim Sportfest nahm er das Zepter in die Hand und zeigte Verantwortung als Kapitän.

Naila stand jedem mit ihrer hilfsbereiten Art zur Seite. Nach ihrem kleinen Unfall war sie, nicht ganz freiwillig, unzertrennbar mit ihren Krücken verbunden und umso mehr für jeden Spaß zu haben.

Martin war stets charmant und hatte immer einen passenden Spruch auf Lager. Besonders zeichnete er sich für sein Interesse am

selbstgebauten E-Bike und an sportlichen Aktivitäten aus.

Silas, der Fahrradexperte, zeigte nicht nur im Kurs, sondern auch bei der Theater-KüA als Hauptrolle viel Engagement und war immer mit Freude am Arbeiten. Als einziger Akademieteilnehmer nahm er das Kursthema besonders ernst und reiste die 140 km mit dem Fahrrad an.

Thaddäus, unser Organisator. Er regelte die Gruppenarbeit erstklassig und war in der Planung der Versuche immer einen Schritt voraus. Mit seiner unermüdlich positiven Art war er eine Stütze für den gesamten Kurs.

Tim Je, auch Karl-Heinz Müller-Meyer genannt, glänzte durch seine hilfsbereite Ader. Er hatte immer eine Lösung für Computerprobleme. Der Perfektionist war im Physikurs herzlich willkommen. Um es kurz zu fassen: Aktiv – Innovativ – Lebensfroh.

Tim Ju, der Profi für alle technischen Dinge. Mit seinem enormen Fachwissen verhalf er oftmals zu den Lösungswegen der Probleme und beschäftigte sich liebend gern mit PowerPoint-Animationen.

Rebecca motivierte uns mit ihrer lustigen Art bei unseren Versuchen und sorgte stets für gute Laune. Sie war für jeden Spaß zu haben, und mit ihrer offenen und lebenswerten Art stärkte sie den Zusammenhalt der Gruppe.

Jenny war die beste Schülermentorin, die es je gab. Sie war unsere persönliche Paparazza und sorgte für eine tolle Atmosphäre. Außerdem hatte sie immer ein offenes Ohr und stand uns mit ihrer liebevollen Art zur Seite.

Nico war voller Begeisterung für unsere Zwei- und Dreiräder und übertrug diese auf den ganzen Kurs. Nebenbei versuchte er sich zu klonen, um immer alle Probleme gleichzeitig lösen zu können.

Jochen, das Lexikon auf zwei Beinen. Er übermittelte uns sein enormes Fachwissen mit viel Freude. Mit Spaß erklärte er uns die Theorie und behielt immer den Gesamtüberblick.

Theorie

CARLA SCHNEIDER, TIM JUNGINGER

Fahrradfahren – das kann doch jeder. Aber warum kippen wir nicht um, oder wie fährt man am effizientesten? Wenn man genau hinschaut, wirken viele Kräfte. Doch wo ist physikalisch gesehen der genaue Unterschied beim Bremsen, Beschleunigen oder Kurvenfahren, und was ist überhaupt Kraft? Wie man sieht, kann man ohne Theorie nicht richtig forschen. Deshalb begannen wir bereits am Eröffnungswochenende damit, sodass wir dann im Sommer unsere Versuche auch verstehen konnten.

Unsere wichtigste Formel

Kraft ist die Ursache einer Bewegungsänderung, das bedeutet: Der Impuls eines Körpers muss sich ändern. Bei konstant bleibender Masse bedeutet dies, die Geschwindigkeit muss sich ändern. Und damit ergibt sich die Newtonsche Definition von Masse mal Beschleunigung.

$$F = \dot{p} = (\dot{m} \cdot v) = m \cdot \dot{v} = m \cdot a$$

(bei $m = \text{konst.}$)

Da beim Fahrradfahren viele Kräfte wirken, war diese Formel unser ständiger Begleiter. Doch um sie überhaupt begreifen zu können, musste zuerst die Differentialrechnung eingeführt werden.

Differentialrechnung

Die Differentialrechnung reicht tief in die Geschichte der Naturwissenschaften zurück. Bereits ab dem 17. Jahrhundert beschäftigte man sich mit dem sogenannten Tangentenproblem, eine Tangente durch ihre Sekante anzunähern. Während Gottfried Wilhelm Leibniz (1646–1716) das Problem geometrisch anging, suchte Isaac Newton (1642–1726) einen physikalischen Zugang über die Momentangeschwindigkeit. Heutzutage gelten beide Methoden als unabhängige Entwicklungen, wobei die Leibniz-Methode sich mit einer eleganteren Schreibweise durchsetzte. Letztendlich beschreibt die Differentialrechnung das Änderungsverhalten einer Größe in Abhängigkeit von einer anderen.

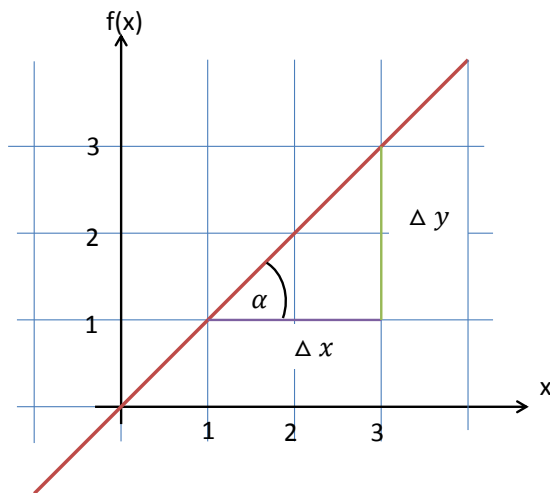


Schaubild einer linearen Funktion

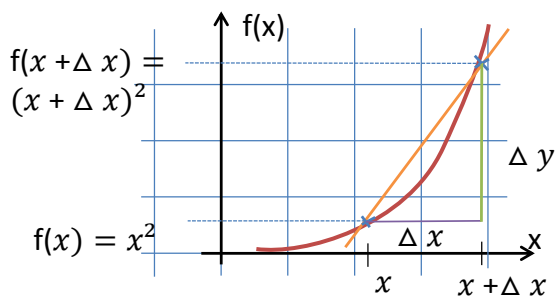


Schaubild einer quadratischen Funktion

Mit der Differentialrechnung ist auch die Ableitung eng verbunden, welche z. B. im Weiteren bei Beschleunigungsversuchen eine Rolle spielt. Die Steigung einer linearen Funktion $y = mx + c$ ist konstant. Die Steigung m lässt sich auch beschreiben als $\tan \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$, was gut zu erkennen ist, wenn man ein Steigungsdreieck an die Gerade zeichnet.

Doch wie machen wir das mit der Parabel, dem Schaubild der quadratischen Funktion mit dem Term $f(x) = ax^2$?

Denn hier ist die Steigung nicht konstant, sondern von der Stelle x abhängig. Um das zu berechnen, ist die Differentialrechnung nötig. Kurz gesagt bestimmen wir mit ihrer Hilfe die Steigung der Tangente an der Parabel an der jeweiligen Stelle x . Dafür legt man zunächst eine Sekante (lat. secare = schneiden) durch den Graphen, den sie zweimal schneidet. Die

Steigung der Sekante ist:

$$m_s = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x} \quad (1)$$

Lässt man Δx gegen null gehen, folgt Δy dementsprechend, d. h. die beiden Sekanten-Schnittpunkte werden zu einem Tangenten-Berührungspunkt (lat. tangere = berühren). Doch wenn man das nun in der Gleichung betrachtet, taucht ein Problem auf: Es ist nicht erlaubt, durch 0 zu dividieren!

Setzt man $f(x) = a \cdot x^2$ in (1) ein, erhält man:

$$m_s = \frac{a \cdot (x + \Delta x)^2 - a \cdot x^2}{\Delta x} \quad (2)$$

Es folgt

$$m_s = \frac{a \cdot (x^2 + 2x \cdot \Delta x + \Delta x^2 - x^2)}{\Delta x}$$

und

$$m_s = \frac{a \cdot \Delta x (2x + \Delta x)}{\Delta x},$$

jetzt lässt sich Δx noch wegekürzen, sodass sich

$$m_s = a \cdot (2x + \Delta x)$$

ergibt.

Jetzt lässt man Δx gegen null gehen. Mathematisch schreibt man:

$$m_t(x) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} a \cdot (2x + \Delta x) = 2a \cdot x.$$

Zu der Ausgangsfunktion $f(x) = ax^2$ hat man nun eine neue Funktion gefunden, die die Steigung an der Stelle x beschreibt. Dies ist die 1. Ableitung:

$$f'(x) = 2a \cdot x$$

Die 2. Ableitung, die die Steigung von f' beschreibt, ist dann

$$f''(x) = 2a.$$

Anwendung

Ein anschauliches Beispiel aus dem Alltag ist die Durchschnittsgeschwindigkeit, denn diese

wird aus augenblicklichen Momentgeschwindigkeiten und der Dauer errechnet.

Hier ein Beispiel der Differentialrechnung auf Bewegungsvorgänge. Die Legende ist im Folgenden aufgeführt: s ist die Strecke (in m), a die Beschleunigung (in m/s^2), t die Zeit (in s), v_0 die Anfangsgeschwindigkeit (in m/s) und s_0 der Anfangsweg (in m).

$$s(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_0 \cdot t + s_0$$

(Weg-Zeit-Gesetz)

$$\dot{s}(t) = v(t) = a \cdot t + v_0$$

(Geschwindigkeit-Zeit-Gesetz)

$$\dot{s}(t) = \dot{v}(t) = a(t) = a \quad (a \text{ konstant})$$

(Beschleunigung-Zeit-Gesetz).

Fährt man nun aus dem Stillstand und ohne Anfangsweg los, so vereinfacht sich die Formel auf $v = a \cdot t$

Energie

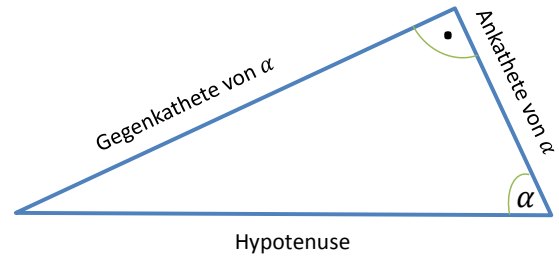
Die allgemeine Energie wird mit $W = F \cdot s$ in Joule angegeben. Die Leistung ist definiert als Energie pro bestimmte Zeiteinheit, was in Formelsprache folgendermaßen aussieht: $P = \frac{W}{t}$. Die Lageenergie, welche fachsprachlich potentielle Energie heißt, setzt sich zusammen aus:

$$W_{\text{pot.}} = m \cdot g \cdot h.$$

Die kinetische Energie, auch Bewegungsenergie genannt, lässt sich mit folgender Formel bestimmen:

$$W_{\text{kin.}} = \frac{1}{2}m \cdot v^2.$$

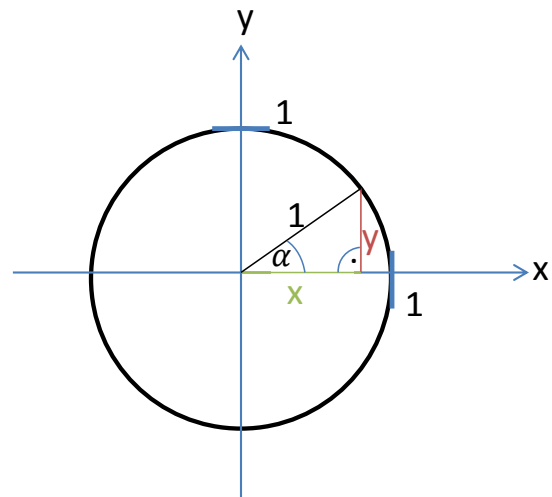
Beide werden, wie alle Energieformen, in Joule angegeben. Dazu noch eine kurze Betrachtung der Einheiten: Energie ist, wie in der ersten Formel zu sehen, Masse mal Beschleunigung mal Strecke und in Einheiten geschrieben: $\text{kg} \cdot \text{m/s}^2 \cdot \text{m} = \text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^2$.



Rechtwinkliges Dreieck

Trigonometrie

Um die Hangabtriebskraft, welche bei unseren Versuchen mit der Rampe und den Rollversuchen auf einer schiefen Ebene eine Rolle spielte, berechnen zu können, benötigten wir eine Einführung beziehungsweise Vertiefung der Trigonometrie.



Einheitskreis

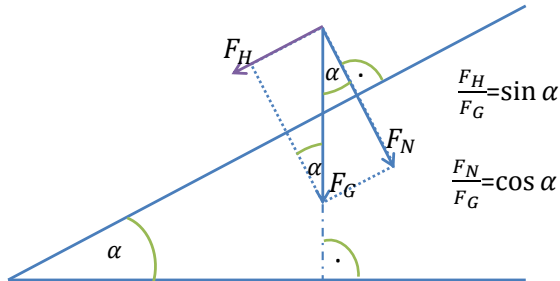
Zur geometrischen Veranschaulichung benutzen wir den Einheitskreis, dessen Umfang 2π beträgt. Definiert ist der Sinus eines Winkels in einem rechtwinkligen Dreieck als das Verhältnis von Gegenkathete zu Hypotenuse. Im Einheitskreis lässt sich das auch beschrieben als $\sin \alpha = \frac{y}{1}$. Der Cosinus dementsprechend als Ankathete durch Hypotenuse oder eben auch $\cos \alpha = \frac{x}{1}$.

Der $\tan \alpha$, den wir ja schon als Steigungsfaktor der linearen Funktion kennen, lässt sich auch so ausdrücken: $\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$, also die Gegenkathete durch die Ankathete.

Da für den Winkel von 45° Sinus- und Cosinus-

werte gleich sind, ergibt $\tan(45^\circ) = 1$.

Nun aber zur Hangabtriebskraft



Hangabtriebskraft

Es wirken einmal die Normalkraft (F_N) orthogonal zur Schrägen und die Gewichtskraft (F_G). Der eigentliche Winkel α , der Hangneigungswinkel, lässt sich auch auf das Kräfteparallelogramm übertragen. Wenn wir nun die oben gelernte Trigonometrie einsetzen, dann lassen sich zu den Definitionen der Kräfte noch Verhältnisse ergänzen, sodass sich ergibt:

$$F_H = m \cdot g \cdot \sin \alpha$$

$$F_G = m \cdot g \cdot \cos \alpha$$

Winkelgeschwindigkeit

Die allgemeine Formel zum Berechnen der Geschwindigkeit lautet $v = \frac{s}{t}$. Das Formelzeichen der Winkelgeschwindigkeit ist ω (ein kleines Omega). Somit lässt sich die Geschwindigkeitsformel folgendermaßen umstellen: $\omega = \frac{\varphi}{t}$. Das Bogenmaß φ könnte in einem Beispiel 2π ($\hat{=}$ 360°) haben. Für eine volle Umlaufzeit ersetzt man das t durch T , und es ergibt sich die Formel: $\omega = \frac{2\pi}{T}$ mit der Einheit $\frac{1}{s}$ bzw. s^{-1} . Um die Umlaufgeschwindigkeit zu bekommen, erweitert man diese Formel nun mit r , denn $U_{\text{Kreis}} = 2\pi \cdot r$. Somit ergibt sich: $\omega = \frac{2\pi \cdot r}{T \cdot r} = \frac{v}{r}$. Stellt man die Formel jetzt noch um, erhält man die Umlaufgeschwindigkeit bei einem beliebigen Radius: $v = \omega \cdot r$

Beschleunigung

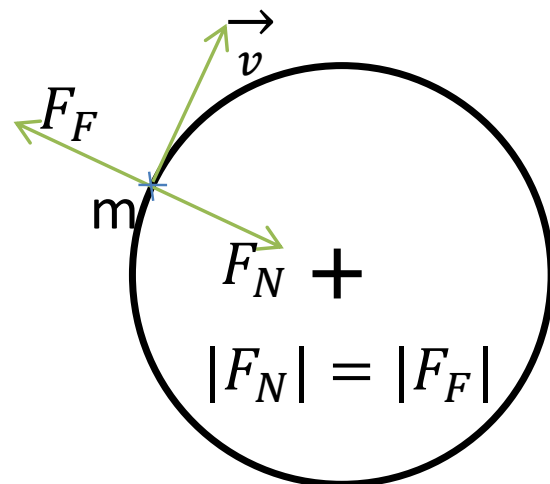
Die Beschleunigung a ist eine Vektorgröße der Physik, was bedeutet, dass sie eine Richtung

hat. Berechnet wird sie als Geschwindigkeitsdifferenz durch die Zeitdifferenz, also $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, und die Einheit ist m/s^2 .

Das Weg-Zeit-Gesetz, welches in der Anwendung der Differentialrechnung genauer erklärt wurde, und die Ableitungen sind hier wichtig. Man nimmt das Beschleunigung-Zeit-Gesetz $v = a \cdot t$, welches, nach der Zeit umgeformt, folgendermaßen aussieht: $t = \frac{v}{a}$. Wenn beim Weg-Zeit-Gesetz die Anfangsgeschwindigkeit v_0 und der Anfangsweg s_0 beide null sind, lautet es vereinfacht $s = \frac{1}{2} a t^2$. Setzt man die Strecke nun in Abhängigkeit der Geschwindigkeit und der Beschleunigung, sieht die Gleichung so aus: $s(v, a) = \frac{\frac{1}{2} \cdot a \cdot v^2}{a^2}$. Gekürzt ist das dann: $s(v, a) = \frac{v^2}{2a}$

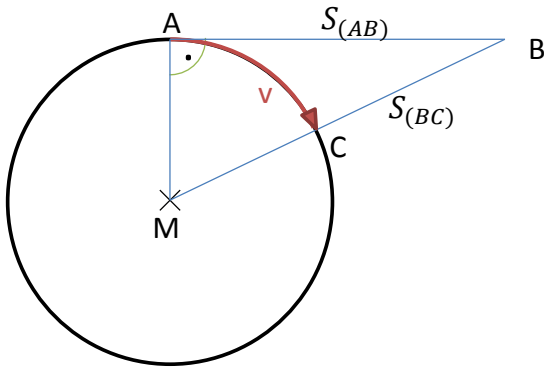
Hier erkennt man, dass beim Bremsvorgang mit konstanter „Bremsbeschleunigung“ der Bremsweg vom Quadrat der Geschwindigkeit abhängt.

Kurvenfahren



Bei einer gleichförmigen Drehbewegung erfährt nach dem Trägheitsgesetz die konstante Geschwindigkeit $\vec{v}$ eine Richtungsänderung durch die Normalkraft $\vec{F}_N$, die senkrecht zur Bewegungsrichtung, also zum Kreismittelpunkt, zeigt. Sie wird Zentral-, Zentripetal- oder auch Radialkraft genannt. Der ruhende Beobachter sieht $\vec{F}_N$. Der bewegte Radfahrer erfährt (spürt) die Fliehkraft $\vec{F}_F = -\vec{F}_N$. Dieses Nachaußenziehen will der Fahrer ausgleichen, er will sich

also $\vec{F}_N$ verschaffen. Das macht er, indem er sich ganz instinktiv in die Kurve legt. Doch nach einigen Versuchen fiel uns auch noch auf, dass man vor der eigentlichen Kurve noch eine kleine Gegenkurve fährt, damit man sich überhaupt in die Kurve legen kann. Wie wir dann herausfanden, verursacht das Gegenlenken das Drehmoment und damit die Neigung.



Das Beispiel dient zur Verdeutlichung was ein Radfahrer spürt, wenn er eine Kurve fährt. Ein Radfahrer fährt die zwei Geraden, möchte aber gleichzeitig mit dem roten Kurvenradfahrer an Punkt C ankommen, welcher die Kurve fährt. Die Strecke $|AB|$ lässt sich mit der Formel $s = v \cdot t$ berechnen, wohingegen man für die Strecke $|BC|$ die Formel $s = \frac{1}{2}at^2$ nimmt, da es sich um eine beschleunigte Bewegung zum Kreismittelpunkt hin handelt. Betrachtet man es nun von der geometrischen Seite, lässt sich der Satz des Pythagoras folgendermaßen anwenden: $|AB|^2 + r^2 = (r + |BC|)^2$. Setzt man nun die Formeln für die Strecken ein und wendet die binomischen Formeln an, kommt man zu folgendem Ergebnis: $v^2 t^2 t r^2 = r^2 + a \cdot r t^2 + \frac{1}{4} a^2 t^4$.

Für sehr kleine Zeitintervalle wird der Term mit t^4 winzig, Hätte man zum Beispiel $t=0,1$ s, dann wären das bei t^4 0,0001, und deshalb lassen wir es weg. Nun erhält man $v^2 t^2 = a \cdot r t^2$, also gekürzt $v^2 = a \cdot r$. Stellt man die Gleichung um, erhält man die Radialbeschleunigung, also zum (Kreis-)Mittelpunkt hin, $a = \frac{v^2}{r}$. Jetzt lässt sich auch erklären, dass der Fahrer $F_F = \frac{mv^2}{r}$ spürt und der Beobachter $F_N = \frac{mv^2}{r}$ sieht. Umgeformt ist die Normalkraft $F_N = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot r^2}{r}$. Die Werte sind abhängig von Radius, Masse und Geschwindigkeit.

Kurvenfahrt mit einem Trike

Da ein Trike drei anstatt zwei Räder hat, kann man sich nicht nach innen neigen. Somit wirken die Kräfte stärker auf den Körper, was wir bei Versuchen selbst spürten. Auch besteht eine höhere Gefahr umzukippen, was wir teilweise am eigenen Leib erfahren.

Nachdem jetzt die Grundlagen in der Theorie geklärt sind, ging es an die praktische Anwendung. Viel Spaß bei den Versuchen!

Die Reifendruck-Versuche

TIM JEGLORTZ

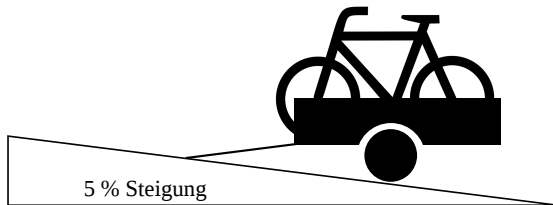
Eine der vielen Fragestellungen, die wir während der Akademie behandelten, war, wie sich der Reifendruck eines Fahrrads auf das Rollverhalten auswirkt. Das heißt, wie weit das Fahrrad ohne weitere Energiezufuhr durch den Fahrer rollt.

Der erste Versuch

Die Durchführung

Um unseren Versuch durchzuführen, benutzten wir einen Auto-Anhänger, von dem aus wir mit dem Fahrrad starteten. Zuvor pumpten wir die Reifen auf einen Druck von 4,5 bar auf. Ohne dass der Fahrer in die Pedale trat, rollte das Fahrrad eine Rampe herunter, an dessen Ende es eine Geschwindigkeit von circa 2,24 m/s (8 km/h) hatte. Das Fahrrad blieb nach ein paar Metern stehen, da wir die Auffahrtsstraße des Eckenberggymnasiums hochrollten, die eine von uns ermittelte Steigung von 5 % hat. Die Hangabtriebskraft verursachte eine konstante Abbremsung.

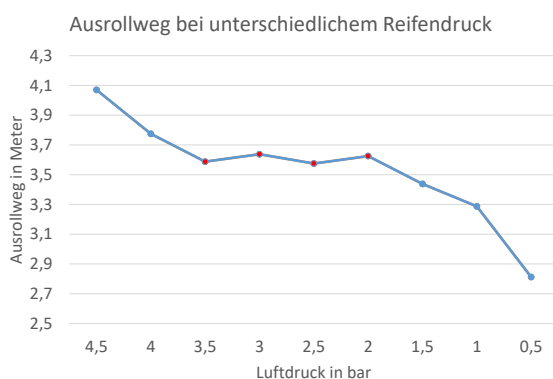
Sobald das Rad nicht mehr rollte, wurde der Ausrollweg festgestellt und zwei bis drei weitere Versuche mit demselben Luftdruck durchgeführt, um Messfehler zu kompensieren. Dann senkten wir den Reifendruck um 0,5 bar und wiederholten den Versuch. Das machten wir solange, bis wir bei einem Luftdruck von 0,5 bar angelangt waren. Zu jeder Messung machten wir ein Video.



Vereinfachtes Modell und echter Versuch im Vergleich

Die Auswertung

Nach dem Versuch trugen wir die Messergebnisse in eine Excel-Tabelle ein und erstellten ein Diagramm. Außerdem werteten wir die gemachten Aufnahmen per Videoanalyse aus. Die Ergebnisse, die uns das Diagramm lieferte, überraschten uns im ersten Moment, da nicht, wie erwartet, eine Gerade zu sehen war. Stattdessen stieg der Ausrollweg zwischen 0,5 und 1,5 bar an, blieb jedoch zwischen 2 und 3,5 bar fast konstant. Zwischen 3,5 und 4,5 bar stieg er wieder, wie auch im Diagramm zu sehen.



Die Ergebnisse des ersten Versuchs

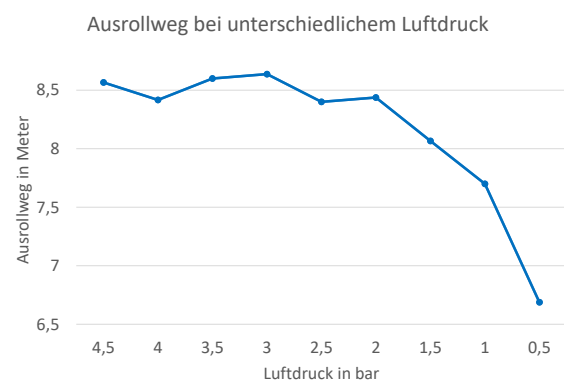
Dafür konnten wir zuerst keine physikalische Erklärung finden. Doch wir sahen an den Empfehlungen des Reifenherstellers, dass man den

Reifen mit einem Druck zwischen 2,5 und 4,5 bar fahren sollte. Wahrscheinlich hat auch dieser dazu Versuche durchgeführt und festgestellt, dass das Rad bei unter 2,5 bar kein effizientes Fahrverhalten mehr aufweist.

Der zweite Versuch

Die Durchführung und Auswertung

Um die Ergebnisse zu überprüfen, starteten wir einen zweiten Versuch aus größerer Höhe. Dazu starteten wir nicht von der Ladefläche des Anhängers, sondern 35 cm höher von einer Holzplatte, die auf den Anhängerwänden lag. Wie im unteren Diagramm zu sehen, lieferte auch dieser Versuch beinahe dieselben Ergebnisse.



Die Ergebnisse des zweiten Versuchs

Unsere Bewertung der Ergebnisse

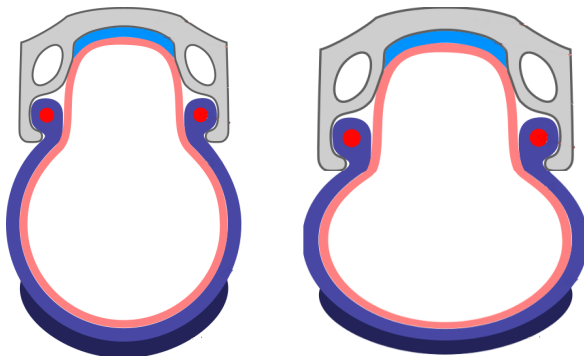
Bei unserer Exkursion zu HPVelotechnik fanden wir zudem noch eine Erklärung für den kurzen Ausrollweg bei niedrigem Luftdruck: das sogenannte „Walken“. Dabei nimmt der Durchmesser des Reifens ab, gleichzeitig wird er aber breiter. Dieser Vorgang benötigt sehr viel Energie, die nicht für eine Vorwärtsbewegung genutzt werden kann, weshalb das Fahrrad nicht so weit rollt. Ein höherer Reifendruck reduziert das Walken.

Zudem schwang der Reifen beim Herunterfahren von der Rampe sehr stark, wodurch zusätzlich Energie beim Start verloren ging. Das ist auch beim täglichen Gebrauch eines Fahrrades festzustellen, wenn man zum Beispiel mit nur

schwach aufgepumpten Reifen einen Bordstein oder ähnliches herunterfährt.



Rot markiert: stark schwingender Reifen kurz nach Verlassen der Rampe



Modell eines walkenden Reifens¹

Versuchsreihe zum Bremsweg

KEVIN HEIN

Uns, den Teilnehmern des Kurses Physik, fielen sofort viele Fragen ein, die sie im Laufe der Akademie bearbeiten wollten. Dabei war es uns und den Leitern wichtig, dass die Fragen von den Schülern selbst kamen. Dabei versuchten wir den Leitsatz: „Mit dem Fahrrad die Physik er-fahren“ zu beachten und haben uns Experimente mit Trikes, Fahrrädern und Liegerädern ausgedacht. Unter anderem wurde auch die Frage, wie die Geschwindigkeit den Bremsweg beeinflusst, untersucht. Im Folgenden werden dieser Versuch genauer erläutert und die Ergebnisse präsentiert.

¹Abbildung: „Bicycle-wheel cross sections“, Wikimedia (Wikimedia-User Deerwood, CC BY-SA, bearbeitet)

Vorgehensweise

Um den Einfluss der Geschwindigkeit auf den Bremsweg zu untersuchen, müssen einige physikalische Faktoren beachtet werden, so zum Beispiel: die Steigung der Teststrecke, das Reifenprofil, der Untergrund, die Bremsen etc. Um möglichst viele Faktoren zu berücksichtigen, entschloss sich die Gruppe, die Testreihe auf einer nahezu geraden Strecke zu vollziehen. Wichtig war hierbei auch der Fakt, dass ein Trike (Fahrrad mit drei Rädern) verwendet wurde, da man bei einem normalen Fahrrad bei einer Vollbremsung zu leicht über den Lenker fliegen würde.

Nachdem die Teststrecke ausgewählt worden war, starteten auch schon die Versuche. Mit Hilfe eines Maßbandes und Videoanalyse versuchten wir, den zurückgelegten Weg bei einer Vollbremsung mit einem Trike bei 5 km/h, 10 km/h, 15 km/h, 20 km/h und 25 km/h herauszufinden. Um ein genaueres Ergebnis zu erhalten, wurden mehrere Messungen gemacht.



Trike, mit dem einige unserer Versuche durchgeführt wurden

Versuche

Erster Versuch

Nachdem erste Versuche ausgeführt worden waren, war klar: Der kiesige Untergrund war nicht geeignet, denn das Trike rutschte häufig aus und verfälschte somit die Messergebnisse. Wir vermuteten, dass die Bremsen nicht richtig eingestellt waren. Außerdem hatte das Fahrrad eine Hinterradbremse, die das Rutschen begünstigte. So wurden die Messergebnisse ma-

nipuliert und die entstandenen Graphen entsprachen nicht der Theorie, dass der Bremsweg einer quadratischen Funktion entsprechen muss.

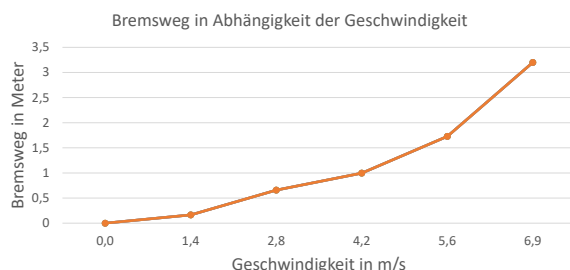
Zweiter Versuch

Wir wollten aber unbedingt korrekte Ergebnisse haben und entschlossen uns, eine zweite Versuchsreihe zu starten. Dieses Mal mit einem moderneren Trike, das statt einer Hinterradbremse und einer Vorderradbremse zwei Vorderradbremmen besaß. Außerdem wurde das Trike neu von HPVelotechnik geliefert, und die Bremsen waren besser eingestellt. Die Versuche wurden dieses Mal auf einer asphaltierten Oberfläche durchgeführt, um zu gewährleisten, dass das Trike in der Spur bleibt.

Ergebnisse

Die Videoanalyse hatte uns den Bremsweg in Abhängigkeit der Geschwindigkeit geliefert, und wir rechneten mit den aufgeschriebenen Werten nach. Allerdings machten wir mehrere Messungen, um Messfehler durch eine ungenaue Vollbremsung auszuschließen.

Im folgenden Diagramm ist auf der y-Achse der Bremsweg in Meter und auf der x-Achse die Geschwindigkeit in Meter pro Sekunde abgebildet.



Wie man erkennt, ist das Schaubild kein Graph einer linearen Funktion, sondern der einer quadratischen. Dies erwarten wir auch nach der Formel $s = \frac{v^2}{2a}$: Mit zunehmender Geschwindigkeit erhöht sich auch der Bremsweg, und zwar quadratisch.

Allerdings sind die Ergebnisse auch von einigen weiteren Faktoren wie z. B. der Reaktionszeit

des Fahrers, dem Untergrund und dem Reifendruck abhängig.

Hat eine höhere Last auf dem Fahrrad einen Einfluss auf die Beschleunigung des Fahrrads?

REBECCA HILD, ANNE K. KESSLER

Wir stellten uns die Frage, ob eine größere Last auf dem Fahrrad die negative und positive Beschleunigung beeinflusst. Um diese Frage beantworten zu können, wollten wir Messungen durchführen. Dafür planten wir Versuche und führten sie anschließend zusammen durch. Wir werteten die Versuche aus und erklärten anhand von Formeln die Ergebnisse.

Versuch 1

Wir hatten eine Messstrecke von 50 m festgelegt und überfuhren die Startlinie mit einer Anfangsgeschwindigkeit von 20 km/h. Wir ließen das Fahrrad die Messstrecke ausrollen und stoppten die Zeit, die das Fahrrad für diese Strecke benötigt hatte. Um der Frage mit der zusätzlichen Last nachzukommen, füllten wir in 5 Säcke jeweils 5 kg Sand und hängten einen Sack nach jeder Fahrt zusätzlich ans Fahrrad, um eine größere Last zu simulieren. Die letzte Fahrt hatte dann 25 kg mehr Masse als die erste Fahrt.

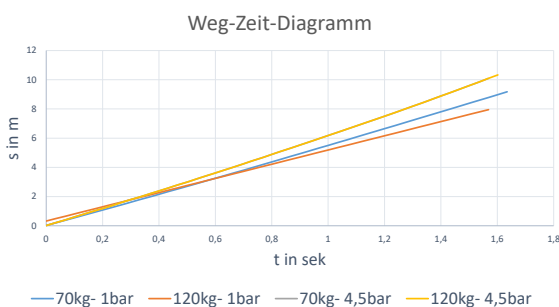
Laut unseren Messungen kamen wir nicht zu einer Beeinflussung durch die Last, da die Messzeiten sich kaum unterschieden; mit großer Wahrscheinlichkeit lag das an folgenden Messfehlern: Zum einen konnten wir die Startgeschwindigkeit nicht genau bestimmen, da durch die Messung mit dem Tacho immer erst nach einer Radumdrehung die Geschwindigkeit aktualisiert werden konnte. Außerdem gab es einige Störfaktoren beim Messen mit der Stoppuhr. Wir sind uns zudem auch nicht sicher, ob die Steigerung der Last um 25 kg eine erhebliche Rolle spielt.

Durch diese nicht unerheblichen Messfehler gaben wir uns nicht mit dem Ergebnis zufrieden und starteten einen neuen Versuch.

Versuch 2

Wir starteten aus dem Stillstand auf einer Straße mit 5 % Gefälle und fuhren 25 m zu unserer 10 m langen Messstrecke an, um eine gewisse Geschwindigkeit zu haben. Wieder wurde die Zeit gemessen, die beim Durchfahren der 10 m benötigt wurde. Wir erhöhten auch hier die Last um 25 kg und einmal um 50 kg (Rebecca), sodass wir eine größere Differenz zwischen der ersten und der letzten Fahrt hatten. Zusätzlich wollten wir die Ergebnisse mit anderen Ergebnissen vergleichen, bei denen das Fahrrad statt 4,5 bar Luftdruck nur 1 bar Luftdruck in den Reifen hat. Unsere Theorie dazu war, dass es einen größeren Unterschied zwischen den zwei Gewichtsextremen geben müsste, da der „Reifenlatsch“ (Auflagefläche des Reifens auf der Straße) bei höherem Gewicht größer ist und damit mehr Rollwiderstand entsteht.

Zum Auswerten benutzten wir ein Videoanalyseprogramm namens Tracker, was die Geschwindigkeit berechnete.

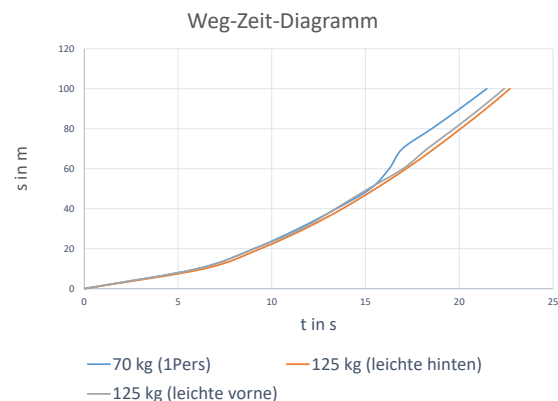


In diesem Weg-Zeit-Diagramm sieht man in rot und grün den Graphen von 120 kg bzw. 70 kg Last mit einem Reifendruck von 4,5 bar. Der grüne Graph ist so gut wie nicht sichtbar in diesem Diagramm, d. h. bei hohem Luftdruck spielt die Last keine große Rolle. Zwischen dem blauen und dem gelben Graphen, hier hat der Reifen nur einen Druck von 1 bar, ist ein Unterschied erkennbar. Mit weniger Gewicht kommt man in gleicher Zeit weiter als mit 50 kg mehr. Außerdem sieht man, dass mit höherem Reifendruck der Graph ebenfalls steiler ist. Ein steilerer Graph bedeutet, dass die Durchschnittsgeschwindigkeit höher ist. Alle vier Graphen in diesem Diagramm sehen nahezu linear aus, sollten aber laut den uns erlernten physikalischen Gesetzen quadratisch

sein. Der Widerspruch liegt vermutlich an der sehr kurzen Messstrecke, die in gerade einmal 1,5 s durchfahren wird. Deshalb starteten wir einen dritten Versuch mit einer deutlich längeren Messstrecke.

Versuch 3

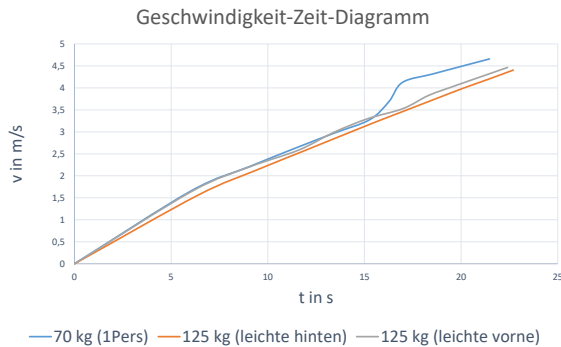
Auf derselben Strecke mit ebenfalls 5 % Gefälle hatten wir eine Messstrecke von diesmal 100 m mit 10 Messpunkten festgelegt und starteten aus dem Stillstand. Wir fuhren drei Mal, beim ersten Mal ist nur der Fahrer mit dem Fahrrad gefahren (70 kg) und beim zweiten und dritten Mal saß hinter dem Fahrer auf dem Gepäckträger noch eine weitere Person (insgesamt 125 kg), um mehr Gewicht auf das Fahrrad zu laden. Mit einer Kamera, die am Lenker befestigt war, wurde aufgenommen, wann das Vorderrad einen Messpunkt überfahren hat. Ausgewertet haben wir das Ganze mit Microsoft Excel.



In diesem Weg-Zeit-Diagramm sieht man einen quadratischen Verlauf der Graphen, der mit der Formel $s(t) = \frac{1}{2}a \cdot t^2$ beschrieben wird. Sichtbar ist hier wiederum, dass die Fahrt mit dem geringeren Gewicht schneller vorbei ist als die Fahrten mit höherem Gewicht. Keinen Unterschied gibt es jedoch, wenn das Gewicht verschieden auf Vorder-/Hinterachse verteilt wird. Den Knick des gelben Graphen (70 kg) konnten wir uns nur durch Unebenheiten der Straße oder ähnliche Messfehler erklären.

Aus diesem Weg-Zeit-Diagramm wurde das Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm berechnet.

Diese Graphen verlaufen nahezu linear, was sich auch aus der Ableitung der vorherigen Funktion $v(t) = \dot{s}(t) = a \cdot t$ erschließt. Der



Knick aus dem vorherigen Diagramm hat sich in diesem vergrößert, da mit den damit verbundenen Fehlerdaten weitergerechnet wurde. Sichtbar ist hier allerdings auch, dass man mit einem geringeren Gewicht eine höhere Geschwindigkeit erreicht.

Unser Fazit aus diesen Versuchen ist, dass sich die größere Masse nur auf die Reibungskräfte auswirkt – die Beschleunigung, die von der Hangabtriebskraft verursacht wird, ist unabhängig von der Masse.

Kurven fahren

MARTIN WIENS

Mit dem Fahrrad die Physik erfahren, ohne sich mit Kurvenfahrten zu beschäftigen, ist nahezu unmöglich.

Somit war eine unserer Fragestellungen, wie Kurven fahren beim Fahrrad eigentlich funktioniert.

Versuche

Zunächst mussten wir uns überlegen, wie wir den Versuch überhaupt aufbauen, um das Prinzip hinter dem Kurvenfahren zu verstehen. Wir einigten uns darauf, die Kurve von vorne mit einer Kamera zu filmen und später auf dem PC mit einem Videoauswertungsprogramm auszuwerten. In diesem Versuch wollten wir verschiedene Arten von Kurvenfahrten testen. Als Erstes analysierten wir die Kurve, die intuitiv von uns gefahren wird. Sie diente als Vergleichswert zu den anderen. Danach fuhren wir eine Kurve mit extremer Schräglage des Körpers. Den dritten Versuch führten wir mit einer geraden Kör-

perhaltung durch, sodass sich der Schwerpunkt nicht zum Kurveninneren verlagerte. Durch Analyse von diesen Messungen erhofften wir herauszufinden, inwiefern das System Fahrer-Fahrrad Einfluss auf die Kurvenfahrt nimmt. Zuletzt ein Experiment aus Interesse: eine Kurve freihändig fahren. Jede dieser Kurven haben wir drei Mal gefilmt um ein möglichst optimales Ergebnis für jede von ihnen zu erhalten.

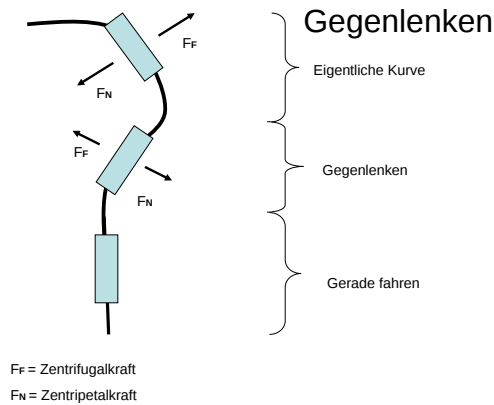
Auswertung

Bei der Auswertung mit unserem Videoauswertungsprogramm (Tracker) haben wir die einzelnen Videos analysiert und einen Messpunkt am Fahrrad festgelegt. Diesen haben wir über die ganze Kurve mit Tracker verfolgt um eine Analyse zu erhalten. Dabei ist uns aufgefallen, dass das sogenannte „Gegenlenken“ und eine Neigung erforderlich sind, um Kurven zu fahren. Diese konnten wir auch physikalisch erklären.

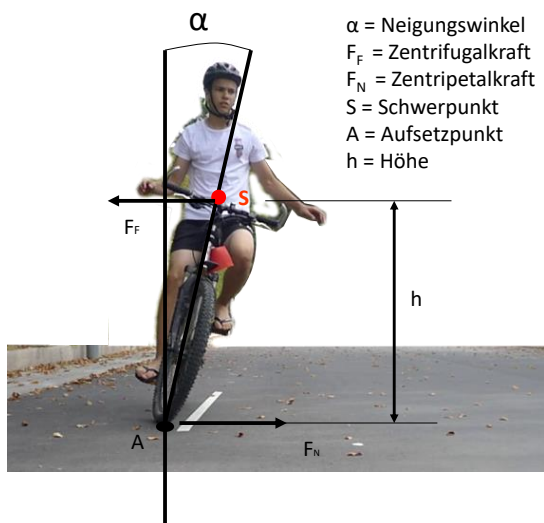
Theorie

Bei der Auswertung war auffällig, dass das Gegenlenken erforderlich war, um eine Kurve einzuleiten. Dies ist mit der Zentrifugalkraft zu erklären. Bei einer Kurve ohne Gegenlenken würde bei Kurvenbeginn die Trägheitskraft bzw. die Zentrifugalkraft den Fahrer nach außen ziehen und er würde umfallen. Diese Trägheit herrscht aber genauso wie bei der eigentlichen Kurve auch beim Gegenlenken (siehe Skizze). Aber anstatt umzufallen, wird die entstehende Zentrifugalkraft genutzt, um geeignet in die eigentliche Kurve einzulenken und somit eine typische Neigung zu schaffen.

Diese Neigung verhindert das Umfallen, indem sie den Schwerpunkt nach innen verschiebt und somit die Zentrifugalkraft ausgleicht (siehe Bild). Die Zentrifugalkraft lässt sich mit der Formel $F_F = \frac{m \cdot v^2}{r}$ berechnen. Daraus schließt sich, dass der Neigungswinkel sich bei höherer Masse und Geschwindigkeit genauso wie bei geringerem Radius vergrößern muss, da die Neigung die jeweils entstehende Kraft ausgleichen muss.



Skizze des Ablaufs der Kurve



Kurvenfahrt mit zugehörigen Kräften und Neigungswinkel

Herzfrequenz

JULIO NÄGELE

Wenn man mit seinem Fahrrad unterwegs ist, will man möglichst unbeschwert und mit so wenig Anstrengung wie möglich vorankommen. Zum optimalen und entspannten Fahrradfahren gehört der richtige Gang.

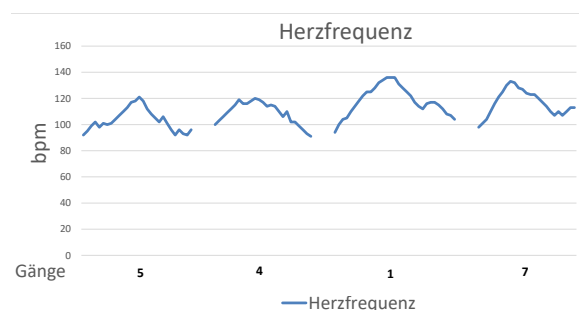
Versuche

Mit der Herzfrequenz lässt sich relativ einfach die Anstrengung zeigen, da bei höherer Anstrengung auch der Puls steigt. Darum wollten wir mit einer 7-Gang-Schaltung herausfinden, bei welcher Steigung und in welchem Gang die Herzfrequenz, und somit die Anstrengung, am

höchsten bzw. am niedrigsten ist. So legten wir uns einen Pulsmesser auf Herzhöhe und fuhren jeweils mit den Gängen 5, 4, 1 und 7 auf einer Strecke mit 0 % und 5 % Steigung 50 Meter bei einer Geschwindigkeit von ca. 15 km/h.

Auswertung

Die unterschiedliche große Anstrengung ist im Diagramm der Herzfrequenz in Form von typischen „Kurven“ repräsentiert. Diese zeigen sich in der unteren Grafik in bpm (= beats per minute). Die einzelnen Messungen bestehen aus dem Ruhepuls, der bei ca. 90 Schlägen pro Minute lag, bis zum höchsten Ausschlag der Kurve und dem Abfallen des Pulses. Bei den Ergebnissen auf der Geraden mit 0 % Steigung (siehe Grafik) ist zu erkennen, dass die am wenigsten anstrengenden Gänge die Gänge 4 und 5 sind. Bei Gang 1 ist die Anstrengung am höchsten (höchster gemessener Puls bei 140 Schlägen pro Minute). Außerdem war es schwer, die Geschwindigkeit von 15 km/h im 1. Gang zu halten.



Erkenntnis

Egal, wie durchtrainiert oder sportlich man ist, die richtige Wahl des Ganges an verschiedenen Steigungen erleichtert das Fahrradfahren. Dazu gehört auch, dass die Trittfrequenz stimmt, denn an nicht besonders steilen Hängen ist die Trittfrequenz im ersten Gang deutlich höher als in größeren Gängen. Eine hohe Trittfrequenz hat eine höhere Herzfrequenz zur Folge. Sie beeinflusst somit sowohl die Anstrengung, als auch den Komfort beim Fahrradfahren.

Die Nabenschaltung

NAILA HOFFMANN, JONAS PATOLLA

Was wäre ein Fahrrad ohne eine Schaltung? Wie sollten wir einen Berg hochkommen, einen Berg runterrollen oder einfach im flachen Land fahren mit nur einem Gang?

Um diese Fragen beantworten zu können, haben wir uns die Schaltung näher angesehen, die unsere begrenzte menschliche Kraft, die wir an das Fahrrad abgeben können, am effizientesten auf das Fahrrad überträgt. Man unterscheidet zwischen zwei großen Schaltungsarten: die Naben- und die Kettenschaltung. Wir haben uns mit der Nabenschaltung ausführlicher beschäftigt, da diese nicht so leicht von außen einsehbar ist wie eine Kettenschaltung. Um also Licht ins Dunkel zu bringen, haben wir eine 3-Gang-Nabenschaltung auseinandergebaut, um uns zuerst einen groben Überblick zu verschaffen.



Erste Kontakte mit einer Nabenschaltung

Die Vorteile dieser Schaltung sind, dass sie im Vergleich zur Kettenschaltung relativ wenig Wartung benötigt, da ihre Mechanik gut geschützt vor Wind und Wetter in einer Nabenhülse lagert. Zum anderen ist es auch möglich, im Stand zu schalten.

Dafür sollte man diese nicht, wie bei der Kettenschaltung, unter voller Tretlast betätigen. Hier hat die Kettenschaltung ihren Vorteil. Sie hat außerdem einen etwas höheren Wirkungsgrad als die Nabenschaltung und ein geringeres Gewicht.

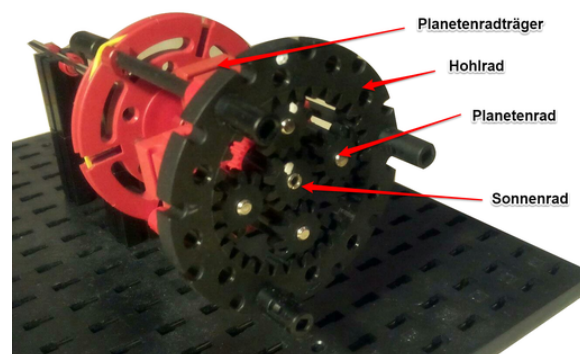
Nun aber zur Nabenschaltung zurück: Sie hat eine besondere Eigenschaft, die Rücktrittbremse. Diese ist im Bremskonus eingebaut. Wir

haben uns damit aber nicht genauer befasst, da sie für die eigentliche Betrachtung der Schaltfunktion nicht relevant ist. Das „Herz“ der Nabenschaltung befindet sich in ihrer Mitte. Hier finden wir das Hohlrad und das Planetenradgetriebe.



Nabenhülse und Innenleben der Schaltung

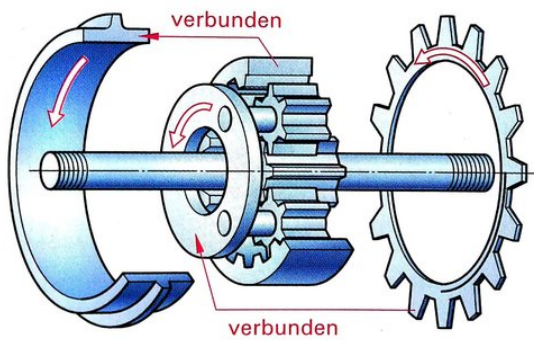
Dieses wollen wir näher betrachten. Im zusammengebauten Zustand drehen sich die Planetenräder im Hohlrad, welches Einkerbungen für die Zähne der Planetenräder besitzt und damit perfekt ineinandergreift. Die Planetenräder drehen sich um das Sonnenrad, welches fest montiert auf einer Welle sitzt, daher auch der Name „Planetenradgetriebe“. Genau hier zwischen Hohlrad und Planetenrädern findet die Übersetzung statt. Naila hatte ein Modell gebaut, bei denen man die Bestandteile sehr gut erkennen kann. Das folgende Bild veranschaulicht diese:



Modell eines Planetenradgetriebes

Schnellgang (3. Gang)

Der Schnellgang ist der größte Gang. Mit ihm kann man am besten bergab fahren, da sich das



Bildquelle: Fachkunde Fahrradtechnik, 6. Auflage, Verlag Europa-Lehrmittel; mit freundlicher Genehmigung des Verlags Europa-Lehrmittel

Laufrad schneller dreht als das Antriebsritzel der Hinterradnabe.

Beim Schnellgang wird die Kraft von der Kette auf das Antriebsritzel und von dort auf den Planetenträger übertragen. Der Planetenträger leitet die Kraft weiter über das Hohlrad auf die Nabenhülse und das Laufrad. Dadurch entsteht eine Übersetzung. Die Drehzahl des Laufrades ist größer als die Drehzahl des Ritzels.

Beispiel:

$$\begin{aligned}\text{Übersetzung} &= \frac{n_{\text{Planetenträger}}}{n_{\text{Hohlrad}}} = \frac{n_{\text{Antrieb}}}{n_{\text{Abtrieb}}} \\ &= \frac{3}{4} = 0,75\end{aligned}$$

Eine Übersetzung, die kleiner ist als eins, ist eine Übersetzung ins Schnelle.

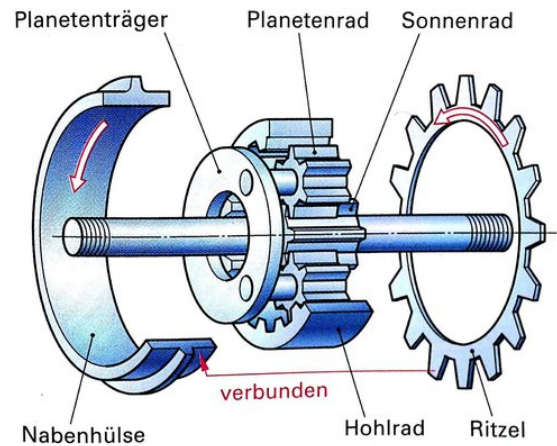
Normalgang (2. Gang)

Der Normalgang ist der zweite Gang einer Dreigangnabe. Er eignet sich besonders gut bei Fahrten auf ebener Strecke.

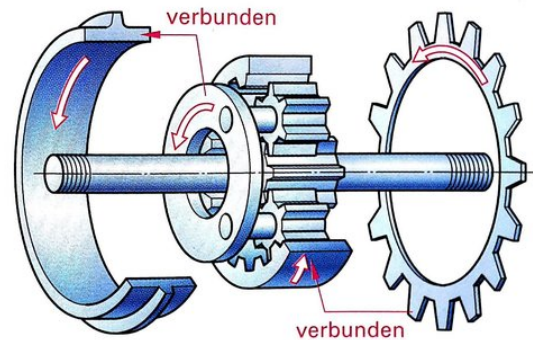
Beim Normalgang wird die Kraft von der Kette auf das Antriebsritzel übertragen und von dort ohne jegliche Übersetzung an das Laufrad weitergegeben. Bei diesem Gang ist die Übersetzung 1:1, das heißt das Antriebsritzel dreht sich genauso schnell wie das Laufrad. Das Planetengetriebe wird komplett ausgelassen.

Berggang (1. Gang)

Wie der Name schon sagt, eignet sich der Berggang am besten, um mit dem Fahrrad Steigungen zu bewältigen.



Bildquelle: Fachkunde Fahrradtechnik, 6. Auflage, Verlag Europa-Lehrmittel; mit freundlicher Genehmigung des Verlags Europa-Lehrmittel



Bildquelle: Fachkunde Fahrradtechnik, 6. Auflage, Verlag Europa-Lehrmittel; mit freundlicher Genehmigung des Verlags Europa-Lehrmittel

gen zu bewältigen.

Beim Berggang wird die Kraft über die Kette auf das Antriebsritzel und von dort aus auf das Hohlrad übertragen. Die Kraft wird dann weiter über den Planetenträger auf die Nabenhülse und auf das Laufrad übertragen. Bei diesem Gang ist die Drehzahl des Laufrades kleiner als die Drehzahl des Ritzels.

Beispiel:

$$\begin{aligned}\text{Übersetzung} &= \frac{n_{\text{Planetenträger}}}{n_{\text{Hohlrad}}} = \frac{n_{\text{Antrieb}}}{n_{\text{Abtrieb}}} \\ &= \frac{4}{3} = 1,33\end{aligned}$$

Eine Übersetzung, die größer ist als eins, ist eine Übersetzung ins Langsame.

Exkursion zu HPVelotechnik

SILAS SCHAIBLE, THADDÄUS
PIEKENBROCK

Montag, 12. September, 8 Uhr Adelsheim. Zwölf junge Physiker stehen an der Bushaltestelle und warten auf den Bus. Schließlich kommt er mit einer viertel Stunde Verspätung. Unsere Exkursion hat begonnen. Nach zwei Stunden Fahrt inklusive Arbeitsblätter lesen und einer privaten Klatsch KüA, kamen wir bei HPVelotechnik, einer Liegeradfirma, an.

Nach einer Treppe, an der es von Auszeichnungen nur so wimmelte, wurden wir von einem der beiden Gründer der Firma HPVelotechnik persönlich empfangen. Wir konnten uns besonders gut in sie hineinversetzen, da Daniel Pulvermüller und Paul Hollants schon in ihrer Schulzeit, also in unserem Alter, ihre ersten mit Muskelkraft betriebenen Gefährte konstruierten.

Der Durchbruch kam mit ihrem „Velomobil“ (ein voll verkleidetes Kabinendreirad, welches dazu diente, auch bei Regen trocken in der Schule anzukommen), mit dem sie 1992 Bundessieger beim Wettbewerb JUTEC des Vereines Deutscher Ingenieure (VDI) wurden. Der Grundstein für eine Entwicklung zu einem der führenden Hersteller von Liegedreirädern Europas war gesetzt. Nach dem sie sich 1993 selbstständig machten, ging es rasch aufwärts. Heute beschäftigt die Liegeradmanufaktur in Kriftel nahe Frankfurt 35 Mitarbeiter und exportiert jährlich ca. 2000 Räder weltweit. Der Firmenname setzt sich aus den beiden Anfangsbuchstaben der Nachnamen beider Firmengründer zusammen und verweist auch auf die englische Bezeichnung der besonderen Fahrräder: Human Powered Vehicles.

Diese Firma durften wir auch umgehend besichtigen und die verschiedenen Stationen, die ein Liegedreirad in der Entwicklung und in der Herstellung durchläuft, anschauen. Daniel Pulvermüller erklärte uns, wie erst ein Prototyp-Rahmen geschweißt, dann in Taiwan in Serie gefertigt wird und dann alle Teile wieder in Frankfurt zusammen montiert werden. Er erklärte uns auch, wie die Trikes überprüft und dann auf ihre Reise ausschließlich zu Fachhändlern geschickt werden.

Später kam dann der spannendste Teil der Exkursion mit dem Probefahren von Trikes und E-Trikes.

Ein fahrradbegeisterter Mitarbeiter zeigte uns dabei auch sein voll verkleidetes Liegedreirad, ein „Velomobil“, mit dem er schon 16 km in 16 Minuten geschafft hatte.



Velomobil

Nachdem wir mit den Trikes herumgekurvt waren und uns vor allem mit dem Rückwärtsgang der E-Trikes ausreichend vergnügt hatten, ging es wieder in den Besprechungsraum.

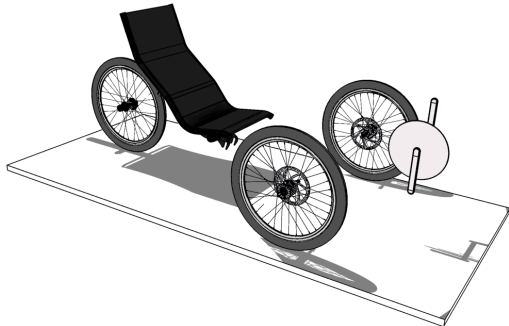


Probefahrten mit viel Spaß

Dort bekamen wir einen ausführlichen Vortrag eines dort angestellten Fahrzeugingenieurs namens Martin über die Bauweisen von Trikes. Wir erfuhren spannende Eigenschaften über Tadpole- und Delta-Trikes, verschiedene Reifenprofile und noch sehr viel mehr. Schnell wurde uns klar – hinter einem richtig guten Dreirad stecken weit mehr theoretische Überlegungen als gedacht, von denen wir nun einige anführen möchten.

Dreiradbauarten

Es gibt zwei grundsätzliche Möglichkeiten, ein Liegedreirad zu konstruieren:

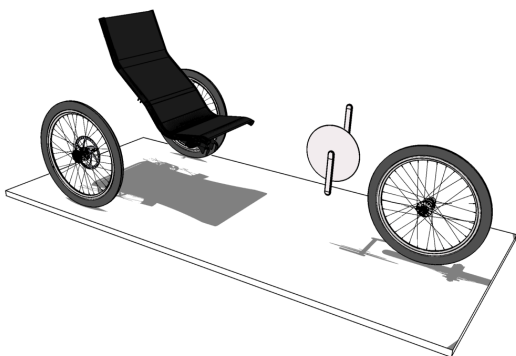


Tadpole Trike (Bild: HPVelotechnik)

Das sog. Tadpoledreirad (engl. = Kaulquappe) hat vorne zwei Räder. Für die Lenkung müssen spezielle Anfertigungen verwendet werden.

Der Antrieb ist einfach zu realisieren, da die Kraft direkt über eine Kette vom Kettenblatt auf die Ritzel übertragen werden kann (ähnlich „normales“ Fahrrad).

Der Radstand muss nicht so weit sein, da das Tretlager zwischen den beiden vorderen Rädern liegen kann. Dadurch wird es kompakter, aber es wird auch kippanfälliger.

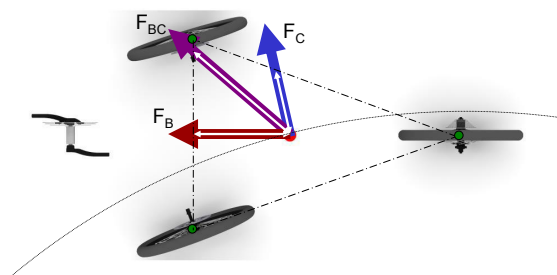


Delta-Trike (Bild: HPVelotechnik)

Das sogenannte Deltadreirad hat hinten zwei Räder. Da die Lenkung wie bei einem „normalen“ Fahrrad über das einzelne Vorderrad funktioniert, ist sie einfacher zu realisieren. Dafür ist der Antrieb komplizierter, weil die Kraft nicht auf ein mittig positioniertes Rad übertragen wird.

Der Radstand muss weiter sein, da das Tretlager zwischen Vorder- und Hinterrad liegen sollte. Dadurch wird es sperriger, aber es wird auch kippstabiler.

Die Kurvenfahrt beim Dreirad ist schon etwas Besonderes. Es wirken wie bei einem „normalen“ Fahrrad die Zentrifugalkraft (blauer Vektor) entgegengesetzt zum Mittelpunkt der Kreisbahn und die Trägheit der Masse nach vorne (roter Vektor). Doch beim normalen Fahrrad kann eine die Zentrifugalkraft ausgleichende Kraft durch Neigung des Fahrrads zum Mittelpunkt der Kreisbahn erzeugt werden. Aus Vektoraddition ergibt sich der resultierende Vektor (lila Vektor). Dies ist die resultierende Kraft. Fällt sie aus dem Dreieck, welches entsteht, wenn man die Naben der drei Räder mit einander verbindet, kippt das Dreirad.



Vektoraddition (Bild: HPVelotechnik)

Um dies zu verhindern, kann zum einen der Radstand verlängert werden, da dadurch das Dreieck größer wird (dadurch ist auch das Deltadreirad kippstabiler). Zum anderen kann der Fahrer selbst etwas zu seiner Sicherheit tun. Entgegen der weitverbreiteten Praxis, erst in der Kurve abzubremesen, ist es effektiver, schon vor der Kurve das Tempo herabzusetzen und dadurch die Trägheit der Masse (roter Vektor) zu verringern. Ebenso ist die Zentrifugalkraft (blauer Vektor) kleiner und insgesamt wird die resultierende Kraft (lila Vektor) geringer, was die Gefahr umzukippen verhindern kann. Andererseits kann er sich auch während der Kurvenfahrt Richtung Kreismittelpunkt lehnen (da der Mensch die ausschlaggebende Masse im System ist, beeinflusst er dadurch den gesamten Schwerpunkt) und dadurch der Zentrifugalkraft entgegenwirken. Die bestmögliche Sicherheit erreicht man selbstverständlich, wenn man beide Methoden gleichzeitig anwendet.

Nach diesen Eindrücken stiegen wir dann alle in den Bus, der uns wieder mit Klatsch-KüA zurück nach Adelsheim brachte. Wir hatten alle sehr viel Spaß und fanden, dass es ein gelungener und sehr informativer Tag war. An dieser Stelle wollen wir uns nochmal ganz ausdrücklich für die gelungene Zusammenarbeit mit HPVelotechnik, die Exkursion und die Bereitstellung von einem Trike und einem Liegefahrrad bedanken.



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 Salzsäure¹. Das führt zu dem, 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 zugeordneten 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 unterstützte 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

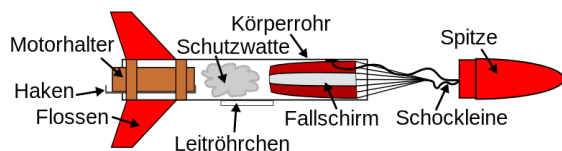
Unsere Gruppe bestand aus Dora, Maria, Franziska, Johanna, Tobias und Korbinian. Unser Ziel war es, umweltfreundliche Treibstoffe herzustellen, um die Modellrakete fliegen zu lassen. Wir arbeiteten im Labor, aber auch im Kursraum, denn wir mussten nicht nur die Treibstoffe anmischen, sondern sie vorher 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 Modellrakete²

Da Modellraketen im Normalfall nicht mehrstufig, sondern einstufig sind, wird als Rake-

tenkörper 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 „Flutterband“ 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.

²Abbildung: 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.

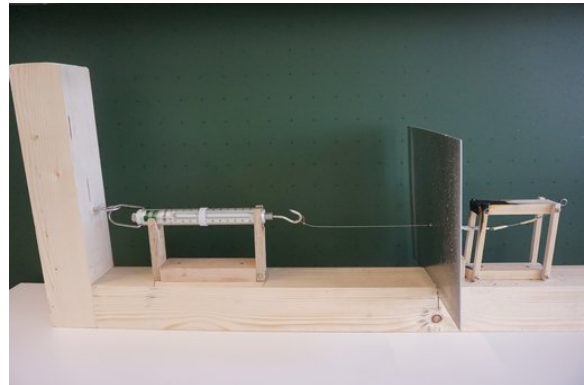
Im Labor wurde fleißig gewogen, gemörsert, vermischt, karamellisiert, gegossen, geschüttet, geputzt und dokumentiert. Selbstverständlich kamen auch die Tests nicht zu kurz; diese umfassten sowohl den Abbrand als auch die Schubmessung.



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 Gitarrensaiten 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 Bergungssys-

tem: 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 unregelmäßigen 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, so dass 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 Gewichteten, die wir in der Planung im Vorfeld nicht berücksichtigt 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 zusammenpuzzeln 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 Kammer-

druck 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 Zwetschenbaum dort, der sehr leckere reife Zwetschen 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 Überlebens-technik 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 Akademiengelände 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 weiteren 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 Gettewert 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.

Kursübergreifende Angebote und weitere Veranstaltungen

Theater-KüA

DORA BRÜGGEMANN, REBECCA HILD

Zum diesjährigen Akademiemotto „Brücken“ wurde ein passendes Theaterstück mit dem Titel „ÜberBrücken“ zum Abschlussabend der Sommerakademie inszeniert. Das Theaterstück schrieben unsere KüA-Leiterinnen Ina Hochhuth und Lena Friedrich frei nach dem Roman „Dash4Zoe“ von R. Swindells.

Bevor die Rollen verteilt wurden und das Stück einstudiert wurde, hatten wir Teilnehmer die Chance, uns in das Theaterspielen und dessen Gestik und Artikulation einzufinden, da es für die meisten etwas komplett Neues war. Beim Impro-Theater konnte jeder dann feststellen, ob ihm eher eine große oder kleine Rolle liegt oder, was bei unserem Stück auch sehr wichtig war, ob man sich lieber in einen reichen oder armen Charakter hineinversetzen kann. Nachdem sich jeder eine Rolle ausgesucht hatte, wurden uns die Skripte ausgeteilt.

Das Theaterstück handelt von zwei Jugendlichen und ihrer Liebe zueinander. Dash liebt Zoe und Zoe liebt Dash. Beide erzählen von ihrer Liebe, die eigentlich nicht existieren dürfte. Denn Dash ist ein Chippy und Zoe ein Subby. Alle Brücken zwischen den reichen Subbys und den armen Chippys wurden abgeriegelt oder zerstört und werden zusätzlich von der Inneren Sicherheit der Subbys kontrolliert, um jeden Kontakt zwischen Subbys und Chippys zu verhindern.

Während Zoe wohlbehütet in einer der blitzsauberen Vorstädte aufwächst, kämpft Dash zwischen Chaos und Anarchie um sein Überleben, wobei er immer wieder Probleme mit den Dreds, einer gefährlichen Gang, bekommt. Bei einem zufälligen Aufeinandertreffen funkt es zwischen Dash und Zoe, und sie versuchen alles, um sich wiederzusehen. Doch dabei stürzen sie

sich mehrmals in Lebensgefahr, was den beiden jedoch egal ist. Sie lieben sich und wollen sich nicht von irgendjemand auseinanderreißen lassen.

Zoe sieht nur eine Möglichkeit, mit Dash zusammen sein zu können: Sie muss zu ihm. Als Zoe zu Dash flieht, gibt es für die Beiden kein Zurück. Sie kämpfen zusammen gegen alle Anderen für ihre Freiheit und hoffen auf eine gemeinsame Zukunft ohne Innere Sicherheit und Dreds.



Dem Publikum wurde nicht nur die äußere Handlung des Stückes präsentiert, sondern es wurden durch eine Erzählerin von Zoe und einen Erzähler von Dash die inneren Monologe parallel erzählt. So wurden die Gedanken und vor allem die Gefühle der beiden zueinander

ander auf eine interessante Art und Weise gezeigt. Das Theaterstück stellte sich als sehr anspruchsvoll heraus, und es musste viel geprobt werden, was wir Teilnehmer jeden Tag in der Mittags-KüA-Schiene gerne taten. Die Hauptrollen probten teilweise auch noch fleißig abends weiter. Uns wurde gezeigt, wie mit wenig Requisiten und einfachem Bühnenbild ein wundervolles Theaterstück entstehen kann – weniger ist manchmal mehr. Um den Fokus auf die Gefühle und die Emotionen des Theaterstücks zu legen, drehte sich alles um schwarz und weiß, den Kontrast zwischen arm und reich.

Wir hatten sehr viel Spaß, uns mit den Kostümen, den Requisiten und der Maske auseinander zu setzen und unsere eigenen Ideen hierbei mit einzubringen. Für das Kostüm benötigte die Hälfte also ein komplett schwarzes Outfit und die andere ein komplett weißes. Viele Klamotten wurden ausgetauscht und auch Nicht-Theater-KüA-Teilnehmer halfen fleißig mit, um eine tolle Garderobe zusammen zu stellen. Aber wir scheuten uns auch nicht, spontan im Internet ein passendes Kleid zu bestellen. Bei den Überlegungen der Maske hatten alle viel Spaß. Haare wurden toupiert, Gesichter mit Ruß und Kayal vollgeschmiert, strenge Frisuren mit Unmengen von Gel entstanden, Zöpfe wurden geflochten, weiße Umrandungen um Augen und rote Lippen wurden geschminkt und letztendlich passten alle perfekt in ihre Rolle.

Als Requisiten dienten Müllsäcke mit Zeitungspapier gefüllt, welches die Koffer der Teilnehmer bei der Hinfahrt teilweise enorm beschwerten, und weiß bemalte Pappkartons. Das Bühnenbild konnte von Szene zu Szene durch die wenigen Requisiten schnell verändert werden, und der Umbau wurde auch oft in das Theaterstück integriert. Das ganze Theaterstück wurde von passender Musik und interessanten Filmausschnitten unterlegt, die das Stück noch optimierten und die Verhältnisse sowie die Lebensumstände der Charaktere verdeutlichten, und so gingen wir Teilnehmer nach den Proben oft mit einem Ohrwurm zum anschließenden Kurs.

Die Arbeit mit allen Teilnehmern und den Leiterinnen an dem Theaterstück war anstrengend,

aber mit sehr viel Spaß verbunden. Wir sind zu einer tollen Gruppe zusammengewachsen, haben viel über das Theaterspielen gelernt und haben eine erfolgreiche Inszenierung auf die Bühne gebracht, was nur möglich war durch Ina und Lena. Danke für eure Geduld und einfach alles!

Musik-KüA

RIA ROSENAUER

Sowohl die Teilnehmer in der Theater-KüA als auch die der Musik-KüA hatten ein Problem: Durch das viele Proben musste man auf viele andere interessante KüAs verzichten. Doch Elisabeth und Johannes Kohlmann leiteten die KüA so gut und brachten so viel Spaß mit, dass alle dabei blieben und sich kaum jemand einmal beschwerte. Jeden Tag trafen wir uns in der Mittags-KüA-Schiene und bereiteten Stücke für den Hausmusikabend und den Präsentationstag vor.



Wir waren schon eine seltsame Konstellation, die sich täglich zusammenfand: eine Geige, ein Cello, zwei Querflöten, eine Blockflöte, zwei Klarinetten, zwei Trompeten, ein Saxophon, eine Gitarre, ein Bass, ein Schlagzeug und ein Klavier. Aber kein Problem für Elisabeth und Johannes! Klassik stand zwar nicht mehr auf dem Programm, doch dafür coole Bigband- und Filmmusik. Natürlich begannen wir sofort, fleißig zu proben. Schon nach dem ersten Durchlauf stellten Elisabeth und Johannes fest, dass wir „das beste Orchester in all ihren sieben Jahren an der Science Academy“ waren. Wenn das kein gutes Omen war!

Nachdem Chattanooga Choo Choo beinahe

auf Anhieb funktioniert hatte, war die West Side Story schon schwieriger. Der Rhythmus war komplizierter, und wir fingen öfters an zu schleppen, doch nachdem wir bei einer speziellen Bassprobe die Basis gesetzt hatten, hörte es sich schon viel besser an. Außerdem: Was wäre das Orchesterspielen, wenn alles auf Anhieb klappt? All das Proben hat uns sehr viel Spaß gemacht.

Neben den normalen Orchesterstücken gab es noch die Möglichkeit, in kleineren Ensembles Stücke einzuüben und diese am Hausmusikabend vorzutragen. Das bedeutete natürlich noch mehr Proben, aber am Hausmusikabend zahlte sich all die Mühe aus.



Auch hierbei unterstützen Elisabeth und Johannes uns tatkräftig: Das Plenum war voll, und langsam beruhigten sich alle. Dann begannen wir mit dem ersten Stück: Miss Marple. Großer Applaus ertönte, als wir mit dem Stück, dass alle bisher nur als Aufnahme gehört hatten, fertig waren. Nach einer kurzen Ansprache von Clarissa ging es auch schon weiter mit den Ensemble-Stücken: Von einem bombastischen Trompetenduo bis zum allseits bekannten Pink Panther – alles war geboten. Danach kamen noch die Orchesterstücke. Es lief gut, und alle waren zufrieden; der Abend war ein voller Erfolg!

Abschließend können wir nur sagen, dass Elisabeth und Johannes uns wunderbar durch diese Zeit geführt haben. Wir haben über die Musik viele Brücken zueinander gebaut und sehr viel voneinander gelernt: Aus einem wild zusammengewürfelten Haufen Instrumente ist ein richtiges Orchester geworden! Vielen Dank!

Sport

Neben der vielen, aber auch echt lustigen Denkarbeit durfte natürlich der Sport nicht fehlen – dafür sorgte unsere liebe Sportmentorin Valentina.

Frühsport

DAVID HORLACHER

Für alle Frühaufsteher und/oder Sportbegeisterte unter uns gab es beinahe jeden Morgen ein Frühsportprogramm von 7 Uhr bis 7:30 Uhr, meistens in Form einer morgendlichen Jogging-Runde. Jeden dritten Tag jedoch fand stattdessen der „Kraftzirkel“ in der Turnhalle statt. Die Idee des Kraftzirkels stammte von der Sport-KüA-Leiterin Valentina und hatte zum Ziel, den Sportinteressierten weitere alternative Trainingsmöglichkeiten anzubieten. Zwischen 12 bis 16 interessierte Akademie-Teilnehmer nutzen den Kraftzirkel aktiv, um gemeinschaftlich zu trainieren und Spaß zu haben. Der Zirkel umfasste insgesamt neun Stationen, die von bis zu zwei Personen gleichzeitig genutzt werden konnten. In der Regel trainierte man an den jeweiligen Stationen mit dem eigenen Körpergewicht oder mit Medizinbällen. Nach 50 Sekunden wurden die Stationen im Kreis durchgewechselt, das Signal zum Wechsel gab uns die Musik, die dazu verstummte. Nach 20 Minuten intensiven Trainings war das Zirkeltraining zu Ende. Während der zweiwöchigen Akademie wurde der Kraftzirkel an einem Nachmittag in Kombination mit Taekwondo angeboten.

Einmal bot eine ehemalige Schülermentorin einen Zumba-Kurs an, der auch total viel Spaß machte. Morgens mit anderen Sport zu machen, verbreitet einfach gute Laune. Es ging noch kurz zum Duschen und dann zum wohlverdienten Frühstück.

Mittags-/Abendschiene

CARLA SCHNEIDER

„Sport ist Mord!“, das kann man von der Sport-KüA nicht sagen, ganz im Gegenteil – sie machte richtig Spaß und war ein toller Ausgleich zu den wissensreichen Kursen. Die Sportangebote

variierten stark, und das nicht nur wegen der tollen Biete-Suche-Stellwand. Geleitet wurde die KüA entweder von Valentina oder begeisterten Teilnehmern, die uns anderen Anfängern ihre Sportart näher brachten. Die Hitze zu Beginn der Akademie ließ sich am besten mit Wasserspielen kompensieren, sodass zum Beispiel beim Völkerball der Ball schlichtweg durch einen nassen Schwamm ersetzt wurde. Wir betrieben aber auch normale Sportarten wie Fußball oder Tischtennis. Beim Beachvolleyball begannen wir erst mit Pritsch-, dann mit Baggerübungen. Anschließend probierten wir uns auch noch im Schmettern. Jetzt konnte das richtige Spiel beginnen und wir wurden immer besser, auch in den Pausen übten wir mit viel Spaß immer weiter.



Wer nicht Volleyball spielte war auf dem Sportplatz daneben zu finden, wo wir Fußball, Basketball oder sonst irgendetwas spielten. Die Basketball-KüA von Maria und Anton wurde gleich zweimal angeboten. Wir begannen mit einem kleinen Warm-up und Ball Handling. Bei den beiden sah es richtig einfach und lässig aus, dabei ist es ganz schön schwer, den Ball durch die Beine zu dribbeln. Nach den wichtigsten Spielregeln begannen wir mit Bamp: Dabei geht es vorrangig um das Körbwerfen und Spaß haben. Den Schluss bildete ein kleines richtiges Spiel. Doch und gerade weil immer Anfänger und Profis zusammen spielten, machte es großen Spaß. Das waren nur zwei Beispiele von unserem coolen Sportprogramm, es gab auch Tennis oder Fußball. Neben den bekannteren Sportarten gab es auch KüAs zu rhythmischer Sportgymnastik oder Taekwondo. So hatten wir immer viele Möglichkeiten uns auszutoben und viel Spaß zu haben.

Sportfest

CARLA SCHNEIDER

Ein „klassischer Siebenkampf“ – das wurde uns angekündigt. Die Schülermentoren boten extra noch eine Trainingsstunde davor an, und wir versuchten die ganze Zeit, die Disziplinen zu erraten. Wir versammelten uns kursweise bei der passenden Hütchenfarbe. Zu Beginn wurde aufgrund der warmen Wetterlage der 8-km-Lauf, zur Freude aller, gestrichen. Doch dann nahmen die Seltsamkeiten ihren Lauf – ersetzt wurden Sprint, Hürden, Weitsprung und Wurf durch Teamspiele mit hohem Anspruch an die Geschicklichkeit und mindestens ebenso hohem Spaßfaktor.

Ganz professionell gab es auch eine medizinische Versorgungsstation mit Erste-Hilfe-Angebot, aber auch isotonischem Getränk und Traubenzucker. Und natürlich wurde auch eine Doping-Kontrolle durchgeführt, wie sich es eben gehört. Unsere Aufgaben waren nun Teebeutelweitwurf, das A, ein Auto den Berg hochziehen, ein Spinnennetz ohne Berührung der Seile zu durchqueren, ein Wikingerschiff in Form einer Bank und Holzstäben zum Überqueren des bösen Meeres in der Turnhalle und ein Staffellauf mit Tennisbällen (statt Eiern) auf einem Löffel. Vielleicht sind wir ja die Trendsetter dieser neuen Sportarten, aber auf jeden Fall erforderten sie vollen Einsatz von allen – Besonders von den Schülermentoren, die immer lauthals den Schlachtruf anschrien.



Das eine besondere Highlight gab es nicht – es war alles sehr lustig. Die Sieger wurden am Bergfest gekürt: Der Germanistik-Kurs gewann mit seinem Spruch „Perdemus cum honore“ (wie verlieren mit Ehre) zwar den Preis für

den besten Schlachtruf, setzen ihn aber gleich beim eigentlichen Sportfest in die Tat um. Die Raketen-TheoPraxler und cout « lauten Informatiker wurden 5. und 4. Als erster auf's Treppchen gehen durfte der abgefahrene Physikkurs mit seinem 3. Platz. Einen besseren Zusammenhalt bewies der Chemie-Kurs und schaffte den 2. Platz. Die Astronomen-Positronen gewannen das Sportfest. Doch Spaß gehabt hatten alle!



Kampfsport

CARLA SCHNEIDER

Die Teilnehmerin Ida und die Schülermentorin Jenny boten abends eine Selbstverteidigungs-KüA an, welche regen Zuspruch bekam, da Selbstverteidigung sehr nützlich ist. So begannen wir mit Warmlaufen und Dehnen. Anders als beim Fußball dehnten wir zum Beispiel auch unsere Handgelenke, um uns nicht zu verletzen.

Wir fingen mit den richtigen Falltechniken an. Bei den beiden sah es richtig einfach aus, doch wir mussten es noch ein wenig üben. Wir ließen uns rückwärts auf eine Weichbodenmatte fallen; doch Achtung: Wer die Arme instinktiv nach hinten ausstreckt, droht sich den Arm zu brechen. Richtig ist es, sich rückwärts abzurollen und mit den Händen in einem V neben den Körper zu schlagen.

Anschließend übten wir das Vorwärtsfallen. Dabei fiel man zuerst auf die Knie und auf die Unterarme, wobei das Hauptgewicht mit dem Handballen abgefangen wurde. Hier gab es noch zu beachten, dass die Hände nicht zu Fäusten geballt werden sollten. Und natürlich durfte das Seitwärtsabrollen nicht fehlen – den Kopf anziehen und über eine Schulter abrollen. Alles leichter gesagt als getan, trotzdem hatten wir eine Menge Spaß beim Üben.

Nachdem wir nun wussten, wie man richtig fällt, erklärten Ida und Jenny uns eine Befreiungstechnik für den Fall, dass man an den Handgelenken festgehalten wird. Dazu überkreuzt man die Arme, hebt sie hoch und dreht seine Hände dann nach außen. Das übten wir solange bis die Handgelenke einheitlich rot waren.

Dir will jemand in die Haare fassen? Dann

mach die typische Jungsbewegung, um die Haare zu richten, so bekommt der Angreifer nur deine Hand zu fassen. Falls er es doch geschafft haben sollte, umfasse seine Hand mit deinen Händen und geh in die Knie, denn dann wird das Festhalten schmerzhaft. Es gibt noch viele weitere Verteidigungstechniken, doch wir schafften nur noch eine weitere: Wenn du von jemand mit einem Gegenstand bedroht wirst, ducke dich nicht, sondern gehe aus dem zu erwartenden Schlagweg.

Als Abschluss zeigte uns Jenny noch eine Wettbewerbskür vom Taekwondo. Hier möchten wir uns bei den beiden herzliche bedanken. Allen hat es super viel Spaß gemacht!

Taekwondo

CARLA SCHNEIDER

Nachdem wir begeistert aus der Selbstverteidigungs-KüA gegangen sind, fanden sich noch einige Interessenten, die so etwas noch einmal machen wollten. Diesmal stand Taekwondo auf dem Plan. Nach gemeinsamen Aufwärmen und Dehnen standen Kicks im Mittelpunkt. Bei den Profis sieht es einfach aus, doch das Bein in die korrekte Position zu bringen und dann gut zu kicken, ist echt schwer. Mit dem Kick auf den Bauch, Paltung-Chagi, machten wir den Anfang. Als Variation kann man einen Kick auch einspringen oder eindrehen: Das sieht cooler aus, erfordert aber auch viel Übung. Beim Training gilt es einiges zu beachten. Zunächst muss man bedenken, dass das Bein angewinkelt hochgezogen und dann erst gestreckt wird. Für Taekwondo muss man nicht der Muskelprotz sein, denn mit Schnelligkeit und nicht mit Kraft

erreicht man seine maximale Trittstärke, wie wir lernten.

In einer anderen Disziplin werden verschiedene Elemente vereint, was sich dann Formenlauf nennt. Dabei kommt es mehr auf Ästhetik als auf Funktionalität an. In anderen Bereichen gibt es Drehkicks mit über 540 Grad oder gesprungene Kicks mit 3–5 Kicks auf einmal. Jenny demonstrierte uns einige Kicks eindrucksvoll, und jetzt wünschen wir ihr viel Erfolg bei den Europameisterschaften! Und danke fürs Erklären, so etwas hätten wir daheim nie gelernt.

Rhythmische Sportgymnastik

ANNE K. KESSLER

Nach kurzem Aufwärmen wurde uns bei der KüA zur Rhythmischen Sportgymnastik (RSG) vor allem schnell klar, dass viele Dehnübungen nicht so einfach sind, wie sie bei Melina, der Schülermentorin aus dem Informatik-Kurs, ausgesehen hatten. Weiter ging es mit verschiedenen Sprüngen, angefangen bei dem wohl bekannten „Pferdchensprung“. Das beherrschten alle recht gut, und wir wagten uns an das Band, eins der fünf Geräte in der RSG: Ball, Band, Reifen Keule und Seil. Melina zeigte uns ein paar „einfache“ Figuren mit dem Band. Bei manchen klappten sie schnell, bei anderen herrschte am Anfang noch ziemlicher Bandsalat. Verschiedene Würfe wurden uns auch beigebracht, die viele nach ein bisschen Üben recht gut beherrschten. Eins der schönen Dinge dabei war auch, dass keiner durch zu weit geworfene Bänder getroffen, geschweige denn verletzt wurde.

Nach und nach wurden aber immer mehr KüA-Teilnehmer von den am Anfang ausgelegten Bodenläufern verführt, und die KüA schwang nach und nach zur Turn-KüA um. Während Valentina mit manchen einen schönen Handstand übte, turnten andere Figuren, die sie schon konnten. Sie reichten von Rolle über Rad und Radwende bis hin zu Bogengang und Handstandüberschlag. Im Großen und Ganzen war die KüA sehr erfolgreich, denn neben neu Erlerntem, konnte man auch schon bekannte Sachen ausprobieren. Dank Jenny und ihrer



Kamera mangelte es ebenso wenig an tollen Bildern wie an Spaß. Vielen Dank an alle, die die RSG-KüA möglich gemacht haben!

Klatsch-KüA

TILL BERGMANN

Am Montag, den 5. 9. wurde in der Abendschienne die Klatsch-KüA angeboten. Geleitet wurde sie von der Schülermentorin Jenny. Anfangs ließen sich nicht viele in dieser KüA blicken, da nebenbei das beliebte „Wildhüten“ angeboten wurde. Auch wir waren auf der Suche nach dem Wildhüten, konnten es aber nicht finden. Nachdem Jenny und weitere Betreuer uns überredet hatten, haben wir beim Klatschen einer Choreografie teilgenommen. Relativ schnell hatten wir den Dreh raus, und konnten dabei auch herumalbern. Zum Schluss hatten wir die Idee, die Choreographie am Abschlussabend vor den Eltern aufzuführen. Dafür brauchten wir allerdings mehr Teilnehmer, und somit trafen wir uns am darauffolgenden Tag nochmals mit mehr begeisterten Klatschern. Am Abschlussabend konnten wir mit dem Klatschen nochmal eine kleine Show bieten, und das bedeutet auch, dass die KüA ein voller Erfolg war. Vielen Dank Jenny und Melina!

Zirkus-KüA

STEFANI ASENOVA, MARIO FEIFEL

Die Zirkus-KüA war eine der größten KüAs in der Akademie. Sie wurde von Helena und Mario geleitet, welche das Inventar ihres Zirkus bzw. ihrer AG geplündert hatten und nun uns zur Verfügung stellten. Die KüA fand fast jeden Abend statt, an manchen Tagen sogar mittags; immer mit unzähligen Teilnehmern. Dort haben sie gelernt, wie man jongliert, Diabolo spielt und vieles mehr. Die beiden Leiter konnten es gar nicht fassen, wie schnell die Tricks und Techniken von den Teilnehmern erlernt wurden und welche Talente hierbei ans Licht traten: „Ich habe noch nie so viele Leute so schnell jonglieren lernen sehen!“ (Helena)



Außerdem wurden von den Teilnehmern auch Wettbewerbe organisiert, wie zum Beispiel: „Wer rennt die längste Strecke während er jongliert?“ Dadurch pushten sie sich gegenseitig hoch und brachten sich selbst oder gegenseitig neue Tricks bei. Am Ende der Akademie haben die Leiter sowie die Teilnehmer in einem kurzen Auftritt beim Abschlussabend gezeigt, was sie in den zwei Wochen gelernt haben.

Hans im Glück

JULIA GRÄBER

Bei diesem Spiel, das von den Schülermentoren organisiert und geleitet wurde, war es unsere Aufgabe, wie im Märchen „Hans im Glück“ einen Gegenstand gegen etwas Wertvolleres einzutauschen. Wir begannen mit einem Apfel

und gingen in drei Gruppen nach Adelsheim, wo wir von Haus zu Haus zogen. Die meisten Leute fanden das Spiel lustig und tauschten beziehungsweise beschenkten uns gerne und großzügig. Das Feilschen und „Ausrauben“ der Adelsheimer machte uns sehr viel Spaß. Zum Schluss kamen wir mit einer Belüftungsanlage, Süßigkeiten, Geld, Büchern und vielen weiteren Dingen an, und jede Gruppe teilte ihre „Beute“ auf. Diese wurde durch eine Packung Gummibärchen für meine Gruppe, die am erfolgreichsten war, ergänzt. Darüber freuten wir uns natürlich sehr. Ich glaube, dass „Hans im Glück“ allen gefallen hat und hoffe, dass dieses tolle Spiel auch für die zukünftigen Akademiejahrgänge angeboten wird.

Back-KüA

DORA BRÜGGEMANN, REBECCA HILD

Da man in der Science Academy unter anderem den Süßigkeitenbedarf von ganz 2016 zu sich nimmt, war es sehr wichtig, dass es eine Back-KüA gab, um auch schon den Bedarf der Jahre danach abzudecken. Grund für die Teilnahme an dieser KüA waren also nicht nur Spaß am Backen, sondern auch das anschließende Essen. Es kamen ein paar Teilnehmer in die Leiterküche, die eher damit beschäftigt waren, den Teig aufzuessen, bevor dieser überhaupt fertig war. Das Salzen des Mürbteiges durfte natürlich nicht fehlen, und David wollte diesen Job unbedingt übernehmen.



Der Mürbteig wurde anschließend in die Formchen gedrückt, da das Nudelholz zu dem Zeitpunkt noch nicht gefunden wurde und erst nach dem Backen aufgetaucht ist. Hierbei hat sich

Julio als wahres Backtalent bewiesen. Die Zeit der Törtchen im Ofen spielte keine große Rolle, Hauptsache die Törtchen schmeckten am Ende gut.

Die tiefgefrorenen Beeren, die auf dem Mürbeteig mit einem Sahneguss Platz nehmen sollten, waren schon halb aufgegessen, bevor die Törtchen in den Ofen kamen. Die Sahne war für extreme Vanilleliebhaber genau das Richtige, denn es macht doch einen Unterschied, ob man nur ein Päckchen Vanillezucker nimmt oder zwei. Wir fanden es alle nicht schlimm, die fertige Törtchen nicht an einem Tisch zu essen, obwohl es sich bei zwei Teilnehmer als richtige Herausforderung herausstellte, denn Matthias konnte seine Sahne dann von der Hose essen und Valentin den Boden wischen, der mit Beerensaft verklebt wurde. Dennoch hat der Abend in der Leiterküche Spaß gemacht und allen hat es gut geschmeckt.

Tanz-KüA

LAURIN SARTORI

Eine KüA, die dreimal in der Abendschiene stattfand, war das Tanzen. Wir lernten dort die Grundschrirte und die ersten Figuren von Standard- und Lateintänzen. Diese waren zum Beispiel Cha-Cha-Cha, langsamer Walzer oder auch der Wiener Walzer. Die KüA wurde von Petra und Rebecca geleitet. Doch auch diejenigen, die schon tanzen konnten, kamen hier nicht zu kurz, da die meiste Zeit Musik lief und man auch das tanzen konnte, was man schon beherrschte.



Fit für die Zukunft – Teil 1: Zeitmanagement

JULIA HEIN

Heutzutage ist Zeitmanagement eine wichtige Sache (jeder von euch kennt sicher das Gefühl, dass die Zeit davon rennt). Deswegen haben wir uns auch damit beschäftigt. Frau Kühn ist dafür extra angereist, denn sie ist Spezialistin in Sachen Zeit. Beruflich ist sie Diplom-Pädagogin und Systemischer Coach.

Am Anfang der KüA haben wir uns erst einmal gefragt, was denn unsere Zeitfresser sind. Dabei ist herausgekommen, dass das Internet (sei es am Handy oder am Laptop) viel Zeit raubt, aber auch ein unaufgeräumter Schreibtisch dazu führen kann, andauernd beim Arbeiten abgelenkt zu werden.

Anschließend haben wir uns mit den Einflussbereichen beschäftigt. Dabei haben wir uns überlegt, auf welche Aktionen wir direkten, indirekten oder gar keinen Einfluss haben. Während dieser Aufgabe ist uns klar geworden, dass sich sehr vieles in unserem direkten Einflussbereich befindet und man so recht gut steuern kann, was und wann man es macht. Natürlich gibt es auch Aufgaben, die wir nicht beeinflussen können, da ein Auftraggeber (bei Hausaufgaben zum Beispiel der Lehrer) oftmals nur im indirekten Einflussbereich steht.

Nun bestand die Aufgabe für alle, einen Fragebogen auszufüllen, bei dem es hauptsächlich um das Arbeitsverhalten ging (Schweife ich beim Arbeiten oft ab? Mache ich viele Sachen vielleicht zu gründlich, wodurch Zeit flöten geht? Mache ich mehrere Sachen parallel?) Dieser Fragebogen hat uns geholfen, zu erkennen, wo wir noch an unseren Techniken für effizienteres Arbeiten feilen und basteln können und auch, was wir vielleicht schon ganz gut machen.

Im Anschluss dazu hat uns Frau Kühn verschiedene Modelle und Methoden vorgestellt, um Arbeit und Zeit zu sparen und die anstehenden Aufgaben zu priorisieren. Den meisten von uns hat das Wichtig-Dringend-Modell am besten gefallen: Anhand einer Tabelle kann man entscheiden, ob die anstehenden To-Do-Listenpunkte 1) dringend und wichtig oder 2) dringend, aber unwichtig oder 3) nicht drin-



gend, aber wichtig oder 4) nicht dringend und nicht wichtig sind.

Das hilft dabei, die Aufgaben nach Wichtigkeit aufzulisten, um den Überblick nicht zu verlieren. Als erstes werden die dringenden und wichtigen Sachen erledigt, dann die wichtigen, die noch etwas Zeit haben, danach die unwichtigen, aber dringenden und wenn noch Zeit ist (oder man mal Langeweile haben sollte) kann man sich auch mal dem Handy widmen.

Vielen von uns hat die Zeitmanagement-KüA sehr gut gefallen, und hoffentlich können wir jetzt einige der kennengelernten Methoden im Schulalltag umsetzen, damit wir Wichtiges gleich erledigen und dafür im Endeffekt mehr freie Zeit haben.

Fit für die Zukunft – Teil 2: Motivation

HENRIETTE NEUSCHWANDER

Fast jeder kennt auch diese Situation: Man weiß genau, was man tun muss und dass man es sofort erledigen sollte, aber es fehlt einfach die Motivation. Um solche Situationen vermeiden zu können, lernten wir in dieser KüA einige Methoden, mit denen man sich selbst oder auch andere motivieren kann.

Zunächst besprachen wir die Tricks und Techniken, die wir bereits kannten. Danach brachte uns Frau Kühn noch einige andere bei: Das ressourcenorientierte Formulieren, dessen bekanntestes Beispiel wohl „Das Glas ist halb voll“ im Gegensatz zum mangelorientierten „Das Glas ist halb leer“ ist. Um sich ressourcenorientiert auszudrücken, sollte man keine Übertreibungen

und Generalisierungen verwenden und zuerst Positives, dann sinnvolle Ergänzungen nennen.

Ebenfalls hilfreich können kleine Gesten sein, mit denen man sich selbst, aber auch anderen zu mehr Motivation und einem besseren Gefühl verhelfen kann: Zum Beispiel durch aufrechtes Sitzen, mit einem Lächeln (auch im Spiegel), durch Blickkontakt oder das Ansprechen mit dem Namen. Die Frage „Was habe ich davon – jetzt oder in naher Zukunft beziehungsweise in ferner Zukunft?“ kann dabei helfen, ein Ziel zu finden, auf das es sich hinzuarbeiten lohnt.

Am Ende durften wir selbst testen, welche tolle Wirkung nur wenige nette Worte haben können. Dafür musste sich eine Person mit dem Rücken zu allen anderen hinsetzen, die dieser Person dann sagten, was sie an ihr gut finden. So verließen die Teilnehmer die KüA voll neuer Motivation.

Crêpe-KüA

SARAH MICHEL

Einen Nachmittag haben zwei Akademie-Teilnehmer als KüA-Leiter mit zehn weiteren Schülern zwischen Töpfen, Schüsseln und dem heißen Crêpe-Eisen in der Leiterküche verbracht. Nachdem wir erfahren mussten, dass man die Einkaufsliste leicht mit dem Rezept verwechseln kann und der Zucker für die Karamellsauce endlich begonnen hatte zu schmelzen, haben wir schließlich mehr oder weniger schöne Crêpes bzw. Pfannkuchen hinbekommen. Trotz dem ein oder anderen Schönheitsfehler haben diese sehr lecker geschmeckt! Außerdem haben wir nach Anbetracht der gefüllten Bäuche und der noch fast halb vollen Schüssel sogar noch ein paar Crêpes für die Kursleiter herstellen können.

Entspannungs-KüAs

JULIA HEIN

Die Akademie war wunderschön, aber auch anstrengend. Deswegen war die Entspannungs-KüA genau das Richtige, denn es ist wichtig, sich im Alltag bewusst Pausen zu gönnen. Im

stressigen Alltag kommt die Entspannung nämlich meistens zu kurz, was zu Verspannungen und Kopfschmerzen führen kann. Eine Methode, die gezielt beim Stressabbau helfen kann, ist die Progressive Muskelentspannung. Dabei spannt man bewusst bestimmte Muskelpartien an und entspannt diese im Anschluss wieder. Das warme, schwere Gefühl am Ende dieser Übung trägt ungemein zur Entspannung bei.

Anschließend haben wir einige Atemübungen gemacht, die den Puls beruhigen und in stressigen, akuten Situationen (z. B. das Lampenfieber vor unseren Präsentationen) angewendet werden können. Gemeinsam haben wir den Sonnengruß (Yoga) gemacht, bei dem man die Energie der Sonne in sich selbst aufnimmt und Kraft schöpfen kann. Wer wollte, konnte zu entspannender Musik noch Mandalas ausmalen oder die Zeit für sich nutzen und ein bisschen für sich sein. Super, dass so viele gekommen sind und dann wieder entspannt in die Akademie starten konnten.

Wildhüten

CHRISTIAN WILD

Da wir im LSZU, dem Landesschulzentrum für Umwelterziehung zu Gast waren, wurde von Jörg traditionell eine Umwelt-KüA angeboten.

Um Tiere schützen zu können muss man wissen, wie viele es gibt und in welchen Gebieten sie leben. Damit wir selbst im Tierschutz aktiv werden können, sollten wir lernen, Tiere zu zählen. So können wir die Wissenschaftler mit aktuellen Zahlen der Tierbevölkerung unterstützen und ihnen so diese aufwendige Aufgabe abnehmen.

Solche Angaben müssen jedoch fundiert sein; mit falschen oder ungenauen Ergebnissen kann die Wissenschaft nichts anfangen. Also mussten wir uns als erstes im Kreis aufstellen und den Eid ablegen, über die Regeln des Wildhütens Stillschweigen zu bewahren und so Halbwissen zu vermeiden. Einen Teilnehmer schreckte diese große Verantwortung ab, doch wir anderen schworen ernsthaft. Danach wurden die Regeln des Zählens erklärt – die ich hier aufgrund meines Schwurs natürlich nicht erwähnen darf – und wir begannen mit dem Training.

Natürlich hatten wir nicht die Zeit, nach Alaska zu fliegen und dort mit dem Helikopter die Steppe zu überfliegen, deswegen wurden realistische Gebiete mit vor Ort verfügbaren Hilfsmitteln generiert.



Die Ausbildung der Ranger ist in sechs Stufen nach Tieren und Bauten eingeteilt: Auf Stufe eins zählt man nur einfach zu zählende Tiere, danach wird es schwieriger. Um ausbilden und Prüfungen abnehmen zu dürfen, muss man Stufe sechs absolvieren.

Insgesamt kann ich sagen, dass mir die KüA sehr gut gefallen hat und wir alle sehr viel gelernt haben. Anfangs dachte ich, es ginge um eine normale Schulung für umweltbewusstes Handeln mit Tipps, die man immer hört, doch im Gegenteil: Die KüA hat mir eine vollkommen neue Art des Einsatzes für die Umwelt näher gebracht und meinen Horizont erweitert.

Freundschaftsbändchen-KüA

NATHALIE NIEDERBUDDÉ

Am Samstag in der abendlichen KüA-Schiene trafen sich ca. 15 AkademieteilnehmerInnen, um mit der Anleitung von Caroline, Julia und Nathalie Freundschaftsbändchen herzustellen. Wie wir festgestellt haben, geht Flechten deutlich schneller als Knüpfen, und das wiederum schneller, als spiralförmige Bänder zu machen. Auch war der schnelle Verbrauch der Germanistik-Lila-Töne bemerkenswert, sowie die Mengen an benötigtem Tesa.

Nach einer Stunde waren die meisten natürlich noch nicht mit ihren Bändern fertig, sodass es schon eine Beschäftigung für die nächsten Abende gab. Ich hoffe und denke, dass alle



TeilnehmerInnen einen schönen Abend miteinander verbracht haben.

Schreib-KüA

PASCAL ZILKE

Julika, die Schülermentorin des Germanistik-Kurses, bot in der zweiten Woche die Schreib-KüA an. Dabei schrieben wir zusammen an verschiedenen, kleinen Ausschnitten eines Romans. Besonders toll war es, dass wir, die Teilnehmer dieser KüA, uns ebenso gut untereinander verstanden, wie auch unsere Schreibstile und Ideen zusammenpassten. Dies war auch der Grund, aus dem wir uns überlegt haben, unsere E-Mail-Adressen auszutauschen und so auch nach dem Ende der Akademie weiterhin an unserem Roman arbeiten zu können.

In diesem geht es um einen Menschen, der sich durch ein seltsames Ereignis damit zurechtfinden muss, ein Außenseiter zu sein. Doch schließlich erinnert er sich und stellt fest, dass dies früher einmal anders gewesen war. So bringt er den Mut auf, sich seinem unausweichlich scheinendem Schicksal zu stellen.

Unsere Hauptperson ist eines Tages in eine andere Welt gekommen. Da diese sehr modern ist, lassen sich hier gut unsere Interessen, der Science-Fiction- und der Fantasy-Roman, wie auch die reale Geschichte verbinden. Abschließend lässt sich nur sagen, dass es toll ist, dass die Schreib-KüA auch nach der Akademie noch weiterexistiert, und so dürft ihr gespannt sein, ob wir den ersten Akademieroman veröffentlichen.

Knete machen

SARAH MICHEL

Die Knet-KüA, die gleich am ersten richtigen Akademietag stattfand, wurde von dem Informatikkursleiter Michael angeboten und hat uns Teilnehmern sehr gefallen. In der Leiterküche wurde bunte Knete aus einfachen Zutaten wie Mehl, heißem Wasser, Öl, Zitronensäure und Lebensmittelfarbe hergestellt. Unsere Hände blieben einer Verfärbung zwar nicht verschont, doch ich finde, dass es das wert war. Vielen Dank Michael für diesen gelungenen Nachmittag.



Philosophie-KüA

JAKOB FREUDENBERGER

Philosophie ist schon lange eines meiner Interessengebiete, mit dem ich mich intensiv auseinandersetze. Dabei habe ich allerdings schnell feststellen müssen, dass nur wenige Menschen ebenfalls Gefallen an dieser Geisteswissenschaft finden und aktiv darüber diskutieren können. In der JuniorAkademie stieß ich allerdings sehr schnell auf viele Interessierte, und meine KüA bereitete mir und vielen der Teilnehmer große Freude.

Insgesamt habe ich die KüA zweimal angeboten, und beide Male wurde sie, sehr zu meiner Freude, gut besucht. Beim ersten Mal behandelten wir die „klassischen“ griechischen Philosophen wie Sokrates, Aristoteles und Platon. Erst gingen wir als Gruppe die Theorien der einzelnen Philosophen durch, anschließend diskutierten wir über diese. Die Diskussion verlief

sehr produktiv und leidenschaftlich, jeder Teilnehmer brachte sich ein. Thematisch wechselten wir dabei schnell und unbewusst zwischen vielen Themen hin und her: Von der generellen praktischen Durchführbarkeit einer Philosophie über den potenziellen Wahrheitsanteil der Philosophie bis hin zur Abgrenzung von Philosophie gegenüber der Theologie.

Beim zweiten Mal behandelten wir mit derselben Vorgehensweise die Vorsokratiker – die griechischen Naturphilosophen. Hier war die Diskussion weniger leidenschaftlich, aber viel abstrakter, wahrscheinlich da wir uns hier eher mit Metaphysik statt Ethik beschäftigten. Die Diskussion befasste sich vorerst mit Heraklits Dialektik (Die Welt entsteht durch das polare Zusammenspiel zweier gegensätzlicher Kräfte) sowie anschließend mit der Erkenntniskritik des Xenophanes (Der Mensch wird nie die absolute Wahrheit erkennen können).

Insgesamt war die KüA meiner Meinung nach ein voller Erfolg, mir bereitete sie großen Spaß. Ich hoffe, vielen Teilnehmern erging es ähnlich. Ich denke generell, dass es in der JuniorAkademie viele potentielle Philosophen gibt, und es jedem Teilnehmer zu empfehlen ist, sich zumindest ansatzweise mit diesem hochspannenden Thema auseinanderzusetzen.

Werwolf-KüA

VALENTIN KRÜPER

„Die Sonne geht unter und der Schatten des Mondes legt sich über das kleine Dorf Dusterwald. Die Dorfbewohner kommen von der Arbeit vom Feld und gehen erschöpft zu Bett und schlafen sofort tief und fest. Doch plötzlich durchdringt ein Gejaule wie von einem Wolf die Nacht, und man sieht den Schatten einer großen Kreatur ... Am nächsten Tag finden die Dorfbewohner eine tote Frau auf dem Marktplatz, und alle sind sich sicher, dass kann nur eine teuflische Gestalt getan haben. Ein Werwolf! Sofort beginnt eine Debatte, wer das getan haben könnte ...“

Diese oder ähnliche Worte sagt der Erzähler vor jeder Runde „Werwolf“. Dies ist ein Diskussionsspiel, bei dem es zwei Gruppen gibt: Auf der einen Seite die Dorfbewohner, auf der

anderen die Werwölfe. Das Ziel der Werwölfe ist, alle Dorfbewohner zu töten, ohne dabei aufzufallen. Die Dorfbewohner wollen das logischerweise verhindern, indem sie die Werwölfe bei der Anklage am Morgen hinrichten. Jedoch kann es auch passieren, dass dabei kein Werwolf, sondern ein Dorfbewohner stirbt.



Es gibt auch noch spezielle Charaktere wie die Hexe. Sie kann das Opfer der Werwölfe heilen und einmal eine beliebige Person töten. Eine andere Figur ist der Jäger. Wenn er stirbt, darf er eine Person erschießen. Diese und weitere Sonderkarten, wie „Spickelmädchen“, „Seherin“ oder „Armor“, lassen das Spiel sehr spannend werden.

Unser beliebtester Platz war immer die Bank vor dem LSZU II. Leider konnten wir dort nicht allzu viele Runden spielen, da die Runden doch sehr lange gingen. Deshalb beschlossen wir, nur maximal drei Minuten für die Anklage zu nutzen, um schneller ein Opfer zu finden. Bei den Anklagen gab es manchmal sehr witzige Argumente, um eine Person umbringen zu können, zum Beispiel: „Ich habe seine Hand gespürt, als er auf das Opfer gezeigt hat.“ oder „Bei ihm hat was geraschelt“. Die Verteidigungen der Angeklagten waren oft aber auch nicht besser: „Ich bin doch kein Werwolf. Ich glaube du bist einer! Ich klage dich an!“, weshalb oft der Erstbeste getötet wurde. In einer Runde konnte die Hexe die Werwölfe besonders gut ärgern. Die Werwölfe legten ihr Opfer fest, und es war, was für ein Zufall: die Hexe. Diese heilte sich logischerweise und tötete zur Rache den Werwolf, der neben ihr saß. Am Morgen, als alle aufwachten, freute sich der Werwolf darüber, dass die Hexe gestorben war. Doch als der Erzähler dann sagte, dass der Werwolf tot sei, sah der

Werwolf – wie sagt man so schön – „dumm aus der Wäsche“.

Kartenspiele-KüA

AMELIE AMANN, ALICIA APPELHAGEN

In anfangs drei Gruppen, gegen Ende zwei, spielten wir am Abend des 3. 9. Spiele wie „Arsch“ und „UNO“. Dabei saßen einige draußen im Schulgarten, andere im Eckenberggymnasium, wo es sich schwierig gestaltete, einen funktionierenden Lichtschalter zu finden ... Dennoch hatten wir viel Spaß und spielten trotz Mangels an Licht begeistert weiter. In unserer Gruppe spielten wir einige abwechslungsreiche, lustige Runden „Arsch“, in denen die meisten von uns auch mindestens einmal der „Arsch“ waren.

Seifenblasen-KüA

LUCAS SCHMITZ

Am 5. 9. war es endlich soweit, die Seifenblasen-KüA fand statt. Auch wenn das Wetter nicht ganz so schön war, wurden selber Seifenblasenringe gebastelt und Riesenseifenblasen gemacht – wenn anfangs auch mit Problemen und Überraschungen.



Nach ein paar Minuten probierten wir nun auch die Konstruktion von Jana aus, bei der man in einer Seifenblase stehen kann, wenn es funktioniert. Leider hat dies nicht funktioniert, aber wir hatten trotzdem alle Spaß mit den Riesenseifenblasen. Nach dem großen Erfolg am ersten Tag wurde die Seifenblasen-KüA am nächsten Tag bei bestem Wetter wiederholt,

diesmal mit noch mehr Teilnehmern als am ersten Tag. Die einen machten Riesenseifenblasen, die anderen lagen in der Sonne und entspannten, und nochmal andere versuchten, die Seifenblasen zu jagen oder wurden von ihnen belästigt, weil sie immer zu ihnen flogen und über ihnen zerplatzten. Insgesamt war es eine der besten KüAs – zumindest meiner Meinung nach.

Zeitungs-KüA

TOBIAS SCHWIENDEK

Jeden Morgen wurde ab 7 Uhr parallel zum Joggen die Zeitungs-KüA angeboten – nur dass sich dafür nicht immer Teilnehmer auftreiben ließen ... Kurzzeitig wurde deshalb sogar darüber nachgedacht, ein kursübergreifendes Angebot für frustrierte Schülermentoren einzurichten. Schon am nächsten Tag geriet diese Überlegung durch eine überdurchschnittlich gut besuchte Zeitungsleserunde (in Worten: fünf Teilnehmer!) in den Hintergrund. Dieser „Hype“ war jedoch nur von kurzer Dauer. Als die Schülermentoren mal wieder alleine gelassen wurden, griffen sie in die Werbetrickkiste: Dem Plenum präsentierten sie zwei echte Zeitungsberichte und eine frei erfundene Meldung, um die „komplett unmotivierten JuniorAkademiker“ zum Besuch der KüA zu bewegen.

Grundsätzlich trafen sich alle Interessenten in der Sofaecke des Leitergebäudes, wo diverse Printmedien auslagen. Der einzige Haken der ganzen Sache: Die Aktualität der Meldungen, denn es waren stets nur die Zeitungen des Vortags anzutreffen. So konnten wir zwar mühelos die gestrige Wetterprognose auf ihren Wahrheitsgehalt hin prüfen, für aktuelle Infos und Sportergebnisse wurde jedoch lieber Onkel (und aus Gründen, die Feministinnen nur zu gut kennen, auch Tante) Google befragt. Die Zeitungs-KüA befindet sich somit im Wandel der Zeit: Nicht ganz ohne Grund werden digitale Angebote immer beliebter. Für Lacher und Gesprächsstoff im Plenum sorgten so auch weniger die politischen Sommerthemen als vielmehr witzige Meldungen über entlaufene Kängurus oder Pferde auf der Autobahn.

Geheimer Freund

VALENTIN KRÜPER

„Lieber Martin, ich hoffe, du hast einen schönen Tag, viel Spaß in deinem Kurs
Küsschen Miss X“ (Zitat: Miss X)

Der „Geheime Freund“ war an manchen Tagen eine unserer Aufgaben. Diese Aufgabe umfasste, dass jeder einen Namen zog und man den dann nicht verriet. Zuerst sollte jeder einen anonymen Brief schreiben, in dem eine kleine Erheiterung oder ein schöner Satz stand. Diesen Brief sollte man dann im Laufe des Tages der Person geben, die man gezogen hatte.

Einige bekamen öfter was, manche was Schöneres. Zum Beispiel bekam Martin nach dem Wandertag einen Aprikosenkern, Lukas dagegen bekam ein selbst gebauten Smiley aus Eicheln und Holz.

Die meisten rätselten während der ganze Akademie, wer sie gezogen haben könnte, manche wissen es immer noch nicht (ich inbegriffen). Das wurde jedoch am Doku-Wochenende eröffnet.

Die meisten hatten sehr viel Spaß mit ihrem Geheimen Freund und dessen Nachrichten. Jeder sprang sofort auf, wenn einem ausgerichtet wurde, dass ein Brief gekommen war und viele waren aufgeregt, als sie ihre Briefe öffneten.

Der bzw. die wohl bekannteste „Geheime(r) Freund(in)“ war „Miss X“, die Martin als Partner gezogen hatte. Denn sie schickte meist nicht nur einen Brief pro Tag, sondern manchmal sogar drei Stück. Sie schrieb ihm Briefe, die sehr an Liebesbriefe erinnerten (einen dieser Briefe konntet ihr oben lesen).

Das Beste aber war, dass meist jeder wusste, wer der „Geheime Freund“ ist, außer man selbst, und hätte es am Dokuwochenende keine Auflösung gegeben, dann wüsste man es vermutlich immer noch nicht.

Gute-Nacht-Geschichte

TOBIAS SCHWIENTEK

Manch einer mag sich an seine zwickenden und feuchten Windelhöschen zurückerinnern haben, als er im Tagesplan die „Gutenachtgeschichte

um 22.10 Uhr“ präsentiert bekam. Wie anders wäre es sonst zu erklären, dass sich am ersten Abend nur sehr wenige zu dieser späten Runde einfanden? Nachdem sich jedoch recht schnell herumgesprochen hatte, dass witzige, manchmal sogar themenbezogene Geschichten zu Gehör gebracht wurden, wuchs der Andrang so sehr, dass im obersten Stockwerk des Schülergebäudes Platzmangel herrschte.

Äußerst beliebt bei den Teilnehmern waren zum Beispiel die „Känguru-Chroniken“ von Mark-Uwe Kling. In der Ich-Perspektive berichtet der Autor von seinem Zusammenleben mit einem kommunistischen Beuteltier, das Schnapspralinen über alles liebt, durch Angerufenwerden Geld verdienen möchte und seinen Wohnungspartner mit subtilen Methoden wie dem Abspielen von Youtube-Videos zum Badschrubben bewegen möchte.

Auch wurde der eheliche Kommunikationsklassiker „Das Frühstücksei“ von Lorient in exakt gefühlten 4½ Minuten serviert oder auch am Vortag der Rotation in „Goldene Regeln für einen gelungenen Vortrag“ eingeführt. Gut gelaunt ging es anschließend ins Zimmer und um 22.30 Uhr ins Bett – zumindest theoretisch.

Themenabend

RIA ROSENAUER

Am 11. Februar 2016 veröffentlichten Forscher erstmals einen direkten Nachweis von Gravitationswellen. Ein unglaublich spannendes und vor allem aktuelles Thema – und deshalb ging es am Themenabend der Science Academy 2016 genau darum. Prof. Dr. Matthias Bartelmann vom Institut für Theoretische Astrophysik der Universität Heidelberg hielt einen einstündigen Vortrag mit anschließender Fragerunde.

Zunächst erklärte er sehr anschaulich die Grundzüge der allgemeinen Relativitätstheorie. Demnach krümmt Masse den Raum. Beweisen kann man das durch verschiedene Experimente, beispielsweise durch den Gravitationslinseneffekt. Dabei sehen wir das beobachtete Objekt entweder mehrfach oder verzerrt durch die Ablenkung des Lichtes. Ein weiterer Effekt der allgemeinen Relativitätstheorie sind die Gravitationswellen. Sie entstehen dadurch, dass

sich Massen durch die Raumzeit bewegen. Die Wellen können sich laut Einstein nur mit Lichtgeschwindigkeit ausbreiten und stauchen bzw. strecken den Raum dabei.



Der indirekte Nachweis der Gravitationswellen gelang bereits durch Messungen in den Jahren nach 1974, doch lange Zeit war es nicht möglich, die Gravitationswellen direkt nachzuweisen. Erst am oben erwähnten Datum gelang dies schließlich, 100 Jahre nachdem Einstein es in der Theorie darlegte. Es ist nicht möglich, alle Gravitationswellen zu messen, wir können nur die stärksten von ihnen tatsächlich detektieren. Die Kollision von zwei schwarzen Löchern beispielsweise erzeugt sehr starke Gravitationswellen, welche wir heute messen können. Die Vorrichtungen zum Messen der Gravitationswellen, sogenannte Michelson-Interferometer, müssen unglaublich präzise sein. Die Tatsache, dass es erst 2016 gelungen ist, Gravitationswellen direkt nachzuweisen, liegt daran, dass die Detektoren erst jetzt genau genug sind.

In der anschließenden Fragerunde wurden noch viele interessante Fragen gestellt und Prof. Dr. Matthias Bartelmann erzählte uns etwas über sein Leben und wie und warum er Professor wurde.

Für alle war der Themenabend ein sehr spannender Abend mit vielen neuen Informationen. Es hat unglaublich Spaß gemacht, dem Vortrag zuzuhören und jeder von uns weiß jetzt, welch bahnbrechender Nachweis am 11. Februar 2016 veröffentlicht wurde und warum das so außerordentlich besonders war: eine Sternstunde der Physik!

Bergfest

HENRIETTE NEUSCHWANDER, RIA
ROSENAUER

Wissenschaftlern wird häufig nachgesagt, dass sie nicht feiern können. Beim Bergfest haben wir eindeutig das Gegenteil bewiesen. Zu cooler Musik und mit jeder Menge Snacks feierten wir die Halbzeit in der Akademie und die gelungene Rotation.

Von den Organisatoren wurde ein abwechslungsreiches Programm zusammengestellt. Es begann mit einer Vorführung der Zirkus-KüA, die in vielen Aspekten beeindruckend war. Herumwirbelnde Stäbe, tolle Jonglierkünste und passende Musik, alles in nur einer Woche zusammengestellt. Die anschließenden Gemeinschaftsspiele – nicht nur wie üblich für bis zu 6 Personen, sondern für mehr als 60 – brachten richtig Stimmung und es wurde angefeuert, herumgewuselt und gelacht. Das sich daran anschließende Quiz war zwar etwas chaotisch, trotzdem hatten alle Teilnehmer viel Spaß.

Bevor wir zum Party-Teil übergangen, musste aber noch etwas Wichtiges erledigt werden: Zwei Siegerehrungen standen auf dem Programm. Das waren zum einen die Siegerehrung des Sportfestes und zum anderen die Kür des besten Motivationsspruchs.



Während die Astronomen souverän das Sportfest gewannen, wurden die Germanisten für den besten Motivationsspruch ausgezeichnet: „Perdemus cum honore“. Danach konnte die eigentliche Party losgehen. Die Musik wurde im Vorfeld gut ausgewählt, und es war sofort eine super Stimmung da. Als wir alle ins Bett mussten, konnten wir uns nur mit dem Gedanken

trösten, dass es am Abschlussabend weitergehen würde.

Wandertag

VALENTIN KRÜPER

Der Wandertag war ein besonderer Tag, an dem wir nicht nur keinen normalen Tagesablauf hatten, sondern auch nicht in der Mensa zu Mittag aßen. Für diesen Tag teilten wir uns in drei Gruppen auf, um in unterschiedlichen Wegen zu einem schönen Bauernhof zu wandern, wo dann auch das Mittagessen stattfinden sollte.

Unsere Gruppe startete als letzte und hatte den „schwersten“ Weg, da wir querfeldein durch den Wald laufen mussten. Einige von uns kannten teilweise schon den Weg, weil die Jogging-KüA jeden Tag auch in dem Wald joggte. Als wir aus dem Wald kamen, hatten wir direkt unsere erste Hürde zu meistern, da wir einen steilen Abhang hinunterlaufen mussten. Dies war jedoch leichter als gedacht, und so kam jeder wohlbehalten unten an.

Doch dann kam direkt unser nächstes Problem: Wir befanden uns nämlich auf einer Baustelle, die eigentlich niemand betreten durfte. Deshalb kam sofort der Bauleiter angelaufen und meinte, wir dürften uns hier nicht aufhalten. Doch Anna und Rebecca regelten das, und so konnten wir unsere Wanderung fortsetzen. Ich schätze, in den nächsten Jahren wird dieser Weg gemieden werden, da bei unserer Wanderung mindestens drei Paar Schuhe am Matsch der Baustelle verendeten.

Nachdem wir die Baustelle hinter uns gelassen hatten, kamen wir zu einem Fluss, den wir überqueren sollten, und so kamen wir zu unserer nächsten Hürde. Über diesen Fluss führte keine Brücke, sondern bloß eine Slackline. Dabei verloren wir eine Menge Zeit im „Wettrennen“ gegen die zwei anderen Gruppen, da es schwerer ist, eine Slackline zu überqueren, als man denkt. Doch zum Glück hatten wir eine zweite Slackline für die Hände. Jennifer, die Schülermentorin im Kurs Physik, war fleißig mit „Knipsen“ beschäftigt, und dabei sind viele tolle Bilder entstanden.

Nachdem wir das geschafft hatten, mussten wir



noch an einem Seil einen Hang hochklettern und dann hatten wir den Bahnhof Adelsheim Nord erreicht, der manchen aus unserer Gruppe bekannt vorkam, da diese dort mit dem Zug angekommen waren. Nun kam der anstrengendste Teil. Wir mussten auf der Straße laufen, und das bei gefühlten vierzig Grad. Nach ungefähr fünfhundert Metern bogen wir auf einen Schotterweg ab, dem wir eine Weile folgten. Nach einer halben Stunde etwa liefen wir in den Wald und hatten endlich die Hälfte unseres Weges geschafft. Denn Michael (Kursleiter Informatik) wartete an einem Bauernhof auf uns und versorgte uns mit Getränken und Laugengebäck. Als wir uns alle kurz ausgeruht hatten, liefen wir weiter. Um uns von dem noch bevorstehenden Weg abzulenken, spielten wir das Spiel „Wem gehört das Dreieck“ oder redeten miteinander, und es funktionierte, denn wir waren nach einiger Zeit dann wirklich am Ziel.

Der Bauernhof war sehr schön, doch keiner aus unserer Gruppe interessierte sich dafür, da man entweder zu erschöpft oder zu hungrig war, um das wahr zu nehmen. Das Beste war aber, dass wir gegen alle Erwartungen die schnellste Gruppe waren. Wir waren alle so hungrig, dass wir nicht auf die anderen Gruppen warteten, was sich später auch als die richtige Entscheidung herausstellte. Nach einer Weile kam dann auch die zweite Gruppe. Nach mehr als einer Stunde war dann schließlich auch die erste und letzte Gruppe erlöst und hatte ihr Ziel erreicht.

Jeder hatte seinen Spaß, und schließlich kam auch der Zeitpunkt des Aufbruchs, an dem wir uns sammelten und zurückliefen. Als wir wieder in Adelsheim ankamen, war jeder überrascht, da wir für den Rückweg gerade einmal eine halbe Stunde gebraucht hatten (unser Hinweg

dauerte circa drei Stunden). Alles in allem war es ein sehr schöner Tag in der Natur, der jedem von uns sicherlich in Erinnerung bleiben wird.

Abschlussabend

CASSEDY BROSE

Nachdem die Abschlusspräsentationen erfolgreich absolviert waren, gab es ein sehr leckeres Buffet, und alle aßen gemeinsam mit Eltern und Freunden bei ausgelassener Atmosphäre. Direkt im Anschluss folgte der offizielle Teil des Abschlussabends, für den sich sowohl Eltern, Freunde, Kursleitung, Schülermentoren und Akademieleitung als auch die Teilnehmer in der Turnhalle versammelten. Eingestimmt wurde, wie auch schon jeden Morgen zum Plenum, mit dem „Miss Marple Theme“ von Ron Goodwin, was immer ein Zeichen für uns Teilnehmer war, dass es nun losgeht.



Ganz im Zeichen des diesjährigen Akademiemottos stand die anschließende Theateraufführung „ÜberBrücken“, die frei nach dem Roman „Dash4Zoe“ von R. Swindells von der Theater-KüA inszeniert wurde. Die Darsteller, KüA-Leiterinnen und Techniker ernteten einen riesigen Applaus für die tolle Aufführung.

Danach folge ein weiteres Mal eine musikalische Einlage des Orchesters mit Chattanooga Choo Choo von Harry Warren, „The Shire“ aus Herr der Ringe von Howard Shore und einem Medley aus „West Side Story“ von Leonard Bernstein. Man konnte dabei die Begeisterung der Musiker bei jedem Ton spüren. Auch mit einer äußerst ungewöhnlichen Orchesterbesetzung musizierten sie hervorragend.

Die anschließenden Danksagungen, bei denen jeder Kurs inklusive Leiter und Schülermentoren auf die Bühne gebeten wurde, wurden durch eine unerwartete Klatscheinlage der Teilnehmer unterbrochen. Verantwortlich dafür war Jenny, die damit eine tolle Idee hatte, den sonst etwas trockeneren Teil aufzulockern.

Den darauffolgenden Programmpunkt hatten wir den Teilnehmern Mario und Helena zu verdanken, die im Laufe der Akademie einige Male die Zirkus-KüA angeboten hatten. Daraus wurde dann auch eine kleine Aufführung für den letzten Abend, die spektakulär und toll anzusehen war. Den Einstieg gestalteten alle Teilnehmer der KüA mit Jonglage-Einlagen, worauf dann die Profis folgten, die über die Bühne wirbelten und damit alle Zuschauer verzauberten.

Und auch die Schülermentoren hatten sich etwas Außergewöhnliches ausgedacht und es unter dem Titel „Die ultimative Lösung für Alles“ angekündigt: Zur „Super-Mario“-Musik wurde in einem lustigen Tanztheater Peach durch Mario gerettet, worüber sich das Publikum prächtig amüsierte.

Zum Schluss hörten wir noch einmal Musik, jedoch nicht vom Orchester, sondern von den Adelsheimer Symphonikern, die dafür bekannt sind, immer die richtigen Töne zu treffen, vor allem aber auch gute Laune zu verbreiten.

Damit war der offizielle Teil auch schon beendet, und nachdem alle ihre Eltern verabschiedet hatten, kehrten wir wieder zurück in die Turnhalle, um aufzuräumen und anschließend die Sommerakademie zu feiern!



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 Rundumversorgung 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 Oberstudienleiter 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.