

JuniorAkademie Adelsheim

17. SCIENCE ACADEMY BADEN-WÜRTTEMBERG 2019



Astronomie



Biologie



Informatik



Mathematik



Philosophie



TheoPrax

**Dokumentation der
JuniorAkademie Adelsheim 2019**

**17. Science Academy
Baden-Württemberg**

Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2019:

Regierungspräsidium Karlsruhe
Abteilung 7 –Schule und Bildung–
Hebelstr. 2

76133 Karlsruhe

Tel.: (0721) 926 4245

Fax.: (0721) 933 40270

www.scienceacademy.de

E-Mail: joerg.richter@scienceacademy.de

monika.jakob@scienceacademy.de

rico.lippold@scienceacademy.de

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von der Kurs- und Akademieleitung sowie den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der 17. JuniorAkademie Adelsheim 2019 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mithilfe von L^AT_EX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter

Copyright © 2019 Jörg Richter, Dr. Monika Jakob

Vorwort

Rund 100 verschiedene „Elemente“ versammelten sich im Juni 2019 am Landesschulungszentrum für Umwelterziehung in Adelsheim, die 17. Science Academy Baden-Württemberg konnte beginnen. Am Eröffnungswochenende lernten wir uns kennen: Teilnehmerinnen und Teilnehmer sowie das gesamte Leitungsteam. Während der Sommerakademie entstanden aus den unterschiedlichen Elementen immer neue Verbindungen, und so entwickelte sich eine einzigartige Atmosphäre. Mit dem Schreiben dieser Dokumentation hielten wir am Abschlusswochenende neben den fachlichen Ergebnissen auch alle unsere persönlichen Erlebnisse fest.

Anlässlich des diesjährigen Jahrs des Periodensystems stand die Akademie unter dem Motto „Elemente“. Das Motto gibt durch verschiedene Aktionen und Aufgaben immer wieder Anlass zum Nachdenken und Reflektieren über die sehr intensive gemeinsame Zeit mit vielen neuen Erkenntnissen und Eindrücken.



In den sechs Kursen beschäftigten sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit dem Mond, nachhaltigen Medikamenten, Verschlüsselungsmethoden, mathematischer Magie und Kältemaschinen. Dabei probierten sie viele neue Methoden aus, erhielten einen Einblick in das wissenschaftliche Arbeiten und trainierten persönliche Fähigkeiten wie Teamwork, Präsentieren, Projektmanagement und vieles mehr.

Allerdings bestand die gesamte Akademiezeit neben den Kursen auch aus verschiedenen anderen Elementen wie den kursübergreifenden Angeboten, dem Sportfest, dem Wandertag und noch vielen weiteren gemeinsamen Aktionen.

VORWORT

Insgesamt entstand so die einzigartige Akademieatmosphäre, welche für neue Freundschaften, aber auch den ein oder anderen Ohrwurm sorgte.

Wir wünschen Euch und Ihnen viel Spaß beim Lesen und Stöbern, viele schöne Einblicke in unsere Akademiezeit und hoffen, dass Ihr Euch noch lange an die einzigartige gemeinsame Zeit erinnert!

Eure/Ihre Akademieleitung



Ranran Ji (Assistenz)



Lorenz Löffler (Assistenz)



Dr. Monika Jakob



Jörg Richter

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| VORWORT | 3 |
| KURS 1 – ASTRONOMIE | 7 |
| KURS 2 – BIOLOGIE | 31 |
| KURS 3 – INFORMATIK | 51 |
| KURS 4 – MATHEMATIK | 71 |
| KURS 5 – PHILOSOPHIE | 87 |
| KURS 6 – THEOPRAX | 117 |
| KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE | 139 |
| DANKSAGUNG | 155 |
| BILDNACHWEIS | 156 |

Kurs 1 – Der Mond: den Geheimnissen unseres kosmischen Nachbarn auf der Spur



Unser Kurs

Alexandra Auch wenn sie oft für Lottes Zwilling gehalten wurde, werden ihre leidenschaftlichen Ohnmachtsanfälle unvergessen bleiben. Durch ihre handwerklichen Fähigkeiten und ihr schnelles Erfassen der Situation war sie nicht nur beim Ausrichten und Vorbereiten der Teleskope, sondern auch bei den Entwicklungen unserer Mondmodelle nicht wegzudenken.

Pauline riskierte nicht nur beim Einfangen der Schafe ihr Leben für den Astro-Kurs, sondern auch bei waghalsigen Kraterexperimenten aus schwindelerregender Höhe. Nachdem sie als Henry vor der Polizei geflüchtet war, war sie mit großem Einsatz bei unseren Mondbeobachtungen dabei.

Lotte Auch wenn sie oft für Alexandras Zwilling gehalten wurde, war sie ein unverwechselbarer Teil unseres Kurses, denn sie zeigte

nicht nur ihr musikalisches Talent im Orchester der Akademie, sondern war auch stets hilfsbereit und hatte immer einen klaren Blick in schwierigen Situationen.

Nikolas Auch wenn das Duzen nicht zu seinen Stärken zählte, brachte er den Kurs mit seiner nie zu Ende gehenden Wissbegierde voran und ließ keine Frage aus. Hatte er eine Idee, hielt er an dieser fest. Stets auf der Suche nach dem Carutus Caluntum begeisterte er alle am Abschlusstag im Theaterstück der Akademie.

Jonathan S. Sein ansteckendes Lachen brachte alle zum Mitlachen, ein kurzes Grunzen genügte und keiner war mehr zu halten. Mit der Ekliptik kennt er sich aus wie kein anderer. Sein unverkennbarer Präsentationsstil beeindruckte alle und wird ihm bestimmt noch viele Türen in der Zukunft öffnen.

Jonathan W. „Ich muss so los“, einer seiner unverwechselbaren Ausrufe. Bei Rechnungen war er immer sofort zur Stelle und keine Herausforderung war ihm zu groß. Mit seinen Formeln und einer Karotte im Gepäck löste er jede Aufgabe. Sein Schreibstil ist unverkennbar, seine Sätze werden zu schwindelerregenden Kunstwerken. Hierbei konnte ein Satz schon einmal 100 Wörter umfassen. Außerdem ... äh ... egal!

Melanie Sie war stets bemüht, ihr Knie nicht noch weiter zu zerstören, als es bereits war. Ihr ständiger Begleiter war der Realismus, bis sie verkündete: „Ab sofort bin ich überzeugter Optimist!“

Das hielt jedoch keinen Tag, denn das Ergebnis unseres Kraterexperiments änderte alles. Durch ihre handwerkliche Begabung stellte sie so manche von uns in den Schatten.

Marc stach besonders durch seine stets beeindruckende Performance auf Bildern heraus. Präsentationen vor Journalisten gehörten zu seinem Spezialgebiet und mit seinen legendären Sprüchen brachte er uns nicht nur zum Lachen, sondern wird uns für immer in Erinnerung bleiben. Außerdem überzeugte er mit einem breiten Fachwissen, besonders beim Thema Teleskope.

Marko Die Anweisungen des Arztes und der Akademieleitung erfüllte er so oft wie möglich. Für einen Mittagsschlaf am Wegesrand war er immer zu haben, mit dabei natürlich seine Armschlinge als Schlafmaske. Durch seine herzliche Art und sein Engagement brachte er den Kurs nicht nur voran, sondern trug auch zu einer guten Stimmung bei.

Jessica Ihre Begeisterung für Astronomie trug sie nicht nur mit ihren T-Shirts nach außen, sondern zeigte diese auch in ihren Fragen. Als Sherlock Holmes war sie neben dem Mord im Theater auch der Entstehung des Mondes auf der Spur. Süßigkeiten durften bei ihr nie fehlen. Glücklicherweise teilte sie diese auch immer gerne. Als Erinnerung nahm sie mit Abstand die meisten Modelle mit nach Hause und bewahrt sie an einem Ehrenplatz auf.

Florian Seine legendäre Klavieraufführung war ein Highlight, von dem alle noch lange schwärmen werden. Er begeisterte jedoch nicht nur mit seinem musikalischen Talent, sondern brachte den Kurs mit seinen Beiträgen und seinen Präsentationskünsten voran. Er war für jeden Spaß zu haben, besonders das praktische Arbeiten lag ihm sehr. Er war einfach der Größte!

Larissa war nicht nur unser eigener Fanclub beim Sportfest, bei dem sie uns tatkräftig unterstützte, sondern war auch immer – trotz ihres verletzten Fußes – zur Stelle. Unseren Kurs bereicherte sie nicht nur durch ihr fachliches Wissen, sondern auch durch ihre Hilfsbereitschaft. In schwierigen Situationen bewahrte sie stets Ruhe und arbeitete konzentriert an Lösungen. Zu unserem Glück überlebte sie im Theater als Miss Marple den unerwarteten Mordanschlag der mysteriösen Lady, ihrer Kurskollegin Melanie.

Merit war für jeden Spaß zu haben, selbst wenn man sie an eine Laterne geklebt hat, war sie voll dabei. 100% – und noch mehr! Merit gibt immer alles für unseren Astro-Kurs, selbst wenn sie dabei ihre Stimme riskiert. Auch heiser gab es für sie keine Grenzen. Sie unterstützte uns, wo es nur ging und ermutigte uns immer, an uns zu glauben.

Dominik Mit seinem unglaublich großen Fachwissen war er jeder Frage und Aufgabe gewachsen. Er ermutigte uns immer, das Beste aus uns herauszuholen und stand uns stets zur Seite. In schwierigen Situationen kaufte er den örtlichen Supermarkt leer – von Toffifee über Karotten und noch vieles mehr, war alles dabei – und brachte es uns als Nervennahrung. Sein Humor ist unverkennbar.

Caro und Dominik sind nicht nur ein unschlagbares Team auf der Tanzfläche. In den zwei Akademie-Wochen brachte Caro uns ihre Begeisterung für Astronomie näher und zog uns in ihren Bann. Sie konnte uns auch die kompliziertesten Dinge leicht veranschaulichen. Sie sorgte auch für eines der Highlights der Akademie: den Sternenabend.

Höher, schneller, weiter

MERIT NEIBIG

... und noch explosiver – im Laufe der Akademie hat der Astro-Kurs nicht nur sich selbst übertrifft, um sein Zielobjekt zu erreichen, unseren Mond!

Da schien es das ein oder andere Mal so, als seien die verschiedenen Theorieeinheiten, in denen wir uns mit Themen rund um den Mond beschäftigten, nur ein Vorwand, um Gipsmodelle zu bauen und um mit Einschlagexperimenten die Gegend unsicher zu machen. Und natürlich um jede Menge Raketen in die Luft zu jagen, so dass es nicht selten über das gesamte Akademiengelände schallte: „3-2-1 ENTONAUT LIFTOFF!“

Stets gut gesichert mit Helmen und Schutzkleidung haben wir unsere Experimente durchgeführt, wobei selbstverständlich im Anschluss daran auch die Auswertung nicht fehlen durfte!

Daher haben uns auch so richtig die Köpfe geraucht, als wir Ellipsen mathematisch beschreiben wollten, den Abstand zwischen der Erde und ihrem Trabanten mit Hilfe eigener Mondfotos bestimmt haben oder versuchten herauszufinden, wie hoch unsere Rakete tatsächlich geflogen war.

Mit Feuer, Wasser, Mehl, Schwarzpulver und Strahlensatz. Mit Gips, Zement, Teleskopen, ganz viel Panzertape und – nicht zu vergessen – immer ausreichend Nervennahrung sind wir so in unseren gemeinsamen zwei Wochen dem Mond ein gewaltiges Stück näher gekommen und haben dabei bemerkenswerte Resultate erzielt, die in dieser Dokumentation zu bestaunen sind. Und die Ergebnisse der Berechnungen? Die waren zwar nicht immer sehr genau, aber es hat Spaß gemacht!

Beobachtung des Nachthimmels

MELANIE HAUFLER

Da in der ersten Woche der Akademie Neumond war, konnten wir uns dem Sternenhimmel widmen. Wir haben uns zuerst das Programm „Stellarium“ angeschaut, mit dem man den Anblick des Nachthimmels simulieren kann. So

wussten wir später, nach welchen Sternen und Planeten wir Ausschau halten konnten. Mit diesem Programm kann man auch genauere Informationen zu dem jeweiligen Himmelskörper erhalten. Wir haben uns einige dieser Parameter genauer angeschaut und ihre Bedeutung geklärt, z. B. die Helligkeit, den Abstand zur Erde oder Auf- und Untergang. Um uns auch am echten Nachthimmel zurechtzufinden, haben wir uns anschließend mit markanten Sternen und Sternbildern beschäftigt. Hierfür haben wir uns eine drehbare Sternkarte zur Hilfe genommen. Bei dieser stellt man Datum und Uhrzeit ein und erhält dann die Sternbilder, die gerade sichtbar sind. Als Orientierung benutzten wir das Sommerdreieck, das aus Wega, Deneb und Altair besteht.



Unsere im Dunkeln leuchtende drehbare Sternkarte

Nun konnten wir uns, bewaffnet mit unseren Sternkarten und einem Dobson-Teleskop, endlich den echten Sternenhimmel vornehmen. Wega entdeckten wir als erstes, da sie einer der scheinbar hellsten Sterne am Himmel ist und sich zudem direkt über uns befand. Östlich davon steht Deneb, der zum Sternbild Schwan gehört, und südlich Altair im Sternbild Adler. Jetzt teilte sich unser Kurs in zwei Teile auf. Die eine Hälfte beobachtete durch das Teleskop Jupiter und Saturn. Das war sehr eindrucksvoll, da es für einige von uns sogar das erste Mal war, diese beiden Planeten so nah und in echt zu sehen. Man konnte neben den Planeten selbst auch einige ihrer Monde sehen, bei Jupiter z. B. Io, Europa und Ganymed, ebenso die Saturnringe und den Mond Titan. Die andere Hälfte des Kurses machte sich auf die Suche,

einige der Sternbilder am Himmel wiederzuerkennen, die auf der Karte abgebildet sind. Zum Beispiel entdeckten wir den Großen und den Kleinen Bären mit dem Polarstern, oder auch die Kassiopeia.

Wir verbrachten einen sehr schönen und informativen Abend, an dem wir sowohl unser Fachwissen erweiterten als auch unseren Kurszusammenhalt stärkten.

Nachdem wir nun selbst zu Nachthimmel-Experten geworden waren, beschlossen wir, unser Wissen mit dem Rest der Akademie zu teilen. Wir haben in der Abend-KüA-Schiene einen Sternenabend veranstaltet, damit auch die anderen die wunderschönen und faszinierenden Himmelsobjekte kennenlernen und durch das Teleskop genauer beobachten konnten.

Umlaufbahn und Phasengestalt des Mondes

JONATHAN SEBASTIAN KURTH

Wenn man sich über Tage und Wochen hinweg den Mond anschaut, dann fällt einem sofort auf, dass der Mond immer etwas anders aussieht. Diese wechselnden Erscheinungsbilder bezeichnen wir als Mondphasen.

Die Mondphasen kommen dadurch zu Stande, dass nicht immer alle Bereiche der uns zugewandten Seite der Mondoberfläche von der Sonne beschienen werden und wir natürlich nur die beleuchteten Teile deutlich sehen können. Man unterscheidet grundsätzlich zwischen Neumond, zunehmendem Mond, Vollmond und abnehmendem Mond. Die Mondphasen sind also eigentlich ein Ausdruck der Tageszeiten auf dem Mond, nur dass ein Mondtag eben sehr viel länger als ein Erdtag dauert.

Die Worte „Mond“ und „Monat“ sind tatsächlich miteinander verwandt. Der Mond benötigt etwa einen Monat für einen Umlauf um die Erde. In unserem Kurs haben wir allerdings gelernt, dass es für die exakte Umlaufzeit des Mondes mehrere unterschiedliche Definitionen gibt. Zwei der wichtigsten sind die siderische Umlaufzeit und die synodische Umlaufzeit. Die siderische Umlaufzeit besagt, dass der Mond im Bezugssystem der fernen Fixsterne 27 Tage,

7 Stunden und 44 Minuten für einen Erdumlauf braucht. Ein Bezugssystem ist stark vereinfacht gesagt so etwas wie verlässliche Anhaltspunkte, an denen wir uns immer orientieren können, so wie man vielleicht beim morgendlichen Weg zur Schule beim Passieren einer markanten Stelle schon weiß, wie lange der restliche Weg noch dauern wird. Bei der synodischen Umlaufzeit betrachten wir dagegen den Zeitraum bis wieder exakt die gleiche Mondphase eintritt, z. B. Vollmond. Diese Zeit beträgt immer 29 Tage, 12 Stunden und 44 Minuten. Die beiden Umlaufzeiten haben wir im Kurs anhand eines menschlichen Beispiels nachgestellt, bei dem eine Person den Mond, eine zweite die Erde und eine dritte die Sonne darstellte.



Änderung der Mondphase über drei aufeinanderfolgende Tage hinweg, aufgenommen in der zweiten Akademiewoche

Das 1. Keplersche Gesetz besagt, dass sich die Planeten auf elliptischen Bahnen bewegen. In einem der Brennpunkte der Ellipsen steht in guter Näherung die Sonne. Das trifft grundsätzlich auch bei unserem kosmischen Nachbarn, dem Mond, zu. Als Mondbahn wird dabei die elliptische Umlaufbahn des Mondes um die Erde bezeichnet. Wie sehr eine Ellipse einem Kreis ähnelt, lässt sich mittels der Exzentrizität beschreiben, eine Exzentrizität von Null entspricht einem Kreis. Die Exzentrizität der Mondbahn beträgt 0,0549, das heißt die Umlaufbahn des Mondes um die Erde ist fast ein Kreis.

Zur Veranschaulichung haben wir im Kurs mittels einer Schnur und zwei Holzpflocken dann Ellipsen mit verschiedenen Exzentrizitäten im Beachvolleyballfeld konstruiert.

Libration und gebundene Rotation

JONATHAN WEIHING

Der Mond umläuft die Erde in einer gebundenen Rotation. Das bedeutet, dass der Mond uns immer die gleiche Seite zeigt. Das führt dazu, dass wir von der Erde aus nie die Rückseite des Mondes sehen werden, da sich der Mond in exakt derselben Zeit, die er für einen Umlauf um die Erde benötigt, um die eigene Achse dreht. Die gebundene Rotation entstand durch die Reibung, die durch die Gravitationskräfte zwischen der Erde und dem Mond zustande kommt.

Eine Folge dieser Kräfte sind auch Ebbe und Flut. Durch die Gezeiten hebt sich der Boden auf der Erde um etwa 30 cm, und an manchen Stellen im Meer kann der Effekt mehrere Meter betragen. Eine weitere Folge der Gezeiten ist, dass der Mond sich jährlich um ca. 3,8 cm von der Erde entfernt. Außerdem wird die Erdrotation abgebremst, weshalb die Tage mit der Zeit immer länger werden. Dieser Effekt ist jedoch so gering, dass pro Jahrhundert die Tageslänge nur um ungefähr 1,7 Millisekunden zunimmt.

Man geht davon aus, dass die Erde vor langer Zeit einen Tageszyklus von nur 20 Stunden hatte. In ferner Zukunft wird die Erde selbst auch in eine gebundene Rotation mit dem Mond gelangen. Diesen Effekt kann man auch an anderer Stelle in unserem Sonnensystem beobachten, da der Zwergplanet Pluto mit seinem Mond in eine gebundene Rotation gezwungen worden ist.

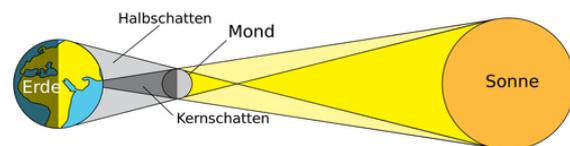
Trotzdem ist es uns möglich, etwas mehr als die Hälfte der Mondoberfläche zu sehen. Dies liegt an einem Libration genannten Effekt.

Die Libration entsteht durch die unterschiedlichen Geschwindigkeiten des Mondes während eines Umlaufs, die durch die Exzentrizität der Umlaufbahn des Mondes verursacht werden. Dies führt dazu, dass der Mond an gewissen Stellen der Umlaufbahn im Verhältnis zur Mondrotation schneller oder langsamer wandert, da die Rotationsgeschwindigkeit immer identisch bleibt.

Sonnenfinsternisse

MARC MÜLLER

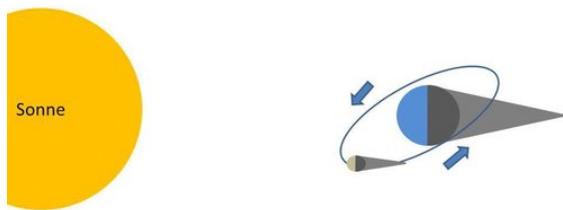
Totale Sonnenfinsternisse gehören wahrscheinlich zu den spektakulärsten Naturphänomenen, die es gibt. Es ist ein magischer Moment, wenn sich der Mond vor die Sonne schiebt. Kurz bevor die Sonne komplett abgedeckt wird, kann man manchmal einen Schatten mit unglaublicher Geschwindigkeit auf sich zurasen sehen: Das ist der Kernschatten des Mondes. Außerdem kann man bei einer Sonnenfinsternis noch viele weitere spannende Phänomene beobachten. Das Coolste ist wahrscheinlich der sogenannte Diamantring. Er entsteht durch die „ersten“ bzw. „letzten“ Strahlen des Sonnenlichts. Während die Sonne verdeckt ist, ist es dann plötzlich ganz still. Kaum ein Tier gibt einen Laut von sich. Es ist so dunkel, dass man Planeten und die hellsten Sterne beobachten kann. Etwas Beeindruckendes hat auch die Korona – die äußere Atmosphärenschicht der Sonne.



Wie Sonne, Mond und Erde angeordnet sein müssen, damit eine Sonnenfinsternis entsteht. Grafik „Sonnenfinsternis-Schema“, Wikimedia (Wikimedia-User ЮКАТАН, CC BY-SA 3.0)

Doch wie kommt eigentlich eine Sonnenfinsternis zustande? Bei einer Sonnenfinsternis muss sich der Mond zwischen Sonne und Erde befinden. Sie müssen sozusagen auf einer Linie stehen. Die Sonne strahlt dann den Mond an, der einen Schatten auf die Erde wirft. Wer sich im Kernschatten befindet, sieht eine totale Sonnenfinsternis, das heißt, die Sonne wird komplett vom Mond verdeckt. Wer sich im Halbschatten befindet, also in einem Bereich, der noch teilweise von der Sonne beschienen wird, sieht dann eine partielle Finsternis. Deshalb kann eine Sonnenfinsternis nur bei Neumond stattfinden. Warum gibt es dann aber nicht jeden Monat eine (totale) Sonnenfinsternis? Zum einen, weil der Mond wegen seiner elliptischen Umlaufbahn nicht immer gleich weit von der Erde entfernt ist: So kann es passieren, dass der

Mond zwar genau zwischen Sonne und Erde ist, aber der Kernschatten des Mondes nicht bis auf die Erde trifft. Das nennt man dann eine ringförmige Sonnenfinsternis. Man sieht dann einen hellen Ring anstelle der Sonne. Zum anderen ist die Umlaufbahn des Mondes um 5° zur Umlaufbahn der Erde geneigt. Das heißt, der Kernschatten des Mondes kann an der Erde vorbei gehen. Wenn nur der Halbschatten auf die Erde trifft, sehen wir eine partielle Sonnenfinsternis.



Aufgrund der Neigung der Mondbahn entsteht nicht jedes Mal bei Neumond eine Sonnenfinsternis

Beobachtung einer Mondfinsternis

LARISSA SCHURER

Das Gegenstück zu einer Sonnenfinsternis ist eine Mondfinsternis. Als Vorbereitung für die 14-tägige Akademie sollten wir die davor stattfindende partielle Mondfinsternis beobachten und wenn möglich dokumentieren. Ein solches astronomisches Phänomen entsteht immer nur bei Vollmond. Dabei liegt der Mond teilweise – deshalb auch partielle Mondfinsternis – im Kernschatten der Erde. Da der Mond nicht selbst leuchtet, sondern nur von der Sonne angestrahlt wird, sehen wir den im Kernschatten der Erde liegenden Teil der Mondoberfläche kaum mehr und somit liegt eine partielle Mondfinsternis vor.

Bereits wenige Tage davor tauschten wir uns untereinander über das bevorstehende Ereignis aus. Wir waren alle aufgeregt und gespannt, was uns erwarten würde und wie sich eine solche partielle Mondfinsternis am Himmel in der Realität abspielt. Am 16. Juli 2019 war es dann soweit. Das astronomische Ereignis sollte um 20:43 Uhr mitteleuropäischer Sommerzeit be-

ginnen. Doch da der Mond bei uns noch überhaupt nicht aufgegangen war, bevor die Finsternis begonnen hatte, war es uns nicht möglich, sie von Anfang an zu verfolgen. Als der Mond ab 22:20 Uhr am Himmel zu sehen war, konnten wir endlich den Erdschatten beobachten, der bereits begonnen hatte, sich über den Mond zu legen.



Zeitweise störten Wolken die Beobachtung der partiellen Mondfinsternis

Den Höhepunkt sollte die partielle Phase um ca. 23:30 Uhr erreichen. Aber es schien zunächst so, als würde uns das Wetter einen Strich durch die Rechnung machen, denn es schoben sich immer wieder Wolken vor den Mond und erschwerten somit sowohl eine klare Sicht, als auch das Dokumentieren mithilfe der Kamera.

Ich hatte mich zuvor im Internet informiert, welche Art von Objektiv am geeignetsten wäre und wie groß die Blende und ihre Verschlusszeit sein sollten, um die besten Ergebnisse zu erzielen. Kurzerhand bin ich mit meinem Vater auf einen freien Parkplatz am Rand unseres Dorfes gefahren, um eine möglichst freie Sicht auf den Mond zu erlangen, da sonst Häuser oder Bäume im Weg gewesen wären. Es war faszinierend, wie der Kernschatten der Erde immer weiterwanderte und immer mehr von der Mondoberfläche verdeckte.

In den vorbeifahrenden Autos waren verwunderte Gesichter zu sehen, die sich fragten, was wir noch zu dieser Uhrzeit auf dem Parkplatz machten, aber vor allem was wir bei dieser Dunkelheit fotografieren wollten. Nach einer Weile hatten wir auch den Dreh raus, damit der Mond auf den Bildern nicht überbelichtet war und seine ganze Oberflächenstruktur zeigte. Seine



Verlauf der partiellen Mondfinsternis am 16. Juli 2019

leicht rötliche Färbung – von der Erdatmosphäre in den Kernschatten gestreutes rotes Sonnenlicht – auch auf den Fotos einzufangen, war fast unmöglich. Als die Uhr sich 23:30 Uhr näherte, wurde der Schatten auf dem Mond immer deutlicher. Es war spannend, diesen Prozess zu beobachten, und besonders mit der Natur als Kulisse und in der nächtlichen Stille, war es einmalig. Während der ganzen partiellen Finsternis standen auch einige von uns über soziale Medien in Kontakt und wir tauschten auch bereits erste Ergebnisse unserer Beobachtungen aus. Doch langsam wurde es immer frischer und auch unser Vorrat an Süßigkeiten ging zur Neige. Deshalb packten wir auch so gegen Mitternacht unsere Sachen zusammen und wollten uns auf den Heimweg machen. Als wir endlich zuhause waren und dachten, wir hätten Feierabend, da stand der Mond in nahezu voller Pracht über unserem Haus, so dass wir die Kamera erneut zückten und noch bis 1:07 Uhr den Mond fotografisch begleiteten, wie er Stück für Stück wieder sichtbar wurde. Der nächtliche Einsatz hatte sich gelohnt. Wir hatten Glück mit dem Wetter und konnten daher die Bilder sehr gut für unsere Themen während der Akademie verwenden, wie zum Beispiel zur Vorbesprechung der Berechnung der Entfernung zwischen Erde und Mond. Aber allein diese Sicht auf den Mond und seine Details war faszinierend und ebenso der Anblick, den wir in den Bildern festhalten konnten.

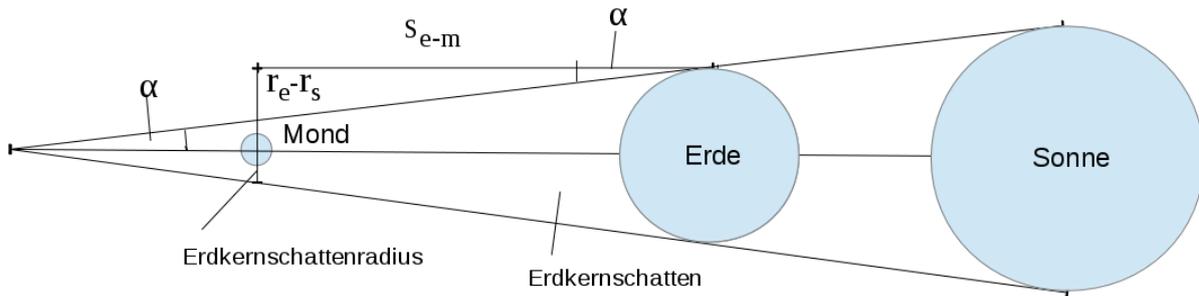
Berechnung des Abstands Erde–Mond

JONATHAN WEIHING

Zwar sind Sonnen- und Mondfinsternisse schöne Naturspektakel, die jeden Zuschauer immer wieder aufs Neue faszinieren und ins Staunen

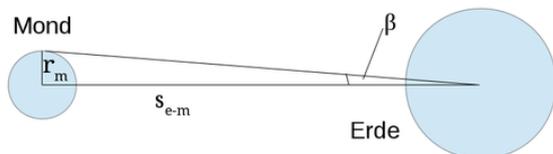
versetzen, jedoch kann man aus Mondfinsternissen noch einiges mehr lernen, zum Beispiel dass der Schatten der Erde kreisförmig ist. Dies war zwar einer der ersten handfesten Belege, die schon im antiken Griechenland als Beweise dafür angeführt worden waren, dass die Erde keine Scheibe sein kann sondern ein kugelförmiges Objekt sein muss, jedoch hat sich der diesjährige Astronomiekurs der Science Academy nicht mit dieser Thematik beschäftigt, denn wir wollten nicht nachweisen, ob die Erde eine Scheibe oder Kugel ist oder irgendeine andere räumliche Struktur hat. Stattdessen wollten wir anhand von Fotos einer partiellen Mondfinsternis den Abstand zwischen dem Mond und der Erde ausrechnen. Hierbei muss aber erwähnt werden, dass die Entfernung zwischen dem Mond und der Erde ja variiert, da sich der Mond auf einer elliptischen Umlaufbahn bewegt, und somit zu verschiedenen Zeitpunkten eines Umlaufs weniger weit oder weiter von der Erde entfernt ist. Das bedeutet, dass die konkrete Berechnung nur für den Zeitpunkt der jeweiligen Finsternis richtig sein kann. Jetzt stellt sich natürlich die Frage, wie man die Entfernung zwischen Erde und Mond anhand einer partiellen Mondfinsternis ausrechnen kann.

Dafür haben wir uns einen einfachen Sachverhalt zu Nutze gemacht, nämlich dass der Erdkernschattendurchmesser mit zunehmender Entfernung von der Erde immer kleiner wird. Anhand dieser Tatsache wollten durch das Verhältnis zwischen Mondradius r_m und dem Erdkernschattenradius r_s in Mondentfernung Rückschlüsse auf die Entfernung des Mondes von der Erde ziehen. Natürlich können wir den Radius des Mondes und den des Erdkernschattens nicht direkt in Kilometern messen, und damit stehen uns und auch die direkten Wege zu Berechnung des Abstandes mittels Sinus, Cosinus



Der Zusammenhang zwischen dem Erdkernschattenradius r_s in Mondentfernung, dem Erdradius r_e und dem Abstand Erde–Mond s_{e-m} . Abstände und Größen der Himmelsobjekte sind nicht maßstabsgetreu dargestellt

und Tangens nicht offen. Möglicherweise hätten wir den Winkeldurchmesser des Mondes durch Anpeilen der oberen und unteren Mondseite bestimmen und dann das rechtwinklige Dreieck mit dem Mondradius verwenden können. Allerdings bestünde dann immer noch das Problem mit der erforderlichen großen Genauigkeit. Weil der Winkeldurchmesser des Mondes so klein ist, hätten schon kleine Vermessungsfehler, die wir sicherlich gemacht hätten, extreme Auswirkungen, und wir hätten somit große Fehler in unserem Ergebnis bekommen.



Der Zusammenhang zwischen dem Winkel β , unter dem wir von der Erde aus den Radius des Mondes sehen, dem Mondradius r_m und dem Abstand Erde–Mond s_{e-m} . Abstände und Größen der Himmelsobjekte sind nicht maßstabsgetreu dargestellt

Wir mussten uns daher für einen alternativen Weg entscheiden: Wir schauten uns ein Bild einer partiellen Mondfinsternis an und haben auf diesem Bild sowohl den Erdkernschatten als auch den Mond nachkonstruiert. Dies verwirklichteten wir, indem wir an zwei beliebigen ausgewählten Stellen auf dem jeweiligen Rand mithilfe des Zirkels eingestochen haben und dann von den Stellen des Kreisrandes zwei Kreisabschnitte gezeichnet haben, die sich in zwei Stellen schnitten. Als wir nun diese zwei Punkte verbanden, bekamen wir eine Linie, auf

der irgendwo der Mittelpunkt des Kreises liegen musste. Dieses Verfahren wiederholten wir dann an einer anderen beliebigen Stelle des Kreises. Die zwei konstruierten Linien schnitten sich dann in einem Punkt: dem Mittelpunkt des Kreises.

So war es uns dann möglich, das Verhältnis zwischen dem Schattenradius r_s und dem Mondradius r_m herauszubekommen, denn das waren natürlich die Radien der soeben konstruierten Kreise. Das half uns weiter, denn wir konnten zwei Gleichungen aufstellen, die den Abstand der Erde zum Mond beschreiben und in denen das Verhältnis zwischen dem Mondradius und dem Erdkernschattenradius auftaucht:

$$\tan \alpha = \frac{r_e - r_s}{s_{e-m}}$$

$$\tan \beta = \frac{r_m}{s_{e-m}}$$

Dabei ist β der halbe Winkeldurchmesser des Mondes und α der halbe Öffnungswinkel des Schattenkegels. Das Verhältnis zwischen dem Radius des Schattens und dem des Mondes nach unseren Berechnungen aus den konstruierten Kreisen der partiellen Mondfinsternis war ungefähr 2,1, also muss der Schattenkegel in etwa mehr als dem doppelten Mondabstand enden. Da der Abstand Erde–Mond aber sehr viel kleiner ist als der Abstand Erde–Sonne, ist der Winkel α auch in etwa der Winkel, unter dem wir von der Erde aus die Sonne am Himmel sehen. Das sind rund $0,5^\circ$.

Und weil der Mond die Sonne (abgesehen von der Korona) während einer Sonnenfinsternis fast exakt abdeckt, ist der Winkeldurchmesser

der Sonne näherungsweise gleich dem des Mondes, es gilt also $\alpha \approx \beta$. Dieser Zufall ermöglicht es übrigens erst, dass solche Naturspektakel wie totale Sonnenfinsternisse überhaupt zustande kommen und auf der Erde beobachtet werden können.

Da der Winkel α sehr klein ist, gilt für ihn die Näherung $\tan \alpha \approx \alpha$, wenn man ihn zuvor ins Bogenmaß umrechnet. Wenn man nun die beiden Gleichungen mit den Radien des Mondes und des Erdkernschattens so umformt, dass jeweils der Radius des Mondes r_m und der Radius des Schattens r_s isoliert auf einer Seite stehen, erhält man folgende Gleichungen:

$$r_s = r_e - \alpha \cdot s_{e-m}$$

$$r_m = \alpha \cdot s_{e-m}$$

Indem man das Verhältnis bildet, lassen sich die zwei Gleichungen zu einer zusammenfassen. Als nächstes können wir nach dem Abstand zwischen Erde und Mond auflösen und die Werte einsetzen:

$$\frac{r_s}{r_m} = \frac{r_e - \alpha \cdot s_{e-m}}{\alpha \cdot s_{e-m}}$$

$$\alpha \cdot s_{e-m} \cdot \frac{r_s}{r_m} = r_e - \alpha \cdot s_{e-m}$$

$$r_e = \alpha \cdot s_{e-m} \cdot \frac{r_s}{r_m} + \alpha \cdot s_{e-m} = \left(\frac{r_s}{r_m} + 1\right) \cdot \alpha \cdot s_{e-m}$$

$$s_{e-m} = \frac{r_e}{\left(\frac{r_s}{r_m} + 1\right) \cdot \alpha} = \frac{6371 \text{ km}}{(2,1 + 1) \cdot 0,00436}$$

$$s_{e-m} \approx 471,000 \text{ km}$$

Die 471.000 km, das wir mithilfe eines einfachen Bildes und mit ein paar Überlegungen zur Bestimmung von Strecken anhand von einem rechtwinkligen Dreieck erhalten haben, sind für unsere Verhältnisse ein nicht nur einigermaßen akzeptables Resultat, sondern überraschenderweise echt gut. Es entspricht aber nicht dem tatsächlichen Abstand, sondern liegt ungefähr 90.000 km über dem Literaturwert von 384.400 km für den mittleren Abstand des Mondes von der Erde. Der tatsächliche Abstand Erde – Mond variiert wegen der Elliptizität der Umlaufbahn um ca. 50.000 km. Die größte Entfernung liegt bei ungefähr 406.000 km und die geringste bei ca. 356.000 km.

Wichtiger als absolute Präzision ist jedoch, dass wir uns selbst eine Möglichkeit zur Berechnung des Abstandes ausgedacht und sie angewandt haben, ohne dafür hochkomplexe Instrumente zu benutzen und zahlreiche neue Beobachtungsdaten zu sammeln. „Es ist zwar nicht ganz korrekt, aber es macht Spaß!“ Dieses Zitat von Marc aus einer Präsentation fasst das Ganze gut zusammen. Es war zwar schwierig auf die Idee zu kommen, die zur Lösung geführt hat, und diese dann auch noch auszuarbeiten. Dennoch hat es tatsächlich Spaß gemacht! Es war ein Abenteuer und mal eine Abwechslung von puren „Vorlesungen“, denn das Ganze wäre so in der Schule mit einer ganzen Klasse nicht möglich gewesen. Aber genau das machte den Reiz unseres Kurses aus, der für uns natürlich „der beste der Welt“ – und der gesamten Akademie – war.

Die Entstehung des Mondes

JESSICA CZECH

Nachdem wir uns nun bestens mit der Umlaufbahn des Mondes auskannten, haben wir uns gefragt: Wie ist der Mond überhaupt entstanden? Da wir leider nicht in der Zeit zurück reisen konnten, um die Entstehung des Mondes zu beobachten, haben wir uns mit gängigen Theorien über die Mondentstehung befasst. Dazu haben wir uns bereits bekannte Fakten über den Mond angeschaut und versucht, Aspekte nachzuvollziehen, um die Theorien entweder zu untermauern oder zu widerlegen.



Konzentriertes Arbeiten im Astrokurs

So wissen wir zum Beispiel durch die Apollo-Missionen viel über die Eigenschaften der Mondoberfläche. Die Astronauten haben da-

mals nicht nur Gestein zurück zur Erde gebracht, sondern viele Informationen gesammelt und Untersuchungen angestellt, von denen wir Gebrauch machen konnten. Insgesamt haben wir vier verschiedene Theorien einander gegenübergestellt. Vielleicht wurde der Mond ja vor langer Zeit von der Erde eingefangen? Er könnte weit weg entstanden sein und dann ziellos durch die Weiten des Sonnensystems bis zu unserer Erde gewandert sein. Dadurch würde der gleiche Drehsinn von Erd- und Mondumlaufbahn Sinn ergeben. Selbst unterschiedliche Isotopenverhältnisse in Gesteinsproben von Mond und Erde passen dazu. Verschiedene Isotope eines Elementes unterscheiden sich durch ihre Neutronenzahl und damit ihre Massenzahl.

Andererseits haben die Gesteine von Mond und Erde aber auch viele Gemeinsamkeiten und es ist daher unwahrscheinlich, dass derart ähnliches Gestein wie auf der Erde ganz woanders im Sonnensystem entstanden ist. Auch die kaum exzentrische Umlaufbahn des Mondes um die Erde und die Größe des Mondes im Verhältnis zur Erde passen nicht dazu. Daher fragten wir uns, ob der Mond nicht aus der Erde herausgerissen wurde, weil diese sich anfangs sehr schnell drehte. Damit könnten wir das ähnliche Gestein perfekt erklären: Es wäre Gestein desselben Planeten. Aber auch dazu fanden wir gleich Gegenargumente, denn der Mond hat eine andere Dichte als die Erde. Außerdem gibt es die schon angesprochenen kleinen, aber dennoch bedeutenden Auffälligkeiten bei den Isotopenverhältnissen. Zum Beispiel kommt ein Kaliumisotop um vier Tausendstel häufiger im Mondgestein vor als auf der Erde.

Da die ersten zwei Theorien somit nicht stimmen konnten, kamen wir auf die Idee, dass der Mond und die Erde gleichzeitig entstanden sein könnten. In einer riesigen Gaswolke, die durch ihre eigene Masse zusammenklumpte, wären laut dieser Theorie die Sonne, unser Heimatplanet und sein kosmischer Begleiter entstanden, also ungefähr zur gleichen Zeit (vermutlich vor 4,6 Milliarden Jahren) und aus den gleichen Bestandteilen. Das einzige Pro-Argument dafür ist die Ähnlichkeit der Gesteine. Dem widersprechen jedoch die verschiedenen Isotopenverhältnisse, und der Drehimpuls des Mondes passt nicht dazu.

Während wir uns weiterhin Gedanken darüber machten, brachte uns Merit Toffifee als Nervennahrung. Diese Süßware wurde im Astrokurs zu einem beliebten Snack, den wir wahrscheinlich noch lange mit der Akademie verbinden werden (keine Werbung, es gab auch Gurken, Karotten und Haribo).

Zuletzt ist nur eine Theorie übriggeblieben: Sie besagt, dass der Mond durch einen Zusammenstoß der Erde mit einem etwa marsgroßen Planeten entstand. Dabei könnten die Reste des einschlagenden Planeten und bei der Kollision abgetrennte Teile der Ur-Erde zu unserem Mond verschmolzen sein. Dafür sprechen viele Indizien, zum Beispiel die Größe des Mondes, die Form der Umlaufbahn, das Alter und die Ähnlichkeit des Gesteins, die verschiedenen Isotopenverhältnisse, die Dichte des Mondes und der hohe Drehimpuls. Gegenargumente fanden wir nicht. Vermutlich ist das die wahre Geschichte des Mondes, und tatsächlich wird diese Version heutzutage von den meisten Wissenschaftlern akzeptiert.

Wir lernten wie Wissenschaftler zu argumentieren und vor allem auch Ideen aufzugeben, die wir nicht mit Fakten unterstützen können. Es hat mir persönlich sehr gefallen in dieser entspannten Atmosphäre zu diskutieren, weil alle mitgedacht haben und wir zu interessanten Ergebnissen kamen.

Die Mondoberfläche

LOTTE MÜSSIG

Der Mond besitzt keine perfekt glatte Oberfläche, sondern ist von vielen Kratern übersät. Diese sind durch Zusammenstöße des Mondes mit Asteroiden oder Kometen entstanden, die meisten davon in der Anfangszeit unseres Sonnensystems. Der Durchmesser eines Einschlagkraters ist in etwa 10 mal so groß wie seine Tiefe, wobei es dabei eine deutliche Spannweite an Verhältnissen gibt. Einer der größten Mondkrater, Hertzprung, hat einen Durchmesser von beeindruckenden 536 km. Auch auf der Erde gibt es Krater, jedoch werden kleinere Meteoroiden durch den Luftwiderstand in der Erdatmosphäre gebremst, und die kleinsten verglühen, bevor sie auf dem Boden auftreffen.

Außerdem sind viele in der Vergangenheit entstandene Krater auf der Erde heutzutage nicht mehr sichtbar, da sie durch Vegetation, Plattentektonik und/oder durch Erosion abgetragen wurden. Ein bekannter Krater in Deutschland ist das Nördlinger Ries.

Bei Halbmond kann man die Krater auf dem Mond besonders gut erkennen, da die Sonne dabei von der Seite auf die Mondoberfläche scheint und somit das Sonnenlicht Schatten in die Krater wirft.

Um diese Erkenntnis zu veranschaulichen, bauten wir ein Modell. Dabei gossen wir eine realistisch aussehende Mondoberfläche aus Gips mit verschiedenen großen Kratern. Um die Sonne darzustellen, bauten wir ein Holzgestell, bei dem einmal Lampen parallel zum Boden leuchten (Halbmond) und einmal Lampen senkrecht auf den Boden strahlen (Vollmond). Darunter legten wir die Gipsmondoberfläche und installierten zusätzlich einen Schalter, mit dem wir von Vollmond auf Halbmond schalten können.



Oberflächenmodell des Mondes zur Simulation der Beleuchtungsverhältnisse bei Halbmond (links) und Vollmond (rechts)

Jedoch besteht die Mondoberfläche nicht nur aus hartem Gestein, sondern ist von Regolith, einer staubähnlichen Schicht, bedeckt. Vor der ersten Mondlandung wusste man nicht, wie tief diese Schicht ist. Man befürchtete sogar, dass die Landekapseln darin versinken könnten und somit eine sichere Mondmission unmöglich sei. Heutzutage wissen wir, dass diese Schicht oft nur einige Millimeter tief ist. Sie ist so fein, dass wir sogar Fußabdrücke darauf hinterlassen können.

Da wir dies selbst ausprobieren wollten, gossen wir eine Mondoberfläche aus Zement nach. Diese hatte kleine Vertiefungen, die die Krater auf dem Mond darstellen. Nachdem die Zementfläche getrocknet war, schliffen wir sie mit Schleifpapier ab, um die Staubschicht zu erzeugen.

Außerdem bauten wir kleine Schuhe aus Holz und Styropor, damit wir auch einen Fußabdruck darin hinterlassen konnten. Auf dem Mond entsteht Regolith beispielsweise durch Einschläge von Meteoriten und kleinen Partikeln, bei denen Gestein des Mondes immer weiter zerkleinert wird, so dass die feine Regolithschicht entsteht.



Mondmodell mit Kratern und Mondmeeren

Wer den Mond aufmerksam beobachtet, erkennt schon mit bloßem Auge dunkle Flächen auf der Mondoberfläche. Sie nennen sich Mondmeere (lat. Maria). Anhand eines weiteren Modells veranschaulichten wir diese.

Dafür ummantelten wir eine Styroporkugel mit Gips und drückten Vertiefungen hinein. Danach malten wir diese mit unterschiedlichen dunklen Farbtönen an. Die dunklen Stellen zeigen die Mondmeere. Sie entstanden durch großflächige Vertiefungen auf dem Mond, die sich mit Lava füllten. Nachdem diese abkühlte, blieb das erkaltete dunkle Gestein zurück, das noch heute zu erkennen ist.

Der Entonaut

JONATHAN WEIHING

Da wir einige Zeit im Werkraum – unserem zweiten Kursraum – die zahlreichen Modelle bauten, gab es einige Phasen, in denen man zwar schon mit seinem Modell fertig war, aber noch auf die anderen wartete, weshalb wir den Werkraum auch mal näher unter die Lupe nahmen. So kam es dazu, dass die beiden Jonathans einen Stock mit einem Spielzeug-Entenkopf an der Spitze im Müll fanden; spontan sägten sie ihn einfach mal ab, um zu schauen, was man mit ihm anstellen könne. Schließlich kamen sie auf die Idee, den abgesägten Entenkopf auf die von ihnen gebaute Rakete zu stecken. Erstaunlicherweise passten der Rohrdurchmesser und der Durchmesser des Kopfes exakt aufeinander, weshalb wir ihn einfach darauf behielten.



Der Entonaut guckt aus seiner Rakete

Nachdem der Vorschlag eines Teilnehmers unseres Kurses kam, diese Rakete als Maskottchen zu nehmen, war der Name schnell gefunden: Entonaut. Nun musste nur noch ein Schlachtruf gefunden werden. Dabei entwickelten wir sogar unsere eigene Raumfahrtorganisation ESA, die Enten Space Agency. Daher musste nun noch die Hülle der Rakete, auf die davor eine amerikanischen Flagge gemalt worden war, geändert werden. Anstatt der amerikanischen Flagge malten wir nun das Logo der ESA darauf. Fertig war unser Entonaut, ein Stück Zufall und Kreativität durch Freizeit inspiriert. Trotzdem war es ein würdiges Maskottchen, das uns von nun an auf vielen Veranstaltungen begleitete.

Hochaufgelöste Mondaufnahmen

LARISSA SCHURER

In der zweiten Woche der Akademie war es endlich so weit und wir kamen unserem kosmischen Nachbarn mit eigenen Mondbeobachtungen ein kleines Stückchen näher. Die dazu benötigten Teleskope hatte uns Caro aus dem Haus der Astronomie in Heidelberg mitgebracht.

Unsere Freude war riesig, denn keiner von uns hatte zuvor mit solchen Teleskopen gearbeitet und wir waren ganz aufgeregt eine solche Chance zu erhalten.



Mondsüchtige bei der Arbeit

Bereits in der morgendlichen Kursschiene hatten wir eine Einführung zum Thema Teleskope erhalten, damit wir nach der Abend-KüA-Schiene sofort loslegen konnten. Doch das Aufbauen war nicht so einfach wie zuerst gedacht. Wir lernten alle Einzelteile der hochprofessionellen Teleskope kennen. Caro erklärte uns, welche unterschiedlichen Okulare es gibt und welches am besten für unsere Beobachtungen geeignet wäre. Außerdem übten wir, das Teleskop auf die richtige Art und Weise auszurichten, so dass wir den Mond verfolgen konnten, der bekanntlich am Nachthimmel wandert.

Je nachdem, welches Zubehör verwendet wird, ist das Gewicht des Teleskops beim Aufbau aber unterschiedlich verteilt, das glichen wir mithilfe des Gegengewichts aus. Dieses sollten wir so anbringen, dass das Teleskop sich nicht von alleine in Bewegung setzt, egal wohin es zeigt. Danach konnten wir es selbst manuell bzw. durch den Computer steuern.

Der Sucher hilft uns dabei, das Himmelsobjekt, das man beobachten will – in unserem Fall den Mond – am Himmel anzupeilen und ihn perfekt ins Sichtfeld unserer Teleskope zu rücken. Draußen vor unserem Kursraum im LSZU I übten wir begeistert das, was wir gelernt hatten, und probierten alles aus. Den ganzen Tag waren wir schon voller Vorfreude auf den Abend und konnten es kaum erwarten den Mond endlich selbst zu beobachten. Nach den Abend-KüAs ging es dann sofort los. Wir bauten zuerst die Teleskope auf, und schlossen sowohl den Computer, als auch die Kamera an. Jetzt konnten wir endlich selbst das sehen und bestaunen, womit wir uns die Tage zuvor im Kurs beschäftigt hatten: die unzähligen Krater des Mondes und seine Mondmeere. Glücklicherweise hatten wir gute Bedingungen: Die Nacht war klar und es gab kaum Wolken, die sich vor den Mond schoben.



Der Mond mit dem Handy durchs Teleskop fotografiert

Außerdem näherten sich die Mondphase dem Halbmond, wodurch die Krater aufgrund ihres Schattenwurfes auf den Bildern deutlicher zu sehen waren. Für unsere Beobachtungen hatten wir zwei Linsenteleskope mit 10 cm Durchmesser und 900 mm Brennweite: eins zum Durchschauen und eins, um Videos von der Mondoberfläche aufzunehmen. Was wir sahen, war atemberaubend, es war fast so als wäre der Mond direkt vor uns, zum Greifen nah und so detailliert.

Durch das Teleskop war es uns sogar möglich, nur mithilfe unserer Smartphones hochauflöste Aufnahmen des Mondes zu machen, die jedes einzelne Detail widerspiegelten und uns staunen ließen.



Eine unserer eigenen Mondaufnahmen

Auf unseren Videoaufnahmen war ein durch die Unruhe der Erdatmosphäre verursachtes Wabern der Mondoberfläche zu sehen. Deshalb bearbeiteten wir die Videos am nächsten Tag in der Kursschiene mithilfe der Computerprogramme AutoStakkert und RegiStax nach. Ersteres filterte aus den aufgenommenen Videos die schärfsten Einzelbilder heraus und erstellte aus diesen, indem es sie überlagerte, ein scharfes Bild. Mithilfe des Programms RegiStax haben wir dieses nochmals nachgeschärft. Auf die Resultate waren wir zu Recht stolz.

Experimente zur Kraterbildung

FLORIAN STEINBERG

Das erste, was einem wahrscheinlich auffällt, wenn man unsere hochauflösten Mondfotos betrachtet, sind die vielen Krater, mit denen der Mond regelrecht übersät ist und die durch Asteroideneinschläge entstanden sind. Da es aber – zum Glück – nicht jeden Tag vorkommt, dass ein Asteroid auf der Erde einschlägt, wir aber trotzdem solche Ereignisse verstehen wollten, haben wir Experimente dazu durchgeführt. Sie halfen uns dabei, die während eines Einschlags stattfindenden Geschehnisse zu veranschaulichen. Dazu haben wir zuerst Kugeln mit verschiedenen Massen (zum Beispiel 35 g) und aus verschiedenen Höhen in eine Schale mit Mehl fallen lassen, das mit einer dünnen

Kakaoschicht bedeckt war. Mithilfe der Kakaoschicht konnten wir die Verteilung des Auswurfmaterials besser sichtbar machen. Als Ergebnis hatten wir unterschiedlich große Krater, die einen strahlenförmigen Auswurf hatten.



Krater mit Mehlauswurf

Nun wollten wir aber natürlich auch wissen, wie schnell unsere Kugel gefallen ist. Dazu brauchten wir die Formeln für die potenzielle Energie und die Bewegungsenergie

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

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

Da die potenzielle Energie bis zum Auftreffen auf den Untergrund komplett in Bewegungsenergie umgewandelt wird, kann man die beiden Energieformen gleichsetzen. Wenn man die Gleichung anschließend nach der Geschwindigkeit umformt, ergibt sich $v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$.

Mit $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ und $h = 1 \text{ m}$ erhält man $v = 4,43 \text{ m/s} = 15,94 \text{ km/h}$. Die Kugel, die wir aus einem Meter Höhe fallen gelassen haben, hätte am Boden also eine Geschwindigkeit von $15,94 \text{ km/h}$. Die Luftreibung haben wir dabei vernachlässigt.

Danach sind wir das Ganze schon ein bisschen größer angegangen und haben ein 1 kg-Gewicht aus einem Meter Höhe in das Beachvolleyballfeld fallen lassen. Es bildete sich ein schöner Wall um den Krater herum.

Aber wir aus dem Astronomiekurs wollten natürlich hoch hinaus, und haben es uns deshalb nicht nehmen lassen, eine Kugel auch aus 9,30 m Höhe fallenzulassen, nämlich aus dem

obersten Stockwerk des LSZU-Gebäudes. Mit unserem frisch eingeweihten Schlachtruf haben wir bei dieser Aktion auch den ein oder anderen Teilnehmer anderer Kurse zum Staunen gebracht.

Und auch wenn mal etwas schief ging, wenn zum Beispiel die Kugel vorzeitig herunterfiel, hatten wir keine Scheu den Versuch einfach noch einmal zu wiederholen. Selbstverständlich haben wir dabei alle Sicherheitsstandards eingehalten. Und natürlich musste dann auch das 1-kg-Gewicht, das uns fast überall hin mitbegleitet hat, den Fall aus über neun Metern Höhe absolvieren, was uns erfreute, die Plastikschele mit dem Mehl wahrscheinlich eher weniger ...



Einschlagsexperimente auf dem Beachvolleyballfeld

Auch wenn die Versuche nicht ganz der Realität entsprachen, weil unsere Krater ein anderes Verhältnis zwischen Tiefe und Durchmesser hatten als auf dem Mond, haben wir dennoch gelernt, was für immense Energien freiwerden, wenn auf dem Mond ein riesiger Asteroid mit einer Geschwindigkeit von mehreren 10 km/s einschlägt und was für gewaltige Auswirkungen das haben muss.



Vorbereitungen für Abwurfexperimente aus dem oberen Stockwerk des LSZU-Gebäudes

Exkursion zum Flugplatz Schlierstadt

MARC MÜLLER

Die bisherigen Kraterexperimente erschienen uns allerdings ausbaufähig. Es hatte sich schon herumgesprochen, dass wir in der KüA-Schiene am Mittag einen Ausflug machen würden – sehr zum Leidwesen einiger KüA-Leiter. Wir selbst wussten auch nicht, was uns erwarten würde. Als der Kurs losging, waren wir also auch sehr gespannt, was wir denn jetzt machen würden. Nachdem uns Caro und Dominik das erzählt hatten, standen erst mal allen die Münder offen: Wir würden das 1 kg-Gewicht aus 300 m Höhe fallen lassen (bzw. ein Fallschirmspringer wollte es für uns aus dem Flugzeug werfen). Damit wollten wir einen größeren Krater erschaffen.

Mit großer Vorfreude trafen wir uns direkt nach dem Mittagessen, um loszufahren. Dann fuhren wir zum Flugplatz. Am Flugplatz wurden wir sehr nett von den Betreibern begrüßt und halfen, das Flugzeug aus der Lagerhalle hinauszuschieben. Danach beantwortete uns die Pilotin unsere vielen Fragen zu dem Flugzeug.

Dann konnten wir noch eine Weile das WLAN genießen und nach einer Woche Koffeinentzug endlich wieder Cola trinken, während die Pilotin das Flugzeug vorbereitete. Wir durften leider nicht mitfliegen, und so schauten wir von unten zu. Um uns selbst für den unmöglichen Fall, dass uns das 1 kg-Gewicht aus 300 m Höhe auf den Kopf fallen würde, sicher fühlen zu können, trugen wir natürlich Helme. Im Nachhinein befürchteten wir allerdings, dass wir von der Wirksamkeit der Helme enttäuscht worden wären . . .

Als das Flugzeug dann bereit war, halfen wir, es auf die Startbahn zu schieben und konnten dann beim Start zuschauen. Mit Kameras und Ferngläsern beobachteten und dokumentierten wir den Flug. Außerdem filmte der Fallschirmspringer alles mit seiner Go-Pro. Das Flugzeug flog eine Kurve um den Flugplatz, bevor der Fallschirmspringer das 1 kg-Gewicht herunterfallen ließ. Von unten konnten wir leider nicht mit bloßem Auge erkennen, wie das Gewicht herausgeworfen wurde. Kurz danach sprang auch der Fallschirmspringer hinaus.



Der Moment des Abwurfs von unten

Als das Flugzeug wieder gelandet und der Fallschirmspringer zurückgelaufen war, machten wir uns auf die Suche nach dem Gewicht. Um es leichter wiederfinden zu können, wollten wir es zuerst mit einer grellen Farbe anmalen, stülpten dann jedoch einfach einen neonorangenen Luftballon darüber. Nach ein paar Minuten fanden wir das Gewicht. Da nicht zu erwarten war, dass das Gewicht nach dem Aufprall sehr weit geflogen war, konnten wir davon ausgehen, dass der Krater ganz in der Nähe sein musste.

Und so war es auch. Der Krater war nämlich direkt neben dem Gewicht. Im Vergleich zu der Größe, die wir erwartet hatten, war der Krater recht klein. Es war aber auch ziemlich sicher, dass dies der Krater des Gewichts war, denn er hatte die Form des 1 kg-Gewichts. Der Grund, weshalb der Krater so klein war, war die trockene und harte Erde. Da der Krater sich auf der Landebahn befand, war der Boden auch dementsprechend festgefahren. In Anbetracht der Umstände war also der Krater ziemlich gut.

Wir wollten natürlich auch ein Andenken an das Erlebnis haben, deswegen holten ein paar von uns den mitgebrachten Blitzzement und Wasser. Wir rührten dann den Zement an und gossen den Krater aus. Danach gingen wir wieder zum Hangar zurück, wo wir uns dann das Go-Pro-Video anschauen konnten.



Standbild aus dem Go-Pro-Video des Fallschirmspringers, das den Moment des Abwurfs zeigt

Auf dem Video sah es aus, als ob das Gewicht schon einige Meter früher aufgekommen wäre und dass der Krater, den wir gefunden hatten, daher vielleicht nur der zweite Aufschlag war. Wir machten uns also noch einmal auf die Suche. Wir suchten sehr gründlich, fanden aber nichts außer Mauselöchern. Wir erklärten uns dies später dadurch, dass die Auflösung des Videos nicht ausreichend gut war, um das Gewicht aus der großen Entfernung einzufangen. Wir gingen also wieder zum Hangar zurück und halfen dort beim Reinschieben des Flugzeugs. Dabei konnten wir die tolle Konstruktion beobachten, welche zum Rein- und Rausschieben nötig war. Danach verabschiedeten wir uns herzlich von den Betreibern und fuhren wieder zum Campus zurück. Eine coole Aktion, die wir nicht so bald vergessen werden!



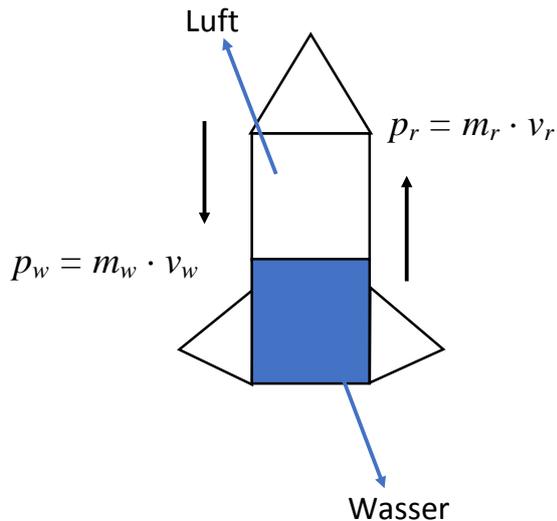
Messung der Tiefe des Einschlagkraters

Wasserraketen

MARKO IVANOV

300 Meter mit dem Flugzeug sind zwar schon ziemlich hoch, aber sehr wenig im Vergleich zum Abstand des Mondes von der Erde. Deshalb beschäftigten wir uns mit Raketen. Da wir jedoch nicht direkt mit pyrotechnischen Raketen anfangen wollten, starteten wir mit den vermeintlich harmlosen Wasserraketen. Um zu verstehen, wie eine solche Rakete fliegt, haben wir uns näher mit dem Impuls beschäftigt. Der Impuls ist eine physikalische Erhaltungsgröße, kann also weder erzeugt noch vernichtet, sondern nur umverteilt werden. Das heißt, wenn man zum Beispiel von einem Schlauchboot ins Wasser springt, muss das Boot einen gleichgroßen Impuls nach hinten erfahren. Somit setzt es sich nach hinten in Bewegung. Die Formel für den Impuls lautet: $p = m \cdot v$ (Masse \times Geschwindigkeit). Dies bedeutet, dass je größer die Masse eines Körpers ist, der zum Beispiel mit einem anderen Körper kollidiert, desto größer ist der Impuls. Außerdem gilt, dass je größer die Geschwindigkeit eines Körpers, desto größer ist auch der Impuls.

Da die Akademie natürlich nicht nur aus Theorie sondern auch aus Praxis besteht, wollten



Wie eine Wasserrakete funktioniert. Es gilt $p_r = m_r \cdot v_r = p_w = m_w \cdot v_w$ mit dem Impuls des Wassers p_w , der Masse des Wassers m_w , der Geschwindigkeit des Wassers v_w , dem Impuls der Rakete p_r und der Masse der Rakete m_r .

wir dies auch noch selbst ausprobieren. Deshalb sind wir mit Wasserraketen, Wasserpumpen und zwei Hochgeschwindigkeitskameras auf das Fußballfeld gegangen. Zuerst füllten wir Wasser in die Rakete und pumpten dann mit der mehr oder weniger funktionierenden Pumpe Luft hinein. Dadurch wird ein Druck erzeugt und durch diesen Druck wird das Wasser, wenn wir den Verschluss öffnen, aus der Rakete herausgedrückt. Weil wie oben besprochen der Impuls insgesamt erhalten bleibt, wird die Rakete selbst dabei hoch in die Luft geschossen.



Start der Wasserrakete

Um die Rakete zu optimieren, füllten wir mit jedem weiteren Versuch auch mehr Wasser in die Wasserrakete. Der Impuls nimmt ja pro-

portional zur Masse zu. Das heißt, je mehr Wasser sich in der Rakete befindet und dann herausgedrückt werden kann, desto größer ist auch die Masse, die beim Austoß nach unten gedrückt wird. Grundsätzlich würde damit ja auch der Impuls größer. Allerdings muss man bedenken, dass das Wasser auch Platz in der Rakete einnimmt und so weniger Luft hineingepumpt werden kann. So wird der Impuls ab einer bestimmten Wassermenge wieder kleiner, weil obwohl mehr Masse in der Rakete ist, diese mit einer geringen Geschwindigkeit herausgedrückt wird. Ebenfalls ineffizient ist es, wenn man fast nur Luft hineinpumpt, da der Impuls sowohl von der Geschwindigkeit als auch von der Masse bestimmt wird. Also war es wichtig, das optimale Verhältnis zwischen dem Wasseranteil und der Luftmenge, die komprimiert werden kann, durch Ausprobieren herauszufinden.



Die Wasserrakete in der Luft

Wir hatten definitiv viel Spaß dabei und werden auch nie vergessen, wie wir erwartungsvoll auf den Start der Wasserrakete gewartet haben und diese dann aber bereits kurz danach wieder auf die Erde zurückfiel. Das lag daran, dass wir erhebliche Probleme mit der Luftpumpe hatten. Selbst nach dem Einsatz des Wundermittels Gaffa bekamen wir dieses Problem nicht behoben. Trotzdem erzielten wir in den anfänglichen Versuchen respektable Ergebnisse, die wir auch mit den Hochgeschwindigkeitskameras aufgenommen und später im Kurs ausgewertet haben.

Trotz der experimentellen Schwierigkeiten konnte uns niemand den Spaß daran nehmen, auch wenn der ein oder andere Flug nicht so funktionierte, wie wir es uns vorgestellt hatten.

Feststoffraketen

NIKOLAS MÜNST

Wir hatten schon Raketen mit Wasser als Antriebsmasse gestartet, wollten es aber noch weitertreiben. Dazu wendeten wir uns chemisch angetriebenen Raketen zu, und zwar den Feststoffraketen. Diese funktionieren so: Ein Feststoff wird entzündet und das entstehende Gas entweicht durch eine Düse und bringt die Rakete zum Abheben. In unserem Kurs verwendeten wir professionell für den Modellbau hergestellte und offiziell für Modellraketen zugelassene Treibsätze. Zuallererst schauten wir uns den Zünder genauer an. Der Zünder enthält einen Stoff, der sich – wenn Strom durch ihn fließt – sehr schnell entzündet. Durch ihn wird die Zündkontrolle auf einen Knopfdruck vereinfacht. Probeweise zündeten wir ein Exemplar ohne Raketentreibsatz.



Die kleine Rakete auf der improvisierten Startrampe im Beachvolleyballfeld

Dann widmeten wir uns dem Anzündband: ein Streifen Tesafilm, auf den Schwarzpulver aufgebracht ist. Es dient dazu, den Zündfunken zum Treibsatz zu übertragen und dort die chemische Reaktion in Gang zu bringen. Auch das probierten wir einmal ohne Rakete aus. Wir machten davon Videos und es sah aus, als würde der Tesafilm in Flammen aufgehen. Für das Zünden der Feststoffantriebe braucht man schließlich auch noch brennbare Stäbe. Damit wird beim Zünden der Funken vom Anzündband in die Feststoffantriebe geführt. Diese Stäbe probierten wir aber nicht aus.

Als nächstes bauten wir die erste von zwei Raketen. Dazu nahmen wir eine Röhre und teilten uns in Arbeitsgruppen auf. Die eine Gruppe musste die Heckflossen für eine stabile Flugbahn ausschneiden und mit Panzertape an der Rakete anbringen. Eine andere Gruppe musste die Führungsschienen für die Rakete ankleben, damit sie an der Startrampe einen geraden Start haben konnte. Die dritte Gruppe verstärkte die Schulter der Raketenspitze, damit sie besser in die Röhre passte und nicht etwa vorzeitig herausflog. Auf dem höchsten Punkt der Flugbahn sollte die Raketenspitze samt bremsendem Flatterband mittels einer Ausstoßladung herausgeschleudert werden.

Nach der Fertigstellung mussten wir leider feststellen, dass die Schienen für die Startrampe zu groß waren und so mussten wir Ersatz besorgen. Außerdem standen die Flossen zu nah beieinander und wurden so gegen die Startrampe gedrückt, was den Start viel unkontrollierbarer machen würde. Auch das korrigierten wir.

Dann konnten wir endlich unsere Rakete starten lassen. Wir brachten die Ersatzstartrampe im Beachvolleyballfeld in Position. Der Feststoffantrieb der Rakete war schon mit den verschiedenen Zündvorrichtungen „scharf gemacht“. Alle Kameras – ob mit aktivierter Zeitlupenfunktion oder ohne – waren in Stellung gebracht. Dann zählten wir unseren Countdown herunter: „3, 2, 1 ENTONAUT LIFTOFF!“

Dann wurde der Knopf für den Start gedrückt. Es ging alles so schnell, dass man eigentlich nur sah, wie plötzlich die Rakete vom Boden abhob und in den Himmel schoss. Kurz darauf flog die Spitze ab und die Rakete fiel zu Boden. Das war der große Flug unserer kleinen Rakete.

Die zweite Rakete, die wir starteten, war etwas größer. Sie war zwar lange nicht so groß wie eine Saturn-V-Rakete, die wir gerne hätten fliegen lassen, jedoch fehlten uns dazu einfach die Möglichkeiten. Also wurde es eine Modellrakete, aber dafür eine vergleichsweise große. Etwas jedoch war an ihr besonders – sie war zweistufig. Entworfen hatte sie unser Kursleiter Dominik. Sie war schon ein paar Mal in der Luft gewesen bevor wir sie starteten, also konnte man mit Erfolg rechnen.

Die Rakete wurde also startklar gemacht. Als allererstes wurden unten in der zweiten Stufe vier Treibsätze angebracht. Sie waren vom gleichen Hersteller wie bei der kleinen Rakete. Die Treibsätze wurden festgeschraubt, damit sie nicht herausfielen. Dann wurden sie auch mit den Anzündstäben versehen und mit dem Schwarzpulvertesafilem so miteinander verbunden, dass sie möglichst gleichzeitig zündeten.

Nun konnte das Anzündband nicht einfach mit dem Zünder versehen werden, denn die Rakete würde ja bereits im Flug sein, wenn die zweite Stufe gezündet werden soll. Also musste man spezielle Antriebe in der ersten Stufe anbringen, die Funken nach oben ausstoßen, wenn sie ausgebrannt sind. Diese nutzten wir dann, um die zweite Stufe zu zünden, indem wir diese Funken auf die brennbare Fläche des Zündtesafilems schießen ließen. Dieser zündete dann wiederum die Raketenantriebe der zweiten Stufe an. Auch die Antriebe der ersten Stufe wurden festgeschraubt und „scharf gemacht“.

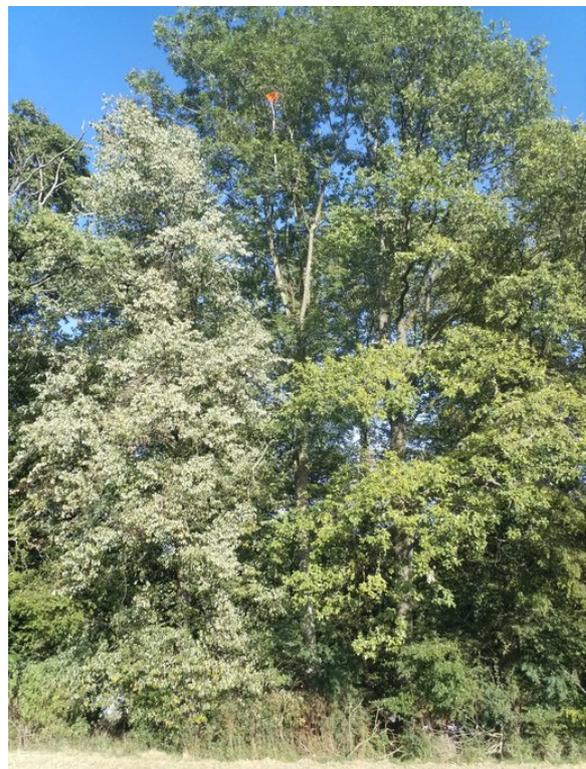


Start der zweistufigen Rakete

Dann war die Rakete fertig und wir mussten mit Autos auf ein unbewohntes Feld mit möglichst wenig Wald fahren. Das machten wir aus Sicherheitsgründen und weil wir die Rakete wie-

derfinden wollten. Dort bereiteten wir alles vor. Kameras wurden wieder platziert und die Kamera an der Rakete wurde aktiviert. Die elektrische Zündvorrichtung wurde angebracht und alle hielten einen Sicherheitsabstand ein. Wir begannen wieder, unseren Countdown herunter zu zählen: „3, 2, 1 ENTONAUT LIFTOFF!“

Dann hob die Rakete ab. Sie war so schnell, dass man Schwierigkeiten hatte, sie mit eigenem Auge zu verfolgen. Aber in Zeitlupe konnte man sehen, wie Pflanzenteile am Boden beiseite gefegt wurden, weil der Abgasstrahl der Treibsätze einen gewaltigen Druck nach unten ausübte.



Rakete und Fallschirm im Baum

Der ganze Flug verlief sauber. Die erste Stufe trennte sich gut von der zweiten und die zweite Stufe zündete auch. Und am obersten Punkt kam der Fallschirm heraus und bremste den Sturz der Rakete ab.

Doch leider landete die Rakete in einen Baum und später mussten die Kursleiter wiederkommen, um mit Hilfe einer mit einem Stein beschwerten Schnur die Rakete vom Baum herunter zu holen. Dabei gingen zwei der Heckflossen kaputt, das war jedoch reparabel. Das waren die beiden Flüge unserer Raketen.

Berechnung der Flughöhe der Feststoffrakete

PAULINE GRAF

Die Flughöhe der Rakete rechneten wir mit Hilfe des Verhältnisses von realen Größen und den scheinbaren Größen auf dem Foto aus. Dazu sammelten wir zuerst die Daten, die wir ausfindig machen konnten. Aus dem Video der Kamera, die an der Rakete befestigt war, wählten wir ein Bild aus. Es sollte ein Foto sein, das das umliegende Gelände noch vor dem Öffnen des Fallschirms zeigte, da die Rakete ihren Fallschirm ungefähr an der höchsten Stelle ihrer Flugbahn öffnet. Zudem sollte es ein Zeitpunkt sein, bei dem die Rakete weit oben und noch relativ senkrecht fliegt, so dass der Blickwinkel die Verhältnisse nicht zu stark verfälscht. Nachdem wir uns auf ein geeignetes Bild geeinigt hatten, suchten wir darauf nach einem identifizierbaren Gebäude, damit wir am Boden ein Objekt hatten, bei dem wir die Größe bestimmen konnten. Bei dem Gebäude ermittelten wir mit Hilfe von Google Earth die Breite, die in unserem Fall 54 m entsprach. Auch den realen Durchmesser der Rakete maßen wir und bekamen 5,3 cm heraus. Anschließend maßen wir den Abstand der Kamera zum Ende der Rakete, der 59,5 cm betrug. Nun fehlte uns nur noch der Abstand zwischen der Rakete und dem Gebäude.



Standbild aus dem Video des Raketenflugs

Das Bild projizierten wir an die Leinwand und maßen dort jeweils die Breite des Gebäudes (22 cm) und den Rohrdurchmesser der Rakete (29 cm), um deren Verhältnis herauszubekommen. Zuerst rechneten wir mit einem Maßstab

von 1:1. Das bedeutet, dass wir die beiden Größen auf dem Bild so behandelten, als sähen sie auf dem Bild gleich groß aus. Denn wenn sie auf dem Bild gleich groß aussähen, könnten wir davon ausgehen, dass folgendes gilt: Wenn z. B. ein Objekt 1 m groß ist, erscheint es gleich groß wie ein Objekt, das 10 mal größer und gleichzeitig 10 mal weiter weg ist.) Mit dieser Annahme bestimmten wir das Verhältnis von dem real gemessenen Rohrdurchmesser und der tatsächlichen Breite des Gebäudes.

Anschließend setzten wir dieses Verhältnis gleich mit dem Abstand zwischen Kamera und Raketenende und dem unbekanntem realen Abstand Kamera–Gebäude x . Mit einem Abstand Kamera–Raketenende A von 59,5 cm, dem Rohrdurchmesser D der Rakete von 5,3 cm und der Breite B des Gebäudes von 54 m ergibt sich für x im Maßstab 1:1

$$\frac{x}{A} = \frac{B}{D}$$

$$x = \frac{54 \text{ m}}{5,3 \text{ cm}} \cdot 59,5 \text{ cm} \approx 607 \text{ m}$$

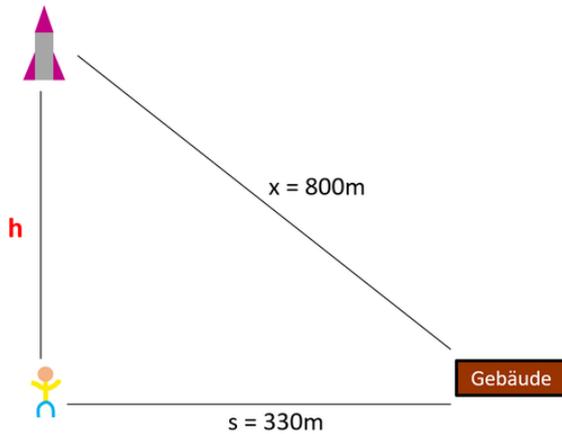
Da aber tatsächlich wie schon oben beschrieben die auf dem Bild gemessenen Werte von Gebäude und Rakete nicht übereinstimmten, mussten wir das gemessene Verhältnis von 29 cm (die Rakete) zu 22 cm (das Gebäude) im Bild in unsere Berechnungen mit einbeziehen: Multipliziert man die 607 m mit $\frac{29}{22}$ erhält man einen Abstand von ca. 800 m.

Da wir die Rakete aber nicht von dem Gebäude aus gestartet hatten, sondern von unserem Startplatz, der ca. $S \approx 330 \text{ m}$ davon entfernt lag, mussten wir dies auch noch mit einbeziehen. Dafür verwendeten wir den Satz des Pythagoras, der besagt, dass für rechtwinklige Dreiecke immer $a^2 + b^2 = c^2$ gilt. In unserm Fall heißt das:

$$h^2 + S^2 = x^2$$

$$h = \sqrt{(800 \text{ m})^2 - (330 \text{ m})^2} \approx 729 \text{ m}$$

Laut unserer Berechnung wäre die Rakete also 729 m hoch geflogen, was allerdings unrealistisch ist, da die verwendeten Treibsätze eigentlich nur eine Flughöhe von ca. 300 m erlauben.

Skizze zur Ermittlung der Flughöhe h

Die Diskrepanz liegt wahrscheinlich an Messungenauigkeiten sowie daran, dass das vermessene Gebäude im Tal liegt und unser Startpunkt somit höher gelegen war. Daran konnten wir erkennen, wie schnell es bei wissenschaftlichen Arbeiten zu Ungenauigkeiten kommen kann und dass es deshalb umso wichtiger ist, immer alle Parameter (wie auch die tatsächliche Lage, des im Tal liegenden Gebäudes) miteinzubeziehen. Wir haben sowohl bei dem Experiment als auch bei den Berechnungen viel gelernt, wie z. B. über die Anwendung des Satzes des Pythagoras, und zudem hat es uns großen Spaß gemacht.

Exkursion nach Würzburg

ALEXANDRA WOLBER

Neben den Kursstunden auf dem Akademiege-
lände haben wir noch Zeit in Würzburg ver-
bracht. Dort besuchten wir die Abteilung In-
formationstechnik für Luft- und Raumfahrt.

Morgens, gleich nach dem Frühstück um 8 Uhr,
ging es endlich los. Wir trafen uns alle vor der
Mensa und fuhren dann gemeinsam zum Bahn-
hof nach Osterburken. Aufgrund des Schienen-
ersatzverkehrs kamen wir dann nach eineinhalb
Stunden endlich in Würzburg an. Während Do-
minik und Caro uns von der Bushaltestelle zur
Uni führten, machten wir uns schon mal Ge-
danken, was uns dort erwarten würde. Dieser
Campus der Universität Würzburg befindet
sich hauptsächlich auf einem alten Kasernenge-
lände, weshalb wir ziemlich überrascht waren,

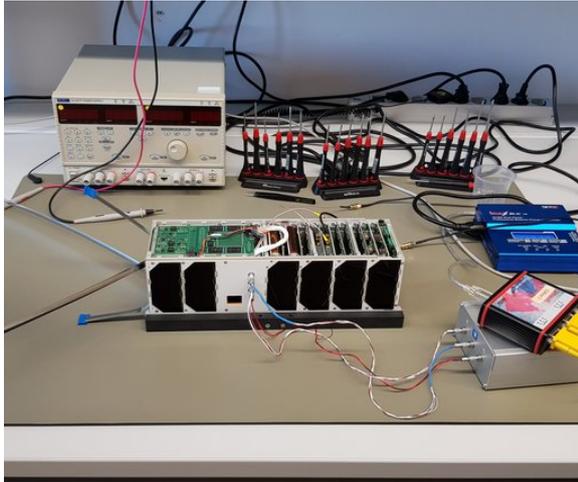
dass dieser Teil der Fakultät für Informatik in
einem ehemaligen Wohngebäude untergebracht
ist. Dort erwartete uns bereits Prof. Dr. Hakan
Kayal.

Zuerst durften wir einen interessanten Vortrag
von ihm anhören. Er berichtete uns vor allem
über seine Arbeit mit den Studenten. Einige
Abschlussarbeiten von ihnen wie z. B. das Pro-
jekt „Moon Base 2030“ erklärte er uns auch
ausführlicher. Außerdem erzählte er uns von
seiner eigenen Karriere und seinen persönlichen
Interessen. Herr Kayal forscht nach unbekann-
ten Himmelsphänomenen, die auch auf anderen
Planeten auftreten können, und untersucht die-
se genauer. Dazu gehören zum Beispiel auch
neue Erscheinungen auf dem Mond. Das fan-
den wir natürlich alle sehr spannend, da unser
Kurs ebenfalls vom Mond handelt. Zu diesem
Thema zeigte er uns einige Bilder von den Mess-
geräten und Kameras, die solche Phänomene
aufzeichnen sollen. Bis jetzt haben diese jedoch
oft stattdessen Vögel oder Insekten aufgenom-
men, da die Geräte auf jegliche Bewegungen
reagieren. Im Moment ist sein Team gerade
dabei, diese Kameras so zu trainieren, dass sie
Vögel nicht als Himmelsphänomen wahrneh-
men. Ebenfalls zu dem Forschungsgebiet von
Herrn Kayal gehört die Suche nach extrater-
restrischem Leben.

Am Ende seiner Präsentation stellte er uns den
neuesten Kleinsatelliten vor, den er mit seinem
Team entwickelt hat. Dieser Satellit, genannt
SONATE, ist seit Anfang Juni im Orbit. So gut
informiert, bekamen wir im Anschluss die Mög-
lichkeit, das Labor und das Kontrollzentrum
zu besichtigen.

Als wir in das Labor kamen, waren wir erstmal
sehr überrascht, weil wir an der Tür über ei-
ne Art Klebefolie laufen mussten. Herr Kayal
erklärte uns dann aber, dass sie damit mög-
lichst viel Staub vermeiden wollen. Im Labor
werden die Satelliten entwickelt und dort müs-
sen sie auch bestimmte Tests bestehen. Es gibt
einen Simulator, der das Erdmagnetfeld dar-
stellt, und einen, der das Sonnenlicht simuliert.
Außerdem gibt es einen „Rüttler“, der einen
Raketenstart nachahmen soll.

Wir waren alle sehr beeindruckt von dem Test-
modell des Kleinsatelliten *SONATE*. Dieses



Testmodell des Kleinsatelliten *SONATE*

war aufgeklappt, so dass wir die ganze komplizierte Technik sehen konnten. Herr Kayal erklärte uns, dass die Antennen des Satelliten einem Maßband aus Metall ähneln. Während des Raketenstarts sind diese eingeklappt und sobald der Satellit im Orbit ist, können sie sich aufklappen. In der *SONATE* gibt es auch zwei Computersysteme, falls eines ausfallen sollte. Bevor wir in das Kontrollzentrum durften, haben wir noch eine Art Kammer angeschaut, in der man die Satelliten zusammenbaut. In dieser Kammer sorgt ein Abzug dafür, dass kein Staub in den Satelliten gelangt.

Als wir in das Kontrollzentrum kamen, waren zunächst noch alle Bildschirme dunkel. Herr Kayal schaltete sie an und wir waren ziemlich überrumpelt von den ganzen Zahlen. Er zeigte uns an einem der Bildschirme, wo die *SONATE* sich gerade befindet und erklärte uns einige von den unzähligen Messdaten. Außerdem demonstrierte er uns, wie es aussähe, wenn die *SONATE* ein Funksignal senden würde. Am Ende haben wir ein Gruppenfoto im Kontrollzentrum gemacht und wir durften noch Fragen stellen.

Wir bedankten uns nochmals für den tollen Tag an der Universität Würzburg und für die interessanten Einblicke in die Welt der Luft- und Raumfahrtinformatik. An diesem Vormittag haben wir Dinge gelernt, die weit über unsere Kursinhalte hinausgingen. So hatten wir die Möglichkeit, auch einmal über den Tellerrand zu schauen und neue Aspekte über das Weltall zu lernen.



Im Kontrollraum der *SONATE*

In Würzburg bekamen wir noch ein bisschen Freizeit, was wir alle sehr genossen haben. Pünktlich zum Abendessen waren wir wieder in Adelsheim. Wir waren alle sehr erschöpft und beeindruckt von diesem einmaligen Erlebnis.

Rotation und Abschlussstag

ALEXANDRA WOLBER

Nach einer Woche Akademie wollten wir nach und nach natürlich auch wissen, was die anderen Kurse bis jetzt erarbeitet hatten. Das bedeutete für uns jedoch, dass wir selbst auch eine Rotationspräsentation erstellen mussten. Unser Kurs begann zwei Tage zuvor, sich vorzubereiten. Caro, Dominik und Merit teilten uns in vier Dreiergruppen ein. Dabei achteten sie vor allem auf unsere Interessengebiete. Jede Gruppe durfte sich ein Thema aussuchen und musste für dieses die entsprechenden Folien für den Vortrag gestalten.

Wir waren alle sehr geschockt und nervös, als Dominik uns sagte, dass wir keine Karteikarten benutzen sollten. Doch im Nachhinein waren wir alle sehr stolz, dass wir es auch ohne geschafft haben. Daraus lernten wir auch ganz viel für unsere weitere Schulzeit. Nach ein paar Probedurchläufen der einzelnen Gruppen, konnten wir dann gut vorbereitet in die Rotationspräsentation starten.

Am Ende der Akademie stand natürlich auch noch die Abschlusspräsentation an. Als Ausgangspunkt verwendeten wir die schon vorhandene Rotationspräsentation und jede Gruppe erstellte Folien mit den noch dazu gekommenen Themen, wie zum Beispiel unserer Exkursion



Bei der Abschlusspräsentation

nach Würzburg. Trotz anfänglicher Schwierigkeiten mit dem Einfügen der Videos hatten wir am Ende einen gelungenen Vortrag. Nachdem wir unseren Kursraum für die Abschlusspräsentation hergerichtet hatten, bekam jede Gruppe nochmal die Möglichkeit zu üben. Während der Rotation hatten wir schon sehr viel gelernt, was das Präsentieren angeht, und waren nun nicht mehr so unsicher. Schlussendlich hatten wir alle sehr viel Spaß beim Präsentieren unserer Ergebnisse und der verschiedenen Modelle und freuten uns über unseren gut besuchten Kursraum.

Und jetzt?

MERIT NEIBIG

Viel zu schnell sind diese zwei Wochen vergangen und doch fühlt es sich an, als würden wir uns schon ewig kennen! So viele gemeinsame Erlebnisse liegen hinter uns: Wir haben bis tief in die Nacht hinein den Mond beobachtet, Modelle gebaut, Explosionen verursacht. Haben unseren Schlachtruf ertönen lassen, mehrere Rollen Gaffa verbraucht, Gemüse gefuttert. Wir haben Raketen gestartet, Gips und Zement zertrümmert, an mathematischen Problemen getüftelt und vor allem ganz, ganz viel Spaß gehabt!

Wie unsere Schafe, die am Eröffnungswochenende ausgebrochen sind, um ihre Umgebung zu erkunden, haben auch wir in unserem Kurs ständig unbekanntes Terrain betreten, um den Mond zu erforschen und an jeder neuen Her-

ausforderung zu wachsen. So sind wir – als einzelne Elemente des Kurses – in kürzester Zeit zu einer richtigen Familie geworden!

Und mit zurück nehmen wir von dieser einzigartigen Akademie natürlich nicht nur unsere selbstgebauten Modelle der Mondoberfläche, Abgüsse von Kratern und unseren Entonauten, sondern auch wunderbare Freundschaften, neu erlangtes Fachwissen über den Erdtrabanten und ein Meer voller Erinnerungen. Denn die Akademie ist jetzt keineswegs vorbei, sondern wird uns in unserem Leben stets begleiten, wie der Mond die Erde!

Zitate aus dem Kurs

Ich brauche Gaffa.

Dominik: Was können wir denn jetzt gegen deine Stimme tun? Merit: Helium.

Dominik: Ihr müsst vor der Kultusministerin auch keinen Respekt haben!

Dominik: Wenn die Ministerin kommt, überlassen wir Merit das Reden.

Dominik: Wenn wir Helme tragen und das 1 kg-Gewicht dann aus 300 m Höhe herunterfällt, dann war es wenigstens vorschriftsmäßig!

Dominik: Wozu Tesa, wenn wir brennbares Tesa haben?

Dominik: Kauft nichts das beißt!

Dominik [zu Marko]: Du kannst froh sein, dass die Journalistin da ist, sonst gäbe es jetzt mega Ärger!

Marc: Jetzt sieht Lotte von der beleuchteten Seite nur noch einen beleuchteten Teil, den ich beleuchte.

Marc: Es ist zwar nicht sehr genau, aber es hat Spaß gemacht.

Journalistin: Waren das jetzt volle zwei Wochen? Jonathan W.: Nein, das waren nur 13 Tage!

Marc: Lotte sieht nichts.

Dominik [über ein Keramikmesser]: Ich schneide damit ja auch nicht meinen Schinken!

Dominik: Ich weiss nicht so recht, was damit passieren wird?

Alle Kursleiter (zu jedem, der kein Namensschild trägt): Hallo Kunibert!

Merit: Ich heiße Merit und Sie herzlich willkommen.

Alle: Professionelle Zerstörung – Wir sind in Führung!

Dominik: Wer hat die Gurke auf dem Brett mit Leim geschnitten?

Merit: Egal, was passiert, der TheoPraxler verliert!

Alle: Astronomie, rennt wie noch nie! Rennt wie die Ent!

Jonathan S. [im Entwurf seines Doku-Textes]: Im Kurs haben wir dann unterschiedlich schwere Gewichte aus unterschiedlichen Höhen fallen gelassen, dabei sind Ellipsen entstanden mit vielen unterschiedlichen Exzentrizitäten.

Dominik [im Plenum über das T-Shirt-Motiv]: Muss das Lama diesen Papierflieger in der Presse haben?

Marko: Wenn wir nicht schlafen gehen, endet der Tag nie.

Nikolas [am Dokuwochenende]: Wer ist eigentlich Caro?



Doku geschafft!

Kurs 2 – Nachhaltigkeit bei Arzneipflanzen – wie können wir Pflanzen in der Pharmazie nutzen, und wie kultivieren wir sie?



Vorwort

ANDREAS PIETZCKER

Auf den ersten Blick könnte man meinen, dass Landwirtschaft und Pharmazie zwei Fachbereiche sind, die nur sehr wenig gemeinsam haben. Nicht aber im diesjährigen Biologie-/Pharmazie-Kurs, denn dort haben wir uns intensiv mit dem Anbau von Arzneipflanzen und der Gewinnung pflanzlicher Antibiotika beschäftigt.

Warum aber sollte man sich überhaupt mit pflanzlichen Antibiotika auseinandersetzen? Durch unseren massiven Konsum an Antibiotika in den letzten Jahrzehnten treten weltweit immer mehr gegen Antibiotika resistente Bakterien auf. Da man hofft, in Pflanzen neue Antibiotika zu finden, gegen die es noch keine

Resistenzen gibt, ist dies ein sehr forschungintensiver Bereich in der Pharmazie geworden.

Im landwirtschaftlichen Teil des Kurses haben wir uns damit beschäftigt, wie wir unsere Heilpflanzen kommerziell anbauen können. Beide Bereiche waren ebenfalls durch eine Art roten Faden, der sich durch den gesamten Kurs zog, verbunden, der Nachhaltigkeit.

Auch die Nachhaltigkeit ist aktuell, nicht nur in der Pharmazie, wo es um den nachhaltigen Einsatz von Antibiotika geht, sondern auch in der Landwirtschaft.

In unserem Kurs wurde aber nicht nur angeregt über Nachhaltigkeit diskutiert, ebenfalls

arbeiteten wir viel mit Bakterien im Labor und testeten Pflanzenextrakte auf ihre antibakterielle Wirkung, um sie anschließend zu einem fertigen Produkt weiterzuverarbeiten.

So gelang es uns, die Pharmazie und die Landwirtschaft eng miteinander zu verknüpfen, und die diversen Kursinhalte unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit zu erarbeiten.

Unser Kurs

Nathan wandte sich von seinem früheren Wunsch, Tiger zu werden, ab und überlegte sich, dass Astrophysiker doch eher was für ihn wäre. Wir sind froh, dass er trotz seiner neuen Interessen den Biokurs besuchte, denn er war immer nett, wenn auch ein bisschen verpeilt, was den Kurs sehr lustig machte. Neben dem Kurs war er in seiner selbst gegründeten, hervorragenden Jazzband zugange.

Nele fiel direkt dadurch auf, dass sie gerne und sehr herzlich lachte. Schon kurz nachdem wir sie kennengelernt hatten, merkten wir, dass ihre absolute Begeisterung dem Sport und vor allem Leichtathletik galt. Sie hat eine wunderschöne Stimme und sang zur Freude aller am Hausmusikabend etwas vor.

Angelique war im Kurs immer motiviert bei der Sache. Generell kann man sie als sehr humorvoll, nett und rücksichtsvoll beschreiben, was für gute Laune im Kurs sorgte. Ihre Begeisterung für Musik wurde nicht nur im Orchester durch ein tolles Klaviersolo deutlich, sondern auch dadurch, dass sie ihre große Bluetooth-Box mitbrachte.

Lara kam schon mit einem immensen Vorwissen zum Thema Landwirtschaft zur Akademie. Im Kurs fiel sie durch ihre schöne und ausdrucksvolle Sprache sehr positiv auf, denn diese sorgte für die nötige Motivation, besonders beim Sportfest. Nicht zu vergessen ist ihre Liebe zu Schwarztee, die sich im Kurs deutlich zeigte.

Michael alias Martin, Matthias, Andreas, Markus, ... hegt eine Vorliebe für schwarze Sachen. Beim Sportfest blieb er uns mit seiner olympiareifen Leistung im Teebeutel-

weitspucken in Erinnerung. Er beeinflusste unsere Präsentationen mit seinen kreativen Formulierungen. Im Kurs gab er auch preis, dass er die Spinne unter seinem Bett einer festen Freundin eindeutig vorzieht.

Maruška lieferte im Kurs immer gute und konstruktive Beiträge. Sie erzählte uns, dass sie nur eine Sache mehr als Wespen hasst: Modetrends. Am Hausmusikabend verzauberte sie uns mit ihrem Flötensolo. Aber sie kann nicht nur gut erzählen, nein, sie ist selbst auch eine super ZuhörerIn, mit der man über alles reden kann.

Carla ist der Inbegriff von dem Spruch „Klein aber oho“. Im Kurs sorgte sie für eine angenehme Stimmung. In ihren Präsentationen war sie sehr redigewandt, sodass man ihr gerne zuhörte. Wenn man einmal nicht alles aufgeschrieben hatte, war sie die Rettung, denn sie hatte die mit Abstand schönsten Aufschriebe aus dem Kurs.

Charlotte stach ständig durch ihr supersüßes Lachen heraus. Wenn sie etwas ausdrücken wollte, hat sie dies immer sehr lebendig rübergebracht, auch in ihrer Präsentation. Noch dazu gab sie eine hervorragende Jackie ab, die die Gangster-Ehefrau von Nathan war. Wenn sie nicht mit Kursarbeit oder Theater beschäftigt war, machte sie gerne Handlettering.

Arve kam hier an und wusste schon so viel über Antibiotika, dass jeder Normalsterbliche staunend dastand. Neben dem Kurs gab er sein Wissen in anderen Bereichen in zwei KüAs weiter, was ihm dadurch gut gelang, dass man ihm gerne zuhört. Und wenn ihm danach ist, diskutiert er auch gerne mal über „Sozialismusfische“.

Johannes war immer sehr aktiv im Kursgeschehen dabei und hatte immer einen zynischen, aber lustigen Kommentar auf Lager. Schon ab dem ersten Tag machte sich sein Schlafmangel sehr bemerkbar, schränkte aber nicht seine Fähigkeit ein, den Kurs voranzubringen. In seiner Freizeit machte er sehr gerne Musik und war der einzige mit Netz.

Fabian hielt als Gentleman nicht nur jedem die Tür auf, sondern war auch sehr zuvor-

kommend. Er war der Häuptling unseres Stammes, dem es gelang, uns immer wieder als Gruppe zusammenzuführen und zum Arbeiten zu motivieren. Da er bei den Diskussionen alles sehr motiviert mitschrieb, wurde er von uns liebevoll „Buchhalter“ getauft.

Celina ließ sich durch ihre Verletzung am Knie nicht davon abhalten, sowohl im Kurs als auch beim Sportfest alles zu geben. Indem sie uns mit genialen Beiträgen unterstützte, war sie stets die treibende Kraft im Kurs. Sie schwang begeistert das Tanzbein und steckte viele Teilnehmer mit ihrer Begeisterung an.

Jana kam hier mit der halben Uni Marburg an. Trotzdem hatte sie glücklicherweise in ihrem Auto noch genug Platz für ihren einzigartigen Apfelkuchen. Ihr Lieblingsspruch war „Forschung besteht zu 80 % aus Problemen und zu 20 % aus Lösungen“. Um 20 % Lösungen zu erreichen, brachte sie uns komplexe Sachverhalte nahe und löste jegliche Probleme in der Akademie.

Patricia war die Kreativste und rettete uns alle, was Kursspruch, Präsentation und roten Faden anbelangte. Nebenbei teilte sie mit uns ihr ganzes Wissen und ihre Erfahrungen über Landwirtschaft und kümmerte sich rührend um den Senf. Sie blieb uns durch ihre super Performance als „soooo schöner“ Prinz in Erinnerung.

Andreas, unser Paparazzo, war von Anfang an top-motiviert und machte in jeder noch so misslichen Lage gute Bilder. Wenn er mal nichts für den Kurs zu tun hatte, war seine Lieblingsbeschäftigung, die Akademie mit spontanen und verrückten Aktionen auf Trab zu halten. Ebenfalls unterhielt er uns mit diversen Tanzeinlagen.

Nachhaltigkeit – unsere Definition

NELE SCHNEIDER

Nachhaltigkeit spielt eine immer größere Rolle und wird den Menschen immer mehr ins Bewusstsein gerufen. Ob Siegel, die ein Produkt

als nachhaltig zertifizieren, Läden oder Betriebe, die sich auf Nachhaltigkeit spezialisiert haben, oder in den Medien, fast überall, wo man hinschaut, findet man den Begriff Nachhaltigkeit.

Um unserem Kursziel gerecht zu werden, unser ganzes Konzept nachhaltig zu gestalten, haben auch wir uns mit dem Thema intensiv beschäftigt und uns gefragt, was Nachhaltigkeit für uns bedeutet. Nachhaltigkeit bei Arzneipflanzen – wie können wir Pflanzen in der Pharmazie nutzen und wie kultivieren wir sie?

Hierzu müssen zwei Blickwinkel betrachtet werden: die Landwirtschaft und die Pharmazie. Beide Bereiche haben wir mit Hilfe des Nachhaltigkeitsdreiecks genauer untersucht. Das Nachhaltigkeitsdreieck veranschaulicht das Zusammenspiel von ökonomischen, ökologischen und sozialen Aspekten.



Abbildung 1: Die drei Säulen der Nachhaltigkeit

Damit wir das Ziel der Nachhaltigkeit für die Landwirtschaft umsetzen können, müssen wir folgende ökologische Aspekte berücksichtigen: Zum einen muss die Bodenfruchtbarkeit erhalten bleiben, damit auch zukünftige Generationen noch von der Erde profitieren und leben können.

Außerdem bedarf es der Planung einer bestimmten Fruchtfolge. Es muss genau bedacht werden, wie wir mit Pflanzenschädlingen umgehen und in welcher Art gedüngt werden soll.

Unter den sozialen Gesichtspunkten sind uns für ein nachhaltiges Konzept gute und faire Arbeitsbedingungen wichtig. Den Arbeitern soll ein angemessener Lohn bezahlt werden und es wird Wert auf hohe Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz gelegt.

Auch die sogenannte „Cross-Compliance“ soll in unserem Konzept berücksichtigt werden. Unter Cross-Compliance versteht man die „Bindung bestimmter EU-Agrarzahungen an Verpflichtungen aus den Bereichen Umweltschutz, Gesundheit von Menschen, Tier und Pflanze sowie Tierschutz“¹.

Aus ökonomischer Perspektive steht zwar die Rentabilität im Vordergrund, dabei soll jedoch darauf geachtet werden, die natürlichen Ressourcen weder auszubeuten noch zu erschöpfen. Bei der Landwirtschaft haben wir schon einmal eine grundlegende Basis für ein nachhaltiges Konzept aufgebaut. Ebenso haben wir uns überlegt, wie wir die Nachhaltigkeitsprinzipien im pharmazeutischen Bereich umsetzen können.

So haben wir uns zum Beispiel aus ökologischer Sicht dazu entschlossen, ein umweltverträgliches Produkt zu entwickeln.

Außerdem wollen wir unser Arzneimittel bedarfsgerecht produzieren, um eine Arzneimittelüberproduktion zu vermeiden. Dies ist deshalb wichtig, da ein Eintrag der Stoffe in die Umwelt Schäden an Organismen und Ökosystemen hervorrufen kann. Auch die Wirkstoffkonzentration soll an die jeweiligen Anforderungen angepasst und gezielt eingesetzt werden.

Natürlich werden auch im pharmazeutischen Bereich die gleichen sozialen Standards gelegt, wie im Landwirtschaftlichen: gerechte Arbeitsbedingungen, Gesundheitsschutz, Arbeitssicherheit und gerechte Löhne.

Darüber hinaus sollen die Patienten über die Herkunft der Inhaltsstoffe des Arzneimittels durch Ärzte und Apotheker informiert und aufgeklärt werden.

Auch in der ökonomischen Dimension im Bereich der Pharmazie steht die Rentabilität, wie

¹www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Foerderung-Agrarsozialpolitik/_Texte/Cross-Compliance.html (zuletzt abgerufen am 21.09.2019 um 10 Uhr)

auch bei der Landwirtschaft erwähnt, im Vordergrund. Das bedeutet, wir wollen mit unseren Produkten möglichst langfristig und dauerhaft wirtschaftliche Erträge erzielen, um auch konkurrenzfähig zu bleiben. Zusätzlich wollen wir Corporate Social Responsibility (CSR) in unsere Unternehmensführung aufnehmen. CSR ist ein Begriff aus der Unternehmensethik und beschäftigt sich mit dem verantwortungsvollen, nachhaltigen Wirtschaften von Unternehmen und deren Auswirkung auf die Gesellschaft.



Abbildung 2: Aspekte der Nachhaltigkeit, die für uns eine Rolle spielen.

Aus diesen ganzen Gesichtspunkten haben wir für uns schließlich den Begriff „Nachhaltigkeit“ wie folgt definiert:

„Unter Nachhaltigkeit verstehen wir eine umweltverträgliche, ressourcenschonende und energiesparende Verwendung der Wirkstoffe unseres Arzneimittels. Dazu gehören auch der Erhalt der Bodenfruchtbarkeit im Anbau und eine möglichst einfache und gezielte Anwendung des Wirkstoffes. Damit wollen wir den Anbau und die Verwendung des Wirkstoffes auch zukünftigen Generationen ermöglichen.“

Diese Definition hat uns durch die gesamte Zeit während unserer Kursarbeit begleitet.

Womit wir uns beschäftigt haben

Bakterien und Antibiotika

MICHAEL MARKS

Wir hatten uns zum Ziel gesetzt, ein Medikament zur Bekämpfung bakterieller Infektionen, welches unserer Definition von Nachhaltigkeit gerecht wird, herzustellen. Um uns für unser

Vorhaben das nötige Hintergrundwissen anzueignen, haben wir uns mit dem Aufbau von Bakterien und mit der Wirkungsweise einiger Antibiotika beschäftigt.

Bakterien gehören zu den Prokaryoten, also zu den Zellen, die keinen Zellkern besitzen. Ihre DNA, die in Form eines Rings vorliegt (Plasmid-DNA), schwimmt frei im Zytoplasma. Das Innere der Zelle wird von einer Plasmamembran umhüllt, darauf folgt die Zellwand. Anhand ihres Aufbaus werden zwei Typen von Bakterien unterschieden: bei grampositiven Bakterien besteht die Zellwand aus einer Zellmembran und einer sehr dicken Peptidoglykanschicht, bei gramnegativen aus zwei dünnen Zellmembranen, zwischen denen sich eine dünnere Peptidoglykanschicht befindet.

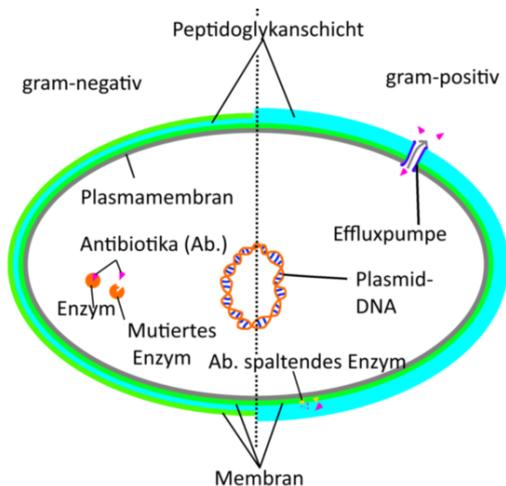


Abbildung 3: Graphische Darstellung des Bakterienaufbaus.

Um grampositive und gramnegative Bakterien erkennen und voneinander unterscheiden zu können, wird ein Gramfärbungstest durchgeführt. Zunächst werden dazu die Bakterien mit Kristallviolettlösung gefärbt. Durch die anschließende Behandlung mit Lugol'scher Lösung bilden sich wasserunlösliche Farbstoffkomplexe, sodass alle Bakterien nun blau-violett gefärbt sind. Im zweiten Schritt folgt eine Behandlung mit Ethanol. Hierbei verhalten sich gramnegative und grampositive Bakterien verschieden. Bei gramnegativen Bakterien wird der Farbstoffkomplex ausgewaschen, sie werden entfärbt. Grampositive Bakterien bleiben dagegen gefärbt, da aufgrund ihrer dickeren Peptido-

glykanschicht der Farbstoff nicht ausgewaschen werden kann. Anschließend werden die Bakterien mit Safraninlösung gegengefärbt, worauf die gramnegativen Bakterien nun orange-rötlich erscheinen. Die grampositiven Bakterien sind allerdings noch von der Kristallviolettlösung gefärbt und bleiben daher bläulich-violett.

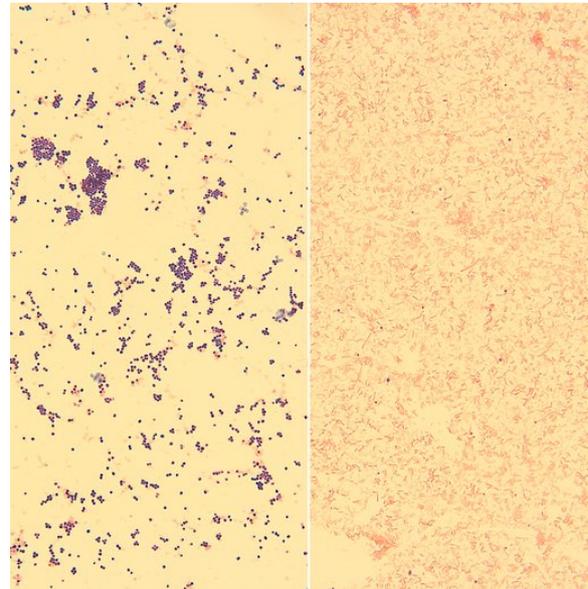


Abbildung 4: Rechter Hand sind gramnegative Bakterien dargestellt, linker Hand grampositive.

Die Unterscheidung ist wichtig, da die Membranen für die Antibiotika schwer zu durchdringen sind, wohingegen die Peptidoglykanschicht durchlässig ist. Folglich sind grampositive Bakterien angreifbarer gegenüber Antibiotika.

Um uns mit den verschiedenen Wirkungsweisen von Antibiotika vertraut zu machen, betrachteten wir drei Gruppen: die THF-Hemmer, die Gyrasehemmer und die β -Lactame.

Bakterien benötigen wie wir Folsäure in Form von Tetrahydrofolsäure (THF), um ihr Erbgut aufzubauen. Im Gegensatz zu uns, können Bakterien diese THF selbst produzieren, während der menschliche Organismus die Folsäure als Vitamin über die Nahrung aufnehmen muss. Zu den THF-Hemmern gehören die Sulfonamide und das Trimethoprim.

Bakterien wandeln Paraaminobenzoensäure in Dihydrofolsäure um. Sulfonamide wirken als Antimetabolite bei der Synthese der Paraaminobenzoensäure. Dadurch verhindern sie die Synthese der Dihydrofolsäure, da unwirksame

Substanzen entstehen, wodurch sie bakteriostatisch (also wachstumshemmend auf Bakterien) wirken. Trimethoprim ist ein Dihydrofolsäure-reduktasehemmer (kurz: DHFR-Hemmer), es stört den zweiten Schritt der THF-Synthese, bei welchem aus Dihydrofolsäure THF synthetisiert wird. Es wirkt somit ebenfalls bakteriostatisch. Werden jedoch Sulfonamide und Trimethoprim zusammen verabreicht (wie in Cotrimoxazol), wirken sie bakterizid (töten die Bakterien also ab). Zudem entwickeln sich bei der Kombination nicht so schnell Resistenzen.

Die DNA von Bakterien liegt „supercoiled“ (das heißt verdreht) vor, um sie besser zu speichern. Die Gyrasehemmer verhindern das Schließen der DNA-Stränge beim Supercoiling durch die Gyrase, worauf das Bakterium stirbt. Zu ihnen gehören die Fluorchinolone.

β -Lactame, zu denen das berühmte Penicillin gehört, verhindern den Aufbau der Zellwand, indem sie die Transpeptidase, welche die Zellwand vernetzt, hemmen. Dadurch stirbt das Bakterium bei der Zellteilung. Menschliche Zellen sind unbeeinträchtigt, da sie keine Zellwand besitzen. Alle β -Lactame besitzen den β -Lactamring, welcher auch der wirkende Teil des Antibiotikums ist.

Bakterien können Resistenzen gegen Antibiotika entwickeln, indem sie ihre Enzyme verändern, antibiotikaspaltende Enzyme synthetisieren oder Effluxpumpen in die Zellwand einbauen, welche die Antibiotika aus der Zelle transportieren.

Der Pflanzenbau

Weshalb haben wir Pflanzen untersucht?

FABIAN NIKOLAUS

Wie schon im Vorwort deutlich wurde, beschäftigten wir uns in unserem Kurs sehr viel mit Pflanzen, weshalb wir uns mit deren grobem Aufbau und ihrer Physiologie beschäftigt haben.

Kommen wir zunächst zu den Gründen, weshalb wir mit Pflanzen gearbeitet haben. Deren Anbau und Verarbeitung sind vom Samen bis

zum Endprodukt nachhaltig und umweltverträglich gestaltbar. Ihre Inhaltsstoffe sind weniger anfällig für Resistenzen, da die verschiedenen antibakteriellen Wirkstoffe, die innerhalb der Pflanzen vorhanden sind, die Bakterien an mehreren Wirkorten angreifen. Außerdem sind Pflanzen ein nachwachsender Rohstoff. Wir haben Fokus und Recherche auf folgende fünf Pflanzen gelegt: Ingwer, Senf, Spitzwegerich, Kapuzinerkresse und Lavendel, da bei diesen bereits eine antibakterielle, beziehungsweise eine schmerzlindernde Wirkung bekannt ist. Diese haben wir im Laufe der Akademie dann auf ihre antibakterielle Wirkung getestet.



Abbildung 5: Kursarbeit im Labor.

Pflanzen sind schon in ihrem Aufbau sehr faszinierend. Sie bestehen aus verschiedenen Organen. Dazu gehören die Wurzeln, die Sprossachse, die Blätter und die Blüten, sowie die daraus hervorgehenden Früchte. Die Wurzeln dienen einerseits zur Nährstoff- und Wasseraufnahme, andererseits aber auch als Speicher für Nährstoffe und als Stabilisierung und Verankerung der Pflanze im Boden. Die Sprossachse dient ebenfalls als Speicherorgan und ist gleichzeitig der Transportweg für Nährstoffe und Wasser zu Blättern und Blüte. Die Blüte und die Frucht dienen in erster Linie zur Fortpflanzung. Weiterhin fungiert die Frucht auch als Ablagerungsort für weiterverarbeitete Nährstoffe. In den Blättern findet die elementar wichtige Photosynthese statt.

Man kann Pflanzen außerdem in zwei unterschiedliche Gruppen unterteilen: Thallophyten und Kormophyten. Unter Thallophyten versteht man niedere Pflanzen, die aus nur einem Gewebe bestehen. Beispiele für Thallophyten sind Algen, Laub-/Lebermoose und Flechten. Unter Kormophyten versteht man höhere Pflanzen, die, wie zu Anfang beschrieben, ein Organsystem besitzen. Beispiele für Kormophy-

ten sind Bäume, Blumen und Gräser. Bei den Kormophyten wird weiterhin zwischen monokotylen und dikotylen Pflanzen unterschieden. Monokotyle Pflanzen zeichnen sich durch parallele Blattadern, fehlende Hauptleitbündel und einen nicht vorhandenen Blattstiel aus. Zudem verkrümmt sich die Hauptwurzel sehr schnell, daher kommt es zur Bildung von gleichartigen Wurzeln. Dieses Wurzelsystem wird als Homorhizie bezeichnet. Dikotyle Pflanzen haben verzweigte Blattadern, außerdem sind hier Hauptleitbündel und Blattstiel vorhanden. Im Gegensatz zu den monokotylen Pflanzen besitzen die dikotylen Pflanzen eine Hauptwurzel mit untergeordneten Nebenwurzeln. Dieses Wurzelsystem wird als Allorhizie bezeichnet.

Mit diesem Wissen konnten wir uns in die Kurs- und Laborarbeit stürzen.

Einführung in die Landwirtschaft

NATHAN HAIST

Um unser Produkt und dessen Herstellung vom Samen bis ins Regal nachhaltig gestalten zu können, haben wir uns mit dessen Anbau beschäftigt. Hierbei lässt sich generell zwischen konventionellem und ökologischem Anbau unterscheiden. Der wesentliche Unterschied besteht darin, dass im ökologischen Anbau die Verwendung von chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmitteln und mineralischen, leicht löslichen Düngern verboten ist. Stattdessen greift man meist auf andere Methoden zurück, wie zum Beispiel:

- Kompost und/oder Mist als organische Dünger, in denen Stickstoff und andere Nährstoffe gebunden sind
- Leguminosen, wie Bohnen oder Klee, welche Stickstoff im Boden binden und somit düngend wirken
- Mechanische Schädlingsbekämpfungsmaßnahmen wie Hacken oder Striegeln
- Anbau robuster Pflanzen
- Fruchtwechsel
- Nützlinge wie die Schlupfwespe oder der Marienkäfer, welche Schädlinge fressen bzw. ihre Larven in ihnen ablegen.

Dass man nicht auf mineralische Dünger und chemisch synthetische Pflanzenschutzmittel zurückgreifen kann, stellt oft eine Schwierigkeit dar, da man weniger gezielt Pflanzenschutz betreiben kann und ein höheres Risiko von Schädlingsbefall besteht. Außerdem kann es sein, dass durch insuffiziente Düngung und höheren Schädlingsbefall der Ertrag abnimmt. Im konventionellen Landbau sind chemisch-synthetische Dünge- und Pflanzenschutzmittel erlaubt, doch es gibt strenge Regulierungen, die bestimmen, wie viel von welchem Mittel zu welchem Zeitpunkt angewendet werden darf. So wird vermieden, dass Schadstoffe ins Grundwasser oder in den Körper von Tieren oder Menschen gelangen. Generell muss beachtet werden, dass, entgegen der oft gängigen Meinung in der Gesellschaft, der konventionelle Anbau gleichermaßen nachhaltig ist, wie der ökologische. Das liegt daran, dass durch gezielte Schädlings- und Unkrautbekämpfung ein deutlich nachhaltigerer Landbau möglich ist. So kann man beispielsweise Direktsaat betreiben, das heißt man sät ohne jegliche Bodenbearbeitung. Dies lässt Mikroorganismen und andere Bodenlebewesen gedeihen und der Boden erhält mehr Nährstoffe. Da aber durch Bodenbearbeitung vorhandene Unkrautsamen tiefer in den Boden eingearbeitet werden und das bei der Direktsaat nicht der Fall ist, müssen direktere Unkrautbekämpfungsmethoden eingesetzt werden, die nur mit dem konventionellen Landbau möglich sind. Schließlich haben wir uns für die konventionelle Landwirtschaft entschieden, da uns das ermöglicht, nachhaltige Landwirtschaft zu betreiben und gleichzeitig eine gewisse Sicherheit in Form der chemisch-synthetischen Dünge- und Pflanzenschutzmitteln zu haben, jedoch versuchen wir, den Einsatz solcher Mittel möglichst zu vermeiden. Die Anbauplanung umfasst die Planung von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Düngung und Pflanzengesundheit.

Fruchtfolge

CARLA LINK

In der zweiten Woche der Akademie beschäftigten wir uns ausführlich mit der Fruchtfolge. Dazu gehört sowohl die Wahl der Pflanzenarten für die verschiedenen Feldabschnitte, als auch

die Abstimmung von Ernte und anschließender Neusaat einer neuen Fruchtgeneration aufeinander. Bei diesem äußerst komplexen und vielschichtigen Themenbereich gibt es doch einige wichtige Punkte, die bei der Auswahl der Pflanzen und ihrer Reihenfolge helfen.

Zunächst ist es natürlich sehr wichtig, dass der Boden immer mit unterschiedlichen Pflanzenarten bepflanzt wird, da einseitige Nutzung ihn auslaugt und im Laufe der Zeit seinen Ertrag beträchtlich vermindern würde.

Des Weiteren ist es relevant, dass Humuszehrer und Humusmehrer abgewechselt werden. Als Humuszehrer werden Pflanzen bezeichnet, die dem Boden mehr organisches Material entziehen, als sie ihm zurückgeben. Mit Humusmehrern verhält es sich genau umgekehrt. Unter Humuszehrern werden die Pflanzen aufgefasst, die vollkommen abgeerntet werden, sodass keine oder kaum Ernterückstände, also organisches Material, auf dem Feld zurückbleiben. Ein Beispiel dafür sind Zuckerrüben oder Kartoffeln. Bei humusmehrenden Pflanzen bleibt, genau entgegengesetzt, ein relativ großer Teil der Pflanze auf dem Acker, der sich dann in wertvolles Düngemittel zersetzt. Besonders wichtig ist dieses Prinzip, da der Boden Nährstoffe braucht, um die Pflanzen versorgen zu können.

Ein ebenfalls wichtiger Punkt, den wir behandelt haben, ist der Wechsel zwischen Sommer- und Winterungen. Damit ist gemeint, dass der Acker sowohl im Sommer als auch im Winter bepflanzt sein sollte, um zu großer Unkrautdichte vorzubeugen. Dafür gibt es zwei verschiedene Pflanzenvariationen. Die der Sommerung brauchen warme Temperaturen und würden bei Frost einfach absterben, während die Winterpflanzen erst nach einer gewissen Summe kalter Tage beginnen, von der vegetativen in die generative also die fruchtbildende Phase überzugehen.

Als Letztes gibt es noch die Möglichkeit, in der Fruchtfolge eine sogenannte Untersaat einzuplanen. Diese bedeckt unter der eigentlichen Kulturpflanze den Boden und erschwert es damit Unkräutern, zu wachsen.

Das sind die wichtigsten Kriterien einer guten Fruchtfolge, die unbedingt mit in die Planung einbezogen werden sollten.



Abbildung 6: Kursarbeit im Seminarraum.

Bodenbearbeitung

CARLA LINK

Auch die Bodenbearbeitung ist ein wichtiger Bestandteil der Anbauplanung, der auf jeden Fall zu Beginn jedes landwirtschaftlichen Unternehmens und der pflanzenbaulichen Planung geklärt werden sollte. Es gibt eine Vielzahl von mehr oder weniger bekannten Bodenbearbeitungssystemen. In unserer Arbeit haben wir uns schon recht bald auf die drei groben Überkategorien konzentriert, nämlich auf die „wendende“ und die „nicht-wendende“ Bodenbearbeitung, sowie auf die „Direktsaat“.

Bei der wendenden Bodenbearbeitung wird der Boden mit dem Pflug praktisch einmal gewendet, sodass die ehemals oberste Bodenschicht dann 30 cm tief unter der neuen Oberfläche ist. Der Vorteil dessen liegt darin, dass mit der obersten Bodenschicht auch Unkräuter und deren Samen so tief im Boden vergraben werden, dass sie nicht mehr die Energie haben, bis zur Oberfläche vorzustoßen. So lässt sich die Unkrautdichte stark reduzieren. Zudem dringt bei dieser Umgrabung Sauerstoff in die tieferen Erdschichten ein. Das ist nützlich, da der Sauerstoff für die Reaktionen zum Abbau des organischen Materials benötigt wird. Der bedeutende Nachteil dieser Methode ist jedoch, dass die Bodenorganismen der Erde getötet oder gestört werden. Bildlich gesprochen: Die Bodenorganismen leben unter der Erde und bauen sich dort ihre Wohnungen und Städte. Dann kommt ein- oder sogar mehrmals im Jahr eine riesige Metallzinke und zerstört sämtliche Gebäude und wendet, zu allem Übel, alles noch einmal! Welches vernünftige Lebewesen würde schon, wenn es ganz knapp überlebt hat, in einer solchen Stadt leben bleiben wollen? Richtig, keines.

Die nicht-wendende Bodenbearbeitung ist, wie der Name schon sagt, nicht wendend. Hier wird lediglich mit einer Egge oder einem Grubber einmal durch das Erdreich „gerecht“. Dabei dringt nach wie vor Sauerstoff in den Boden, seine Struktur bleibt jedoch erhalten. Demnach ist diese Art der Bodenbearbeitung deutlich besser für die Bodenorganismen, als die wendende Bodenbearbeitung.

Dennoch stört auch diese Umgrabungsart die Bodenlebewesen, da hier, um auf den Vergleich von oben zurückzukommen, einmal im Jahr quer durch die Wohnung eine tiefe Schlucht gezogen wird. Auch nicht gerade erfreulich, nicht wahr?

Die letzte Art der Bodenbearbeitung, mit der wir uns beschäftigten, ist die Direktsaat. Auch hier lässt sich bereits aus dem Namen schließen, wie das Verfahren abläuft. Statt den Boden vorher in irgendeiner Weise zu bearbeiten und zu lockern, werden die Samen direkt auf das Feld gesät.

Der große Vorteil der Direktsaat ist, dass die Humusschicht und die Bodenstruktur nicht angetastet werden, wodurch eine erhöhte Bodenfruchtbarkeit und eine niedrigere Erosionsgefahr zu verzeichnen sind. Zudem sind die Bodenorganismen bei diesem Verfahren in keiner Weise gestört. Der einzige Nachteil dieses Systems ist, dass die Unkrautsamen nicht unter die Erde gebracht werden und theoretisch jederzeit keimen könnten. Diesem Problem kann jedoch durch eine dauerhafte Untersaat Abhilfe geschaffen werden.

Düngung

LARA FRENK

Allerdings ist die Arbeit nach der Saat noch längst nicht getan. Jede Pflanze entzieht dem Boden wichtige Nährstoffe wie Kalium, Phosphor, Stickstoff oder Schwefel, die essenziell für ihre Entwicklung sind. Das führt – sofern die entzogenen Nährstoffe nicht wieder zugeführt werden – dazu, dass der Boden auf Dauer an Fruchtbarkeit verliert und kaum noch Pflanzen auf ihm gedeihen können.

Um dem Boden diese verlorenen Nährstoffe zurückzugeben und den Pflanzen die optimale

Menge an Nährstoffen bereitzustellen, werden diese den Pflanzen im Rahmen der Düngung zugeführt. Die zwei unterschiedlichen Düngungsarten sind einmal organische Düngung, wie zum Beispiel Gülle oder Mist, und Mineraldünger, der synthetisch hergestellt wird.



Abbildung 7: Ein Beispiel für mineralische Dünger linker Hand, Mist als organischer Dünger rechts.

Beide Dünger haben ihre Vor- und Nachteile: Mit Mineraldünger ist es möglich, sehr präzise und ohne großen Verlust zu düngen, und die Pflanzen können die Nährstoffe fast direkt nutzen. Allerdings kann der Boden Schaden nehmen und verliert an Fruchtbarkeit, wenn für lange Zeit rein mineralisch gedüngt wird.

Organischer Dünger hingegen erhöht die Bodenfruchtbarkeit, da mit ihm organische Substanz an den Boden zurückgegeben wird. Jedoch dauert es mindestens ein halbes Jahr, bis organische Substanz soweit zersetzt wird, dass die Nährstoffe für die Pflanzen wieder verfügbar sind. Deshalb ist es schwer, organischen Dünger gezielt einzusetzen.

Bei beiden Düngern besteht die Gefahr, dass die Umwelt bei der Anwendung unangemessen großer Mengen Schaden nimmt, weshalb anhand von Bodenproben bestimmt wird, wie viel Dünger eingesetzt werden sollte, um den Nährstoffbedarf der angebauten Kultur zu decken. Pflanzen sollte man in der Regel zu zwei wichtigen Zeitpunkten düngen: Einmal in der generativen Phase (Entwicklungszeit von Blättern, Sprossachse, etc.) und während der Kornfüllung, wenn sich die Frucht entwickelt.

Pflanzengesundheit

LARA FRENK

Genau wie Menschen können auch Pflanzen krank werden, wenn sie zum Beispiel von Schädlingen (Insekten) oder Pilzen befallen werden. Auch Unkräuter können ein großes Problem werden, da sie mit der Kulturpflanze um Licht, Wasser und Nährstoffe konkurrieren und sie in zu großer Zahl schwächen und anfälliger für Pilzerkrankungen machen, aber auch als Wirtspflanze Schädlinge und Pilze übertragen können. Sobald das passiert, muss gehandelt werden, ansonsten kann der gesamte Pflanzenbestand schnell unbrauchbar werden, da im Erntegut zum Beispiel wegen eines Pilzbefalls toxische Stoffe eingelagert werden könnten oder sich die Pflanzen durch ein Insekt oder ein Unkraut gar nicht erst richtig entwickeln konnten.



Abbildung 8: Senfsamen in verschiedenen Keimstadien.

Um so etwas zu verhindern, helfen vorsorgende Maßnahmen, wie eine geeignete Fruchtfolge oder die Wahl des passenden Saattermins und der passenden Bestandsdichte. Sollte es trotzdem zu einem akuten Befall kommen, gibt es folgende Möglichkeiten: Bei zu starker Konkurrenz durch Unkraut kann dieses mechanisch mit Hacke oder Striegel bekämpft werden, oder es können Herbizide eingesetzt werden. Manche Schädlingsinsekten können mit anderen Insekten bekämpft werden, zum Beispiel könnte der Marienkäfer gegen Blattläuse eingesetzt werden. Auch hier können bei zu starken Problemen Insektizide verwendet werden. Bei Pilzen kann man bis jetzt nur vorbeugende Maßnahmen treffen und bei einem akuten Befall auf Fungizide setzen.

Die Verwendung von Pflanzenschutzmitteln ist gesetzlich streng geregelt und stellt, solange man sich an das Gesetz hält, keine Gefahr für die Umwelt dar. Auch wenn der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln heute kritisch gesehen wird, trägt er immer noch zur Absicherung der Pflanzengesundheit und damit der Produktqualität der Pflanzen bei und ist daher auch vertretbar.

Unser Anbausystem

CHARLOTTE CONRAD

Um unsere Pflanzen unter Berücksichtigung all dieser Faktoren so nachhaltig wie möglich anzubauen, haben wir ein eigenes Anbausystem speziell für Lavendel und Kapuzinerkresse entworfen.

Dafür haben wir uns zunächst überlegt, wie wir den Lavendel und die Kapuzinerkresse anbauen. Zu Beginn des Kurses wollten wir Mischanbau betreiben, allerdings gäbe es dann Schwierigkeiten, die Pflanzen nach der Ernte sauber zu trennen. Stattdessen haben wir uns für eine Methode mit ähnlichem Effekt wie dem Mischanbau entschieden, den Streifenanbau.

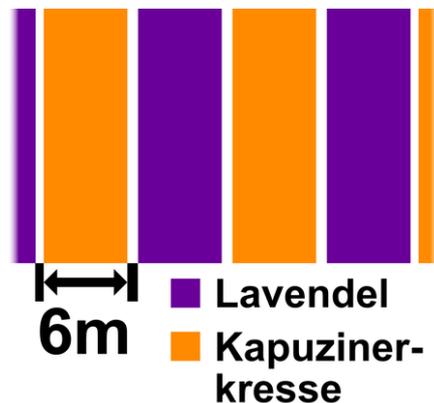


Abbildung 9: Graphische Darstellung der Streifen auf unserem Feld. Die Streifen sollen dabei je 6 m breit sein.

Dieser Streifenanbau hilft uns, die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten und so möglichst nachhaltig zu arbeiten. Außerdem führt er zu mehr Biodiversität auf dem Feld.

Für die entsprechenden Streifen haben wir uns außerdem eine Fruchtfolge überlegt, um die

Bodenfruchtbarkeit noch besser erhalten zu können.

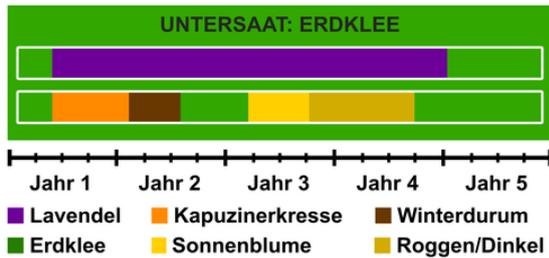


Abbildung 10: Graphische Darstellung unserer selbstentwickelten Fruchtfolge über vier Jahre.

Lavendel ist eine mehrjährige Kultur, das heißt, man muss ihn nur einmal säen, um dann in vier aufeinanderfolgenden Jahren von ihm ernten zu können, daher soll auf jedem zweiten Streifen, über die ganzen ersten vier Jahre, der Lavendel stehen. Auf den anderen Streifen wächst im ersten Jahr Kapuzinerkresse. Da diese eine einjährige Kultur ist, mussten wir uns andere Kulturen für die kommenden drei Jahre überlegen. Kapuzinerkresse ist eine Sommerung und gleichzeitig eine humuszehrende Kultur, deshalb haben wir uns als folgende Pflanze für den Winterdurum, auch bekannt als Hartweizen, entschieden, der eine humusmehrende Winterkultur ist. Nach dem Winterdurum wollen wir als humusmehrende Sommerkultur die Sonnenblume anbauen und danach wie den Winterdurum eine humusmehrende Winterung, nämlich Dinkel oder Roggen.

Während der ganzen Anbauzeit wollen wir außerdem eine Untersaat, den Erdklee, etablieren. Dieser wächst dann die ganze Zeit auf dem Feld und hilft uns, Unkräuter zu regulieren, da er zum einen den Wurzelraum die ganze Zeit belegt und zum anderen der Klee direkter Konkurrent für Unkräuter um Licht und Nährstoffe ist. Auch in der Zeit nach der Ernte der Winterung, aber noch vor der Saat der Sommerung, soll er dafür sorgen, dass sich kein Unkraut ausbreitet. Jedoch wird er für unsere Arzneipflanzen auch nicht zur Konkurrenz, weil er nicht so hoch wie diese wird und wir ihn regelmäßig mähen wollen. Gleichzeitig ist der Klee eine Leguminose, das heißt, er geht eine Symbiose (eine Partnerschaft) mit Knöllchenbakterien ein und bindet so Luftstickstoff,

der dann auch unseren anderen Pflanzen zur Verfügung steht, wodurch wir weniger düngen müssen.

Andererseits können wir, bedingt durch diese Untersaat, keine Bodenbearbeitung vornehmen, weshalb unsere Fruchtfolge nur in einem Direktsaatsystem durchführbar ist.

Dies spiegelt sich auch in unseren Vorstellungen wieder, weil die Direktsaat unserer Meinung nach die nachhaltigste Methode des Anbaus darstellt. In diesem System kann die Bodenfruchtbarkeit am besten erhalten werden, da die Schichtung des Bodens und der Lebensraum der Mikroorganismen nicht zerstört wird.

Die Saat des Lavendels, der Kapuzinerkresse und der Sonnenblume soll mittels Einzelkornsähtechnik erfolgen. Dabei wird das Saatgut einzeln abgelegt, was zu größeren Pflanzenabständen führt. Hierbei streben wir Abstände von 30 cm in der Reihe und 50 cm zwischen den Reihen an. Der Erdklee und die Getreide werden in Drillsaat mit einem Reihenabstand von 15–18 cm gesät.

Die benötigte Saatmenge kann man folgendermaßen berechnen:

$$\text{Saatmenge} \left[\frac{\text{kg}}{\text{ha}} \right] = \frac{\left(\text{angestrebte Pflanzenanzahl pro m}^2 \right) \cdot \left(\text{Tausendkornmasse [g]} \right)}{\text{Keimfähigkeit [\%]}}$$

In der folgenden Tabelle sind die Saatzeitpunkte und die Saattiefen unserer Pflanzen dargestellt.

| Kultur | Saatzeitpunkt | Saattiefe |
|-----------------|------------------|-----------|
| Lavendel | Mai–Juni | 0,5–1 cm |
| Kapuzinerkresse | Mai–Juni | 0,5–1cm |
| Winterdurum | Mitte Oktober | 2–3 cm |
| Sonnenblumen | April | 3–4 cm |
| Dinkel | Oktober–November | 3–7 cm |
| Roggen | September | 2–3 cm |
| Erdklee | Bis Ende August | 1–2 cm |

Tabelle 1: Saatzeitpunkte und Saattiefen der Kulturen unserer Fruchtfolge.

Um den besten Ertrag an Wirkstoff aus unserer Pflanze zu erzielen, ist es wichtig zu düngen. In Tabelle 2 sind die Nährstoffanforderungen unserer Pflanze abgebildet.

| | Lavendel | Kapuzinerkresse |
|------------|---------------|-----------------|
| Stickstoff | ca. 110 kg/ha | ca. 60 kg/ha |
| Phosphor | ca. 80 kg/ha | ca. 44 kg/ha |
| Kalium | ca. 70 kg/ha | ca. 40 kg/ha |

Tabelle 2: Nährstoffbedarf der Kulturen unserer Fruchtfolge.

Es gibt verschiedene Wege, diesen Nährstoffbedarf zu decken: mineralisch, organisch oder auch durch Gründüngung, die wir durch unsere Leguminose, den Erdklee, einsetzen. Wir wollen uns auch die Möglichkeit der mineralischen Düngung als letzte Option offenhalten und uns so an die Richtlinien des konventionellen Ansatzes halten.

Auch im Bereich der Pflanzengesundheit und Unkrautregulierung wollen wir nicht vollständig auf die chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel verzichten und sie im Notfall benutzen können, was ja noch lange nicht heißt, dass wir sie regelmäßig einsetzen.

Pharmazie

Extraktion und Test unserer Wirkstoffe

MARUŠKA DEMŠAR

Um die Wirkstoffe aus unseren Pflanzen zu erhalten, mussten wir sie extrahieren. Dafür haben wir als Erstes besprochen, wer sich welcher Pflanze annehmen möchte und uns anschließend in den einzelnen Gruppen überlegt, wie wir die Wirkstoffe schrittweise extrahieren wollen. Dabei ist es natürlich wichtig zu wissen, wo genau sich der Wirkstoff in der Pflanze befindet. Bei dem Großteil der Pflanzen war es uns möglich, die relevanten Teile in einem Mörser mithilfe von etwas Sand zu zerkleinern. Anschließend haben wir ein Lösungsmittel hinzugegeben. Überwiegend war es Ethanol, aber auch Aceton und destilliertes Wasser kamen zum Einsatz. Dann wurde weiter gemörsert, bis es einem Brei ähnelte. Danach haben wir ihn filtriert, um die groben Bestandteile von

den flüssigen zu trennen. Um den Extrakt von Bakterien zu befreien, wurde er erneut gefiltert, und zwar mit Hilfe einer Spritze, an welcher ein sehr feiner Filter befestigt war, dessen Löcher einen Durchmesser von unter einem Mikrometer hatten. Die filtrierten Extrakte füllten wir in sterile Gefäße.

Um unsere Extrakte auf ihre antibakterielle Wirkung zu testen, haben wir sie den sogenannten Hemmhof-Tests unterzogen. Hierfür mussten wir zuerst eine Bakteriensuspension für die von uns verwendeten Stämme *Echerischia coli* und *Staphylococcus saprophyticus* ssp. *bovis* ansetzen. Anschließend haben wir die Bakterienstammuspension auf Agarplatten gegeben und dann mit dem Drigalski-Spatel ausgestrichen. Daraufhin pipettierten wir je 2 µl unserer Extrakte mit einer Kolbenhub-Pipette auf Filterpapiere. Die Filterpapiere waren steril in Ethanol gelagert. Deshalb mussten wir sie vorerst auf Objektträgern auslegen und abdampfen lassen, weil das Ethanol selbst eine antibakterielle Wirkung hat und so die Ergebnisse verfälschen könnte. Außerdem hatten wir ein Filterpapier mit reinem Ethanol als Positivkontrolle und eines mit destilliertem Wasser als Negativkontrolle. Die Filterpapiere haben wir mit einer sterilen Pinzette auf den Agarplatten ausgelegt und anschließend die wässrigen Extrakte darauf pipettiert. Die Agarplatten haben wir daraufhin zur Inkubation für 16 h bei 37°C in den Brutschrank gestellt und konnten sie am Folgetag auswerten. Beim Arbeiten legten wir sehr viel Wert darauf, steril vorzugehen. Wir arbeiteten immer unter dem Abzug, trugen Handschuhe und desinfizierten alles gut.

Es gab drei mögliche Beobachtungen, die wir machen konnten. Die Bakterien wuchsen direkt bis ans Filterpapier wachsen. Dies bedeutete, dass der Extrakt keine antibakterielle Wirkung gezeigt hat, da die Bakterien in ihrem Wachstum nicht gehemmt wurden. Somit scheidet dieser Extrakt aus. Die zweite Möglichkeit ist, dass sich um das Filterpapier ein kleiner Ring bildet, eine bakterienfreie Zone, der sogenannte Hemmhof. Je größer er ist, desto besser hat der Extrakt gewirkt. Das bedeutet, dass der Extrakt eine antibakterielle Wirkung hat und die Bakterien sich nicht mehr ungehemmt verbreiten konnten. Mit diesen Extrakten haben

wir anschließend weitergearbeitet. Die dritte Beobachtung kann Folge von unsterilem Arbeiten sein. Zu erkennen ist eine Verunreinigung am Filterpapier, etwa durch eine fremde Bakterienkultur.

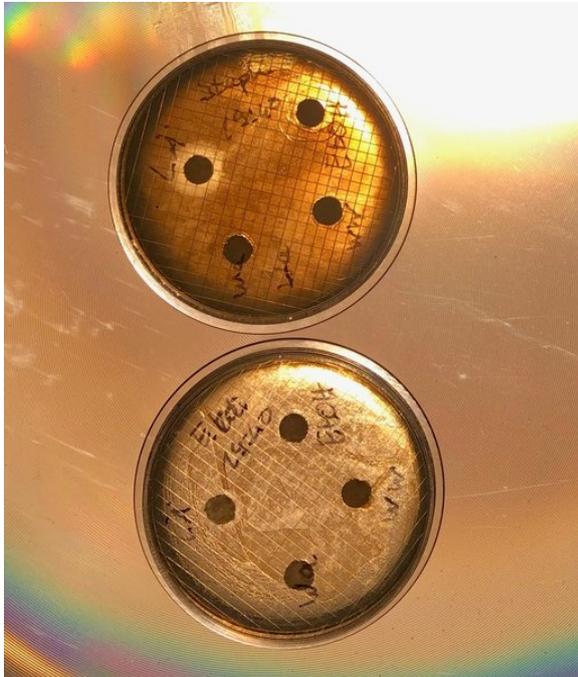


Abbildung 11: Abgebildet ist ein klassischer Hemmhof auf der Platte oben im oberen linken Eck.

Wir konnten nicht immer auf Anhieb sagen, ob ein Hemmhof zu sehen war. Es kann nämlich vorkommen, dass ein Filterpapier beim Auflegen etwas „verrutscht“. Die Spuren davon lassen sich sehr leicht mit einem Hemmhof verwechseln. Dabei waren uns im Vergleich die Positiv- und die Negativkontrolle sehr hilfreich. Das Ethanol wirkt antibakteriell, es bildete sich ein deutlich sichtbarer Hemmhof, deshalb wird es auch als Positivkontrolle bezeichnet. Das Wasser kann den Bakterien nichts anhaben, daher bildete sich kein Hemmhof, deshalb heißt es Negativkontrolle.

Von den Pflanzen haben allerdings nur drei eine Wirkung gezeigt: Senf, Kapuzinerkresse und die beiden ätherischen Öle des Lavendels. Die beiden Ersteren zeigten nur eine minimale Wirkung, wobei der Speiklavendel eine deutlich stärkere als der Echte Lavendel hatte. Daher haben wir uns entschlossen, mit Kapuzinerkresse und Lavendel weiterzuarbeiten.

Formulierung unserer Wirkstoffe

ANGELIQUE VU

Um unser Antibiotikum auch anwendbar zu machen, musste es formuliert werden, das bedeutet, es wird in Form von zum Beispiel Cremes oder Pudern verarbeitet. Deshalb haben wir uns auch mit Formulierungen und ihrer Herstellung auseinandergesetzt.

Vorab haben wir überlegt, wie genau unser Antibiotikum wirken soll und in welchem Zusammenhang das mit der Anwendungsart steht. Unser Arzneimittel ist dazu gedacht, auf die Haut aufgetragen zu werden, vor allem auf offene Wunden, durch die die Bakterien in den Körper gelangen und Infektionen hervorrufen könnten. Da wir also gegen Bakterien an der Oberfläche vorgehen wollten, sollte die Formulierung oberflächlich wirksam sein, also nicht zu tief in die Haut einziehen, wenn sie ihre Wirkung entfaltet. Ob eine Formulierung eher oberflächlich- oder tiefenwirkend ist, hängt davon ab, ob sie fett- oder wasserbasiert ist. Wenn eine lipophile - also fettliebende - Formulierung auf die Hautoberfläche aufgetragen wird, kann die Flüssigkeit innerhalb der Haut nicht durch die Poren entweichen. Dadurch quillt die Haut auf und der Wirkstoff kann in die Haut eindringen. Bei einem hydrophilen, also wasserliebenden, Arzneimittel kann die Hautflüssigkeit austreten und die Wirkstoffe ziehen nicht allzu tief ein. Allerdings sorgt die entweichende Hautflüssigkeit durch Verdampfen für einen Kühlungseffekt.

Das Auftragen wird zudem erleichtert, wenn das Produkt austrocknend ist, da die Anwendungsstellen, also in unserem Fall die Wunden, oftmals feucht sind. Unter diesen Kriterien haben wir uns mit verschiedenen Formulierungen befasst und sie auf ihre Eignung geprüft.

Eine davon ist das Puder, ein pulveriges Gemisch, das hauptsächlich in der Kosmetikindustrie verwendet wird. Mit seiner austrocknenden und oberflächlichen Wirkung besitzt es nicht nur die idealen Eigenschaften für unser Antibiotikum, sondern ist auch für beide Arten von Extrakten, also hydro- und lipophile Extrakte, geeignet.

Weitverbreitet sind außerdem noch die „wei-

chen“ Basiscremes, deren Grundlagen aus Wasser und Öl bestehen. Sie ähneln den Emulsionen, die sich aus zwei kaum oder gar nicht ineinander löslichen Flüssigkeiten zusammensetzen. Sowohl Basiscremes, als auch Emulsionen kann man in zwei Arten aufteilen: die Öl-in-Wasser-basierten und die Wasser-in-Öl-basierten Cremes beziehungsweise Emulsionen. Stabilisiert werden sie jeweils von sogenannten Emulgatoren, deren Moleküle aus einem hydrophilen und einem lipophilen Teil aufgebaut sind. Schließen sich mehrere dieser Moleküle zusammen, so entsteht eine sogenannte Mizelle. Da ätherische Öle jedoch die Eigenschaft haben, Mizellen zu zerstören, eignet sich das Lavendelöl nicht in dieser Formulierung. Dennoch beschlossen wir, beide Creme-Arten herzustellen, weil sie sich zusätzlich mit einer pflegenden und mitteltiefen Wirkung auszeichnen.

Eine weitere Option wäre das Gel, welches seine halb feste Konsistenz durch Flüssigkeit und Gelbildner erhält. Es ist ein heterogenes Gemisch und je kleiner seine Stoffbestandteile sind, desto tiefenwirksamer ist es. Da unser Oleogel keine hydrophilen Bestandteile enthält, konnten wir es nur mit ätherischem Öl beladen.

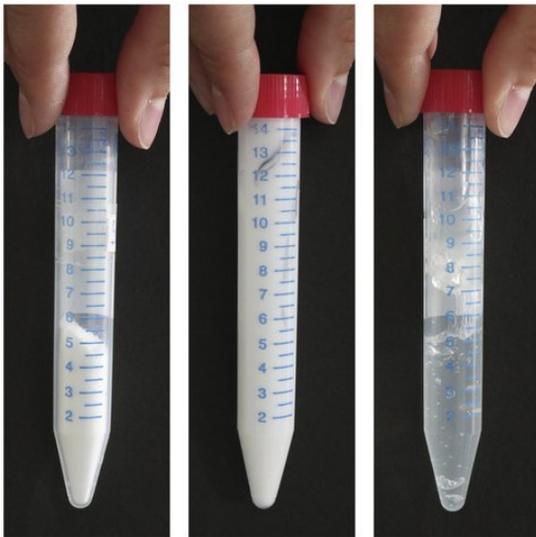


Abbildung 12: Die Formulierungen, die wir erstellt haben. Von links nach rechts: Puder, Creme und Oleogel.

Nachdem wir die „Rezepte“ und Anweisungen für verschiedene Formulierungen erhalten, und uns auf die oben genannten geeinigt hat-

ten, machten wir uns im Labor an die Herstellung. Von allen Formulierungen mussten wir zunächst eine unbeladene Probe machen, das heißt, den Wirkstoff entweder komplett wegzulassen oder durch destilliertes Wasser zu ersetzen. Wenn wir diese später testeten, konnten wir uns dadurch sicher sein, dass das Ergebnis bei ihnen negativ ausfiel, sonst musste uns ein Fehler unterlaufen sein. Um möglichst genau auf jeweils 10 Gramm Formulierung zu kommen, war ein genaues Messen und Abwiegen der Stoffe sehr wichtig, besonders da wir teilweise im Milligramm-Bereich arbeiten mussten.



Abbildung 13: Dokumentation über das Wiegen und Anrühren der Formulierungen

Die einzelnen Formulierungsbestandteile sorgten für die Stabilität, die Konsistenz und natürlich die Wirksamkeit. Meistens gingen wir dann so vor, dass wir die Stoffe in mühevoller Rührarbeit miteinander vermischten.

In der zweiten Phase ging es darum, dieselben Formulierungen erneut herzustellen, sie diesmal jedoch mit den Wirkstoffen, also den ätherischen Lavendelölen und den Kapuzinerkresseblattextrakten, zu versetzen.

Am Ende hatten wir vier Puder (unbeladen, mit Speiklavendelöl, mit Echtem Lavendelöl und mit dem Kapuzinerkresseblattextrakt), zwei Oleogele (unbeladen und mit Speiklavendelöl) und vier Basiscremes (für die normale und hydrophobe Basiscreme je eine unbeladene und eine mit Blattextrakten), die es nun zu testen galt.

Schweinehauttests

JOHANNES HAMANN

Nachdem wir uns mit der Herstellung von Formulierungen beschäftigt hatten, wollten wir mit folgendem Versuch überprüfen, ob unsere formulierten Pflanzenextrakte auch auf der

Schweinehaut antibakteriell wirken. Als Formulierungen haben wir uns, wie zuvor schon erläutert, für Puder, Oleogel, Basiscreme und hydrophobe Basiscreme entschieden.



Abbildung 14: Das Auslegen und Bestreichen der Schweinehaut mit unseren Formulierungen.

Für unseren Versuch legten wir die zuvor desinfizierten Schweinehäute auf Petrischalen, damit die Bakterien, die sich vorher schon auf der Haut befanden, nicht das Versuchsergebnis verfälschten. Als die Häute komplett trocken waren, beimpften wir sie mit einer Bakterien-suspension. Wir stellten die Häute mit den Bakterien zunächst in den Brutschrank, damit sich die Bakterien gut festsetzen konnten. Um unsere Proben vergleichen zu können, mussten wir die Formulierungen genau abwägen. Hierfür trugen wir die Formulierung auf eine Alufolie auf und wogen sie ab. Die so abgewogenen Formulierungen verteilten wir mit sterilen Handschuhfingern auf den Häuten und wogen die Folien wieder zurück, um zu sehen, wie viel Formulierung zurückgeblieben war. Natürlich brauchten wir auch eine Negativkontrolle, die nur mit Bakterien behandelt war. Die Petrischalen kamen anschließend wieder in den Brutschrank. Nach vier Stunden konnten wir die Häute mit einem angefeuchteten Watte-stäbchen abstreichen. Daraus stellten wir eine Bakterien-suspension her, die wir danach auf Agarplatten auftrugen und in den Brutschrank legten.

Am nächsten Tag konnten wir unsere Ergebnisse beobachten. Wenn sich Bakterienkolonien oder -rasen gebildet hatten, war die Formulierung unwirksam. Wenn sich nichts von beidem gebildet hatte, wirkte sie. Folgendes konnten wir feststellen: Besonders gut hatten die Puder



Abbildung 15: Linker Hand die Auswertung der Bakterienkultur nach Behandlung mit Speiklavendelpuder, rechter Hand die Auswertung des unbeladenen Puders. Nach Behandlung mit Speiklavendelpuder sind deutlich weniger Bakterienkulturen zusehen.

aus Echtem Lavendel und Speiklavendel gewirkt, denn es hatten sich nur sehr wenige Bakterienkolonien gebildet. Genauso war es beim Oleogel aus Speiklavendel. Bei unserem dritten Puder mit Kapuzinerkresse konnten wir leider nur eine leichte Wirkung feststellen, da sich viele Kolonien und teilweise ein Rasen gebildet hatten. Die anderen Kapuzinerkresseformulierungen, die Basiscreme und die hydrophobe Basiscreme wirkten hingegen nicht, es war ein flächendeckender Bakterienrasen zu erkennen. Daher entschieden wir uns dafür, mit den Pudern aus Speiklavendel und Kapuzinerkresse weiterzuarbeiten, da diese die beste antibakterielle Wirkung erzielten.

Unsere Exkursion

ARVE GRUBER

Am Mittwoch der zweiten Akademiewoche machten wir uns auf den Weg nach Heilbronn, um dort im Schülerlabor der Experimenta Versuche durchzuführen. Morgens ernteten wir unsere Senfpflanzen für unser Experiment ab, um sie nach dem Frühstück mit in den Zug nach Heilbronn zu nehmen. Als wir nach ca. einer Stunde Fahrt und zehn Minuten Fußmarsch an der Experimenta gelangten, wurden wir dort schon von Herrn Dr. Wendt erwartet, der uns in das Labor führte und nach einem kurzen Vortrag über Proteine in die Gerätschaften einwies.

Unser Ziel war es zu erfahren, wie sich die Düngung auf den Wirkstoffgehalt von Pflanzen auswirkt. Hierfür nutzten wir neun Senfpflanzen:

drei ungedüngte sowie je drei, die mit 80 bzw. 160 kg Stickstoff pro Hektar (kg N/ha) gedüngt worden waren. Da der Wirkstoffgehalt von den verfügbaren Nährstoffen abhängt, genügte es für uns, die Menge des in der Pflanze enthaltenen Stickstoffes zu messen. Dies direkt ist allerdings technisch relativ anspruchsvoll, denn hierfür muss die Pflanze mit Schwefelsäure behandelt werden. Daher schlossen wir über den Proteingehalt auf den vorhandenen Stickstoff, da Proteine unter anderem aus Stickstoff bestehen. Für die Bestimmung des Proteingehaltes nutzten wir den sogenannten Bradford-Assay.

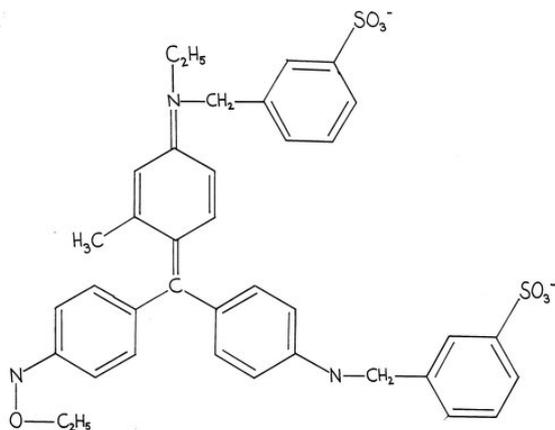


Abbildung 16: Die Strukturformel des Farbstoffes Coomassie Brilliant Blue.

Bei diesem wird der Farbstoff Coomassie Brilliant Blue zu der zu untersuchenden Probe gegeben. Dieser Farbstoff hat zwei mögliche Zustände: eine rötlich-braune und eine blaue Form. Normalerweise liegt er gelöst in der ersten Form vor. Wenn der Farbstoff mit aromatischen oder basischen Aminosäuren, Bausteinen der Proteine, in Kontakt kommt, geht er mit diesen eine Bindung ein, wobei er die blaue Form annimmt. Die Probe verfärbt sich also umso blauer, je mehr Proteine enthalten sind.

Die Intensität der Blaufärbung kann mit einem UV/VIS-Spektrometer bestimmt werden. Dieses isoliert mittels eines Prismas eine bestimmte Wellenlänge aus dem Spektrum einer Xenonlampe, in unserem Fall 595 nm, also einen speziellen Orangeton. Dieses einfarbige Licht wird durch die Probe geschickt, die in einer Messküvette vorliegt. Nun wird auf der anderen Seite das ankommende Licht gemessen und daraus die Absorption bzw. Streuung, die



Abbildung 17: Je nachdem, wie viel Protein in der Probe enthalten ist, wird die Blaufärbung mehr oder weniger intensiv.

durch die Probe entstanden ist, bestimmt.

Um die Senfpflanzen auf ihren Gehalt an Proteinen zu testen, mussten wir aus ihnen Extrakte ansetzen. Hierfür mörserten wir je 1 g mit etwas Sand, um die Pflanzenzellen zu zerstören. Dazu gaben wir 2 ml Phosphatpuffer. Von diesem Extrakt pipettierten wir je 2 µl in ein Reaktionsgefäß.



Abbildung 18: Das Herstellen der Extrakte erfordert Fingerspitzengefühl und Geduld.

Um von der Absorption auf den Proteingehalt schließen zu können, wurde eine Kontrollreihe mit bekannten Proteinkonzentrationen erstellt. Hierfür benutzten wir das Protein Albumin, welches wir in Mengen von 2,5 bis 22,5 µg in Küvetten pipettierten. Zu dieser Kontrollreihe sowie zu den Extrakten gaben wir nun je 1 ml Bradford-Reagenz, eine Lösung mit Coomassie Brilliant Blue.

Die Proben wurden jetzt im UV/VIS-Spektrometer auf ihre Farbintensität geprüft. Dazu wurden die Messküvetten mit den Flüssigkeiten

nacheinander in das Spektrometer eingeführt. Die Absorptionswerte mussten wir nun in Proteinkonzentrationen umrechnen. Dazu legten wir durch die Werte unserer Kontrollreihe eine Ausgleichsgerade. Diese hatte die Gleichung $y = m \cdot x + c$, wobei y die Absorption und x die Proteinkonzentration darstellt. Durch Umstellen der Gleichung nach der Proteinkonzentration gelangten wir auf $x = (y - c)/m$, in die wir nun unsere y -Werte einsetzen konnten, um auf die Menge der Proteine pro Probe zu kommen. Da wir aus 1 g Pflanze 2 g Extrakt hergestellt hatten, musste die errechnete Zahl noch mit 2 multipliziert werden, um die μg Protein pro g Pflanze zu erreichen. Jetzt konnten wir den Stickstoffgehalt berechnen: in 1 g Protein sind durchschnittlich ca. 0,16 g Stickstoff enthalten. Wir multiplizierten den Proteingehalt also mit 0,16 und erhielten den Stickstoffgehalt in μg pro g Pflanze.

| Düngung [kg N/ha] | Stickstoffgehalt in der Pflanze [$\mu\text{g/g}$] |
|----------------------|--|
| 0 | 0,68 |
| 80 | 0,49 |
| 160 | 1,33 |

Tabelle 3: Ergebnisse unserer N-Bestimmung in den Senfpflanzen.

In der Tabelle 3 sind nun die Ergebnisse der Messung und Berechnung zu sehen. Deutlich erkennbar ist, dass sich der Stickstoffgehalt von der nicht gedüngten Pflanze zu der mit 160 kg N/ha gedüngten fast verdoppelt hat. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Düngung den Wirkstoffgehalt in der Pflanze erhöht. Allerdings passt der zweite Wert nicht in diese Korrelation. Dafür gibt es jedoch eine Erklärung: die Pflanze, aus der der geprüfte Extrakt hergestellt wurde, stand in einem Topf ohne Abflussloch. Somit sammelte sich durch starke Regenfälle Wasser in diesem Topf und es bestand die Gefahr, dass die Pflanze unter diesen Umständen nicht überleben würde. Deshalb musste das Wasser ausgegossen werden, was zu einem gravierenden Verlust an den darin gelösten Nährstoffen führte. Unter Einbeziehung dieser Tatsache ist also trotzdem ein klarer Trend erkennbar.

Nachdem wir unsere Versuche abgeschlossen

hatten, nutzten wir noch die Möglichkeit, die Ausstellungen in der Experimenta zu besuchen. Wir erkundeten auf vier Ebenen jede Menge Exponate zu so unterschiedlichen Themen wie Baumaterialien, Astrophysik, Mikroorganismen, Kommunikation, Wolken, Erkenntnisgewinn und vielem mehr. Dabei waren viele interaktive Stationen auch darauf ausgelegt, selbst Hand anzulegen: so filmten wir zum Beispiel Wassertropfen, errechneten, wie viel die elementaren Bausteine unseres Körpers kosten würden, unterhielten uns mit einem Bakteriophagen und testeten unsere Reflexe. Nach zwei Stunden, die nicht ansatzweise für eine Erkundung der gesamten Experimenta genügend waren, mussten wir uns auch schon wieder auf den Weg zurück nach Adelsheim machen.

Fazit

CELINA TITZE

Somit hatten wir unsere Arbeit abgeschlossen, doch wie sind wir eigentlich vorgegangen und haben wir unser Ziel erreicht?

Im Gegensatz zum gewöhnlichen Unterricht haben wir im Kurs unsere Zeit recht frei gestaltet. Wir überlegten uns, was eine gute Vorgehensweise für unsere Versuche sein könnte und was wir alles machen und testen müssen, um unseren Wirkstoff zu finden, zu kultivieren, zu extrahieren und zu formulieren. Jana, Patricia und Andreas haben uns dabei jedoch tatkräftig unterstützt, sodass wir keine wesentlichen Dinge vergessen konnten. Diese Planung konnten wir allerdings nur für die ersten Tage vornehmen, denn die Testergebnisse konnten wir nicht von vornherein einplanen, sodass wir auf Grund dieser immer wieder neu entscheiden haben, wie es weiter geht und mit welchen Pflanzen wir weiterarbeiten wollen.

Wir haben uns auf Grund der guten antibakteriellen Wirkung von Lavendel und Kapuzinerkresse dazu entschieden, für diese ein Anbausystem zu entwickeln und sie als Arzneipflanze für unser Antibiotikum zu verwenden.

Dabei greifen wir auf den Streifenanbau zurück und kultivieren nach dem Konzept des konventionellen Landbaus.

Während der Akademie mussten wir jedoch einige Rückschläge hinnehmen, doch aus diesen konnten wir wertvolle Erfahrungen sammeln, wie bereits in den vorherigen Texten erwähnt. Jana pflegte hierzu zu sagen: „Forschung besteht zu 80 Prozent aus Problemen und zu 20 Prozent aus Lösungen.“ Das motivierte und zeigte uns, dass wir nicht die einzigen Forscher waren, die Schwierigkeiten zu bewältigen hatten. Deshalb sahen wir die Rückschläge eher als Chance, unser Wissen noch weiter zu vergrößern, statt als Steine in unserem Weg.

Zunächst hatten wir angefangen, einen Zeitplan zu machen und uns eine sinnvolle Strukturierung unserer zweiwöchigen Arbeitsphase zu überlegen. Jedoch gelang es uns anfänglich nicht, diesen einzuhalten, da wir einige Probleme mit den Extrakten für die Hemmhofstests hatten.

Verunreinigungen in Form von anderen Bakterienstämmen auf den Agarplatten bereiteten uns zu Beginn der Versuche etwas Schwierigkeiten. Das lag daran, dass wir manche Extrakte in nicht-sterilen Behältnissen gelagert hatten, wodurch wir von da an sehr penibel darauf achteten, dass alles steril gehandhabt wurde.

Das nächste Problem war, dass alle Extrakte, außer den ätherischen Ölen, gar keine Wirkung zeigten. Also überlegten wir uns, dass wir womöglich zu wenig Wirkstoff aus den Pflanzen lösen konnten, sodass wir beschlossen, die bereits fertigen Extrakte erst am nächsten Tag zu testen, denn wir hatten zuvor nicht bedacht, dass mit Hilfe der Lösungsmittel über Nacht die Konzentration des Wirkstoffs steigen könnte. Wir vermuteten allerdings auch, dass vor allem bei den Kreuzblütlern die enzymatischen Reaktionen mitverantwortlich dafür waren, dass der Wirkstoff freigesetzt wird, die jedoch einige Zeit benötigen. Ob dies wirklich der Grund war, warum unsere Extrakte am nächsten Tag besser wirkten, können wir nicht eindeutig sagen, doch wir bekamen deutlich bessere Testergebnisse.

Eine Schwierigkeit, die sich sowohl auf die Ergebnisse der Hemmhofstests als auch die Herstellung der Formulierungen auswirkte, war, dass beim Speiklavendelöl ein Teil des Deckels verloren ging, wodurch die Flasche undicht wur-

de. Da wir bei den Hemmhofstests mit dem Öl, ganz im Gegensatz zu vorherigen Tests, keine Wirkung mehr erzielen konnten, stellten wir die These auf, dass die Wirkstoffe verdunstet waren, denn dies ist ein bekanntes Problem bei ätherischen Ölen. So kauften wir ein neues Öl, mit dem wir dann erneut Formulierungen herstellten. Da wir keine Zeit mehr hatten, das Öl mit Hemmhofstests auf seine Wirkung zu untersuchen, hatten wir direkt die Schweinehauttests angesetzt und darauf vertraut, dass das neue Öl wie gewohnt wirkte, was auch der Fall war. Dabei achteten wir sehr darauf, das Speiklavendelöl schnell zu verarbeiten, sodass möglichst wenig der Wirkstoffe verdampfen konnten.

Die einzige Schwierigkeit, die sich uns außerhalb der Hemmhofstests stellte, war, dass wir bei einer Senfpflanze mit mittlerer Düngungsstufe Wasser abgießen mussten, da diese sonst ertrunken wäre. Dadurch wurden, wie zuvor bereits erwähnt, auch Nährstoffe weggeschwemmt.



Abbildung 19: Unser Kurs bei vollem Einsatz während des Sportfestes.

Abschließend kann man sagen, dass wir unser Kursziel erreicht haben, denn wir haben erfolgreich zwei antibakteriell wirkende Pflanzen gefunden, für die wir zunächst ein Anbausystem entwickelt und abschließend eine wirksame Formulierung für sie gefunden haben. All dies ist im Sinne unserer Nachhaltigkeitsdefinition, denn unser Anbausystem ist durch die Untersaat, die Unkräutern vorbeugt, möglichst umweltverträglich, da wir dadurch möglichst auf Herbizide verzichten können und wir noch dazu anstatt Insektiziden (wenn möglich) Nützlinge einsetzen wollen. Ebenfalls tragen wir durch unsere weite Fruchtfolge und den Anbau in Streifen erheblich zum Erhalt der Boden-

Fruchtbarkeit bei. Auch bei der Weiterverarbeitung arbeiten wir nachhaltig, denn wir benutzen pflanzliche Extrakte, die wir mit geringem Energieaufwand und ressourcenschonend herstellen können. Durch diese Punkte gewährleisten wir auch, dass nachfolgenden Generationen sowohl der Anbau als auch die Verwendung dieser Pflanzen und deren Formulierungen ermöglicht wird.

Unser Kursgedicht

Wir sind die Bios;
in unsrem Element
leben Tier und Pflanzen,
es ist, was jeder kennt.

Erde, Luft und Wasser
gehör'n für uns dazu,
ohne diese Dreie
keimt es sich nicht gut.

Die Inhaltsstoffe sind es,
die uns interessier'n,
deshalb versuchen wir,
sie zu extrahier'n.

Stickstoff, Kali, Schwefel
müssen in die Reihn,
damit unsre Pflanzen
wunderbar gedeih'n.

Kohlen-, Wasser-, Sauerstoff,
das sind die Grundbausteine.
Wir testen die Substanzen
auf der Haut der Schweine.

Und wie heißt es doch so schön:
„kenne deine Feinde“,
um sie zu besiegen,
Bakterien und Keime.

Wir sind die Bios;
in unsrem Element,
wir suchen nach der Lösung
und zwar ganz vehement.

Nachhaltig soll sie sein
unsre Strategie,
vom Anbau über Ernte
bis zur Pharmazie.

Ganz viele Elemente
begleiten uns dabei,
Erde Luft und Wasser,
Chemie und Grübelei.

Zitate aus dem Kursalltag

„So, jetzt diktiert mir jeder einmal hier so Stichpunkte.“ – Lara

„... es ist wichtig, damit es schön symmetrisch ist“ – Nathan

„Och, kann mal jemand den Schlüssel umdrehen!“ – Alle

„Ätherisches Öl ist schwer zu gewinnen, weil es bakteriostatisch ist“ – Celina

„Kenne deinen Feind“ – Michael

„Auch eine blinde Taube trifft mal ein Auto“ – Michael

„Hast du es verstanden?“ – Arve „... siehst du seinen Gesichtsausdruck?!“ – Johannes

„Kann mal jemand den Schlüssel drehen? ... wer nicht mehr steril ist.“ – Jana

„Es sieht auf jeder Seite irgendwie gleich hässlich aus“ – Celina

„... konventionell Landschaften ...“ – Charlotte

„Der frühe Wurm fängt den Vogel“ – Nathan

„Die Unterlage ist bei dir links, links, ... äh rechts ...“ – Charlotte

„Wir sind eine Demokratie.“ – Johannes

„Da Pflanzen nicht vom Himmel fallen, ...“ – Nathan

Nathan: „Was ist im Kühlschrank?“, daraufhin Johannes: „Die Leiche.“

„Ich glaube, wir haben die Leiche vergessen!“ – Lara

Danksagung

Wir möchten uns bei allen bedanken, die uns diesen Kurs und die Teilnahme an der Akademie ermöglicht haben.

Insbesondere möchten wir auch Herrn Dr. Wendt für den Besuch und die Betreuung an

der Experimenta danken. Es war sehr beeindruckend, in einem „echten“ Labor unsere Versuche durchzuführen.

Ein riesiges Dankeschön geht natürlich an unsere beiden Kursleiterinnen Jana und Patricia und unseren Schülermentoren Andreas, die uns durch einen abwechslungsreichen und interessanten Kurs geführt haben.

Danke für alles, euer Biologiekurs 2019!

Quellen

Marion Bradford: A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding (1976)

Christos D. Georgiou et al.: Mechanism of Coomassie brilliant blue G-250 binding to proteins (2008)

Kurs 3 – Kryptographie



Vorwort

HENRIETTE NEUSCHWANDER, KEVIN SOMMER, MICHAEL KRÜGER

(EBG13) Rf vfg vzzre jvrqre refgnhayvpu, jvr zna zvg Arhtvre haq Syrvß va ahe mjrv Jbpura xbzcyrkr Gurzra fb irefgrura xnaa, qnff zna rva shaxgvbavreraqrf Fbsgjnercebqhxg qnenhf znpura xnaa. Hafre Xhef ung qvrfr Nhstnor zvg Oenibhe trzrvfgreg haq aroraure fbtne rva Cyüfpu-Enzn-Yzn nhstrmbtra. Zvg Fgbym ceäfragvrera jve aha qvr Retroavfr hafrere Xhefgrvyaruzre.

Einleitung und Kursziele

ISABEL

Viele Menschen nutzen das Internet, um Kleidung, Bücher oder andere Waren zu bestellen oder in Foren zu diskutieren. Dabei ist vielen

gar nicht bewusst, wie unsicher Kommunikation im Internet eigentlich ist. Denn im Gegensatz zu der Annahme vieler wird eine Nachricht, die man über das Internet verschickt, nicht direkt an den Empfänger gesendet, sondern passiert auf dem Weg dorthin noch viele verschiedene Stationen. Jede dieser Stationen ist theoretisch in der Lage, diese Nachrichten abzufangen. Damit aber auch persönliche Daten sicher über das Internet verschickt werden können, müssen diese verschlüsselt werden. Mit dieser Problematik haben wir, der Informatikkurs der Science Academy 2019, uns beschäftigt.

Unser Ziel war es, einen Chat in Form einer Website zu programmieren, dessen Nachrichten mathematisch nachweisbar verschlüsselt sind, sodass nur Sender und Empfänger die Nachricht entschlüsseln können. Um überhaupt einen groben Überblick zu bekommen, was alles pro-

grammiert werden muss, teilten wir uns am Anfang in mehrere Gruppen auf und überlegten, welche Elemente wichtig für einen Chat sind. Nach Zusammentragen der Ergebnisse entschieden wir dann, dass unser Chat in Form einer Website mit Registrierung und Login Gestalt annehmen sollte. Da wir für unseren sicheren Chat aber nicht nur eine Benutzeroberfläche, sondern auch eine sichere Verschlüsselung benötigen, teilten wir uns für die Kurszeit in zwei Gruppen auf. Während die einen die Programmierung vertieften, beschäftigten sich die anderen mit der Kryptographie, der Wissenschaft der Verschlüsselung, und erarbeiteten sich die für unseren Chat verwendete komplizierte Mathematik hinter der Verschlüsselung.

Unser Kurs

Anna-Lena ist sehr mathebegeistert, sie konnte alle unsere Mathefragen beantworten. Durch ihre angenehme, ruhige Art hat sie die Gruppe positiv beeinflusst. Im Kurs hat sie sich zuvorkommend verhalten und war stets bei der Sache und konzentriert. Kurz gesagt war sie immer motiviert und motivierend. Sie ist eine sehr kreative Person und teilt diese Kreativität auch gerne mit den anderen Teilnehmern. Außerhalb des Kurses ist sie sehr an Volleyball interessiert und freute sich immer, wenn auf dem Beachvolleyballfeld gespielt wurde. Letztendlich hat Anna-Lena den Kurs entscheidend vorangebracht.

Catharina stach besonders durch ihr außergewöhnlich ausgeprägtes Interesse an der Mathematik heraus. Daher nahm sie sehr aktiv an der Mathe-Gruppe teil und erklärte den anderen durch ihre schnelle Auffassungsgabe auch schwierigere mathematische Formeln und Beweise in ausführlichen Vorträgen. Ihre mathematische Begeisterung reichte sogar so weit, dass sie sich durch ihre gute Freundin Franka aus dem Mathe-Kurs über die Aktivitäten dort informierte. Außerdem konnte sie durch ihre Vorkenntnisse beim Programmieren mit Python auch oft den anderen Teilnehmern helfen. Ihr MINT-Interesse sticht stark hervor, was zu diversen Projekten bei Jugend forscht und dem

Traumberuf als Astrophysikerin führt. Zusätzlich engagierte sie sich auch im Theater und spielt Klavier.

Henriette ist immer freundlich und hilfsbereit. Zudem ist sie immer motiviert, egal um was es geht. Mit ihrer taffen und powervollen Art, ihrer Energie und ihrer lauten Stimme kam sie in unserer Gruppe gut klar und sorgte für ein humorvolles Gruppenklima. Trotz unserer kurzen Aufteilung des Kurses in Informatik und Mathematik blieb sie beim Programmieren. Durch ihre Informatik-Vorkenntnisse konnte sie oft die Verantwortung übernehmen und unseren Kurs sehr unterstützen. Auch in der Freizeit war sie immer gelassen, locker und voller Energie.

Isabel steckte uns alle mit ihrer guten Laune an und überzeugte uns mit ihrer freundlichen Persönlichkeit. Sie hat eine schnelle Auffassungsgabe und lässt sich für fast alles begeistern: So nahm sie zum Beispiel auch an der Theater-KüA teil. Ihre Motivation sprang auch beim Präsentieren auf ihr Publikum über und sie trat immer souverän und überzeugend auf. Mit Valentin programmierte sie die Registrierung unseres Chats und bildete mit ihm ein wahres Dream-Team.

Jannik ist sehr sportlich, deshalb besuchte er meistens die Sport-KüA. Außerdem war er immer lustig und gut drauf, auch als er keine Socken hatte. Er machte jeden Spaß mit, war aber im Kurs konzentriert und konnte gut bei Fragen aushelfen. Er hat ein gutes Auffassungsvermögen und konnte schon nach kurzer Zeit programmieren. Er war der älteste im Kurs, deshalb auch meistens der Reifste. Aufgrund seines Nachnamens wurde ihm der Spitzname Bopp der Programmiermeister verliehen.

Lisa tat sich gleich am Eröffnungswochenende mit ihrer Begeisterung für Marvel-Filme hervor, weswegen ihr der Titel „Miss Marvel“ verliehen wurde. Im Kurs war sie mit ihren Informatik-Vorkenntnissen eine große Hilfe und motivierte uns immer mit ihrer positiven Grundeinstellung. Sie ist nicht nur sehr humorvoll und fröhlich, sondern

auch sehr unkompliziert, weshalb sie sich in ihrer Freizeit mit jedem gut verstand.

Moritz war für alle eine Bereicherung. Seine angenehme und zuvorkommende Persönlichkeit zeigt sich besonders im Gespräch mit ihm, und er ist immer für einen da. Man kann mit ihm über alle Themen reden. Im Kurs arbeitete er immer konzentriert mit und behielt auch bei schwierigen und verwirrenden mathematischen Aufgaben stets den Überblick. Außerdem erklärte er immer geduldig und konnte seine Themen auch in Präsentationen gut erklären. Er übernahm oft die Verantwortung, egal wie kompliziert seine Aufgabe war.

Nico hatte bereits Vorkenntnisse in Sachen Programmieren, weshalb er häufig nach Hilfe gefragt wurde. Dabei war er stets motiviert und vor allem denjenigen gegenüber hilfsbereit, die sich in Michaels Mathe-Kurs mit den mathematischen Hintergründen beschäftigten. Aber auch außerhalb des Kurses war Nico immer ein guter und sympathischer Gesprächspartner, der viel Humor zeigte. Außerdem unterstützte er Nathans Band in ihren knappen Probezeiten vor dem Hausmusikabend.

Tim arbeitete immer ruhig, konzentriert und mit Leidenschaft an seinen Projekten. Durch seine Begeisterung konnte er unseren Kurs sehr bereichern und unterstützen. Er ist sehr pünktlich und auch privat sehr großzügig, zum Beispiel bei dem Verleih seiner „Tuba“ (Tenorhorn), mit der er auch leidenschaftlich im Akademieorchester spielte. Außerdem ist er ein wahrer Schwabe, was sich vor allem an seinem Dialekt zeigt.

Timon hatte bereits Vorkenntnisse beim Programmieren mit Java. Er arbeitete mit großer Motivation, war hilfsbereit und zeigte großes Engagement bei der Zeitungs-KüA. Des Weiteren sorgte er oft für gute Stimmung und viel Entertainment. Er hatte gute Ideen und hielt die Gruppe am Laufen. Timon bot auch eine Scratch-KüA an, in der Programmieranfänger lernten, einfache Dinge zu programmieren.

Valentin sorgte mit seiner gelassenen und humorvollen Art für ein gutes Gruppenklima.

Durch seine Vorkenntnisse in der Informatik und seinem riesigen Ordner voller Tipps und Tricks zur Programmierung konnte er unsere Gruppe sehr gut unterstützen. Außerdem hat er auch in Sachen Kleidung einen guten Geschmack. Egal, welches Wetter herrschte, konnte man sich darauf verlassen, dass er immer ein Hemd trägt.

Vilmos ist sehr sportlich und war deshalb etwas traurig, darüber, dass er nie an der Sport-KüA teilnehmen konnte. Stattdessen spielte er im Akademie-Orchester Klavier, wobei er, wie auch im Kurs, sehr viel Motivation zeigte. Er war Mitglied von Michaels Mathe-Kurs, der sich zwischenzeitlich mit den mathematischen Hintergründen beschäftigte, und konnte den „Programmierern“ stets neue Erkenntnisse liefern. Er half bei Fragen immer gut weiter und wusste sich auch bei Präsentationen gut auszudrücken.

Rama-Lama war ein unerwarteter Teil des Informatik-Kurses. In Anlehnung an das Lied „Rama Lama Ding Dong“, das jeden Tag nach dem Plenum gespielt wurde, wurde es von Kevin bestellt und war von diesem Zeitpunkt an unser treues Kursmaskottchen. Es unterstützte uns immer tatkräftig – soweit es konnte – und war eine sehr große Bereicherung für unseren Kurs, weil es unsere Gruppe noch mehr zusammenschweißte. Außerdem war es ein gutes Foto-Modell für unsere Schülermentorin. Als Andenken an das Rama-Lama haben wir in unserem Chat, neben Michaels zwei GIFs, auch ein GIF von unserem geliebten Maskottchen erstellt.

Michael machte mit seiner humorvollen Art auf sich aufmerksam. Er lacht auch gerne über sich selbst, was sich darin zeigt, dass in unserem Chat zwei GIFs, in denen er tanzt, verschickt werden können. Als Lehrer konnte er uns alles anschaulich mit lustigen Beispielen erklären. Geduldig beantwortete er die scheinbar unendlich vielen Fragen von uns. Er gab auch nach zwei misslungenen Beispielen zur RSA-Verschlüsselung nicht auf. Darüber hinaus hatte er ein gutes Auge, um die Fehler in unserem Code zu

entdecken. Doch er hat auch eine ernste Seite. Ihm liegt der Umwelt- und Klimaschutz sehr am Herzen. Das zeigt sich darin, dass er eine Klimaschutz-KüA anbot.

Kevin war als begabter Informatiker eine riesige Unterstützung, im Kurs, aber auch außerhalb. Während seiner Freizeit programmierte er den für unseren Chat wichtigen Server und scheute dabei keine Mühen. Er erfüllte uns alle Wünsche beim Programmieren und half uns, diese umzusetzen, dennoch ließ er uns unseren Freiraum, sodass wir selbst Hand anlegen konnten. Als wir unseren Kurs in Mathematik und Informatik aufteilten, bemühte er sich, den „Mathematikern“ die verpassten Programmiergrundlagen beizubringen. Bei den Abendveranstaltungen der Science Academy kümmerte er sich um die gesamte Technik, insbesondere um den Sound. Kevin sorgte für ein angenehmes und lustiges Gruppenklima, dies zeigte sich auch, als er unser Kursmaskottchen Rama-Lama kaufte, wofür wir alle sehr dankbar sind.

Henriette ist begeisterte Schülermentorin mit Herz und Seele. Sie sorgte für die immerwährende Gruppendynamik. Als rasende Reporterin und begabte Hobbyfotografin war sie sich nicht zu schade, alle Teilnehmer mal mehr und mal weniger gut abzulichten. Doch auch weitere wichtige Aufgaben außerhalb des Inhaltlichen wurden von ihr übernommen. Auf der einen Seite bestand ihre Zuständigkeit darin, den Kurs zu jeder Tages- und Nachtzeit mit Süßigkeiten zu verpflegen. Doch vor allem an den Tagen vor dem Sportfest achtete sie auf unsere Ernährung. Der gesamte Kurs wurde auf Diät gesetzt und mit von ihr geschnittenem Gemüse versorgt. Diese Maßnahme und ihre motivierenden Anfeuerungen während des Sportfestes brachten uns letztendlich den dritten Platz ein.

Grundlagen der Verschlüsselung

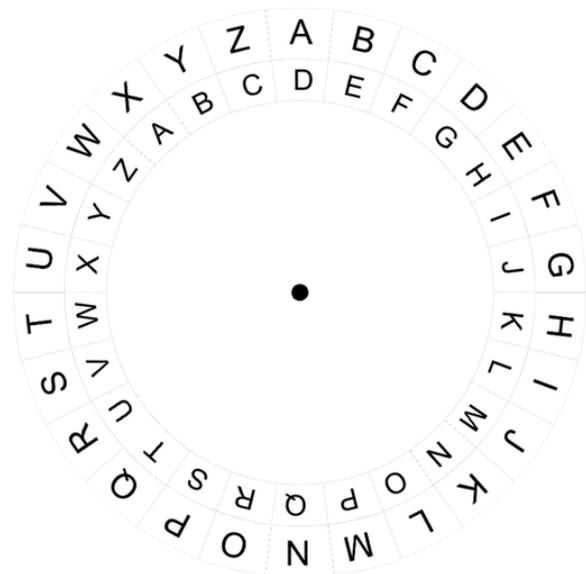
VALENTIN, LISA, ISABEL

Wir haben uns im Kurs mit verschiedenen Verschlüsselungstechniken beschäftigt. Ver-

schlüsselung hat das Ziel, eine Nachricht nur für den gewünschten Kommunikationspartner lesbar zu machen. Somit ist es möglich, Nachrichten über einen nicht sicheren Kanal – beispielsweise einen Boten oder das Internet – zu transportieren.

Caesar-Verschlüsselung

Zum besseren Verständnis haben wir uns am Anfang unseres Kurses mit der sehr einfachen Caesar-Verschlüsselung beschäftigt. Bei diesem Verfahren verschieben wir das Alphabet um eine bis 25 Stellen. Zur besseren Veranschaulichung haben wir uns die Caesar-Scheibe angesehen:



Caesarscheibe zur Ver- und Entschlüsselung

Das äußere Alphabet ist das bekannte Klartextalphabet. Der Klartext ist der Text, den wir verschlüsseln wollen, also unsere Nachricht. Das innere Alphabet ist gedreht. Um wie viele Stellen es gedreht ist, ist geheim. Nur der Sender und Empfänger wissen es. In diesem Beispiel ist das innere Alphabet (Geheimalphabet) um drei Stellen verschoben, sodass *A* zu *D* wird.

Möchte man nun eine Nachricht verschlüsseln, so reduziert man als erstes die Nachricht auf Buchstaben des Alphabets. Andere Zeichen wie beispielsweise Satzzeichen, Umlaute, Leerzeichen und Zahlen werden weggelassen oder ausgeschrieben.

Beispiel: „*Cäsar ist toll!*“ wird zu „*CAESARISTTOLL*“

Anschließend verstellen wir unsere Scheibe um eine bestimmte Anzahl an Stellen. Jetzt steht unter dem *A* des Klartextalphabets (außen) das *D* des Geheimalphabets (innen). Nun verschlüsseln wir jeden Buchstaben des Klartextes mit dem zugehörigen Buchstaben des Geheimalphabets.

Beispiel: „*CAESARISTTOLL*“ wird zu „*FDHVDULVWWROO*“

Jetzt kann die Chiffre, also die verschlüsselte Nachricht, verschickt werden.

Um die Nachricht zu entschlüsseln, stellt der Empfänger die Scheibe gleich ein. Dann wird der obige Prozess umgedreht. Das bedeutet, dass vom Geheimalphabet die Buchstaben abgelesen werden und jedem Geheimbuchstaben (innen) der passende Klartextbuchstabe (außen) zugeordnet wird.

Beispiel: „*FDHVDULVWWROO*“ wird zu „*CAESARISTTOLL*“

Nun werden die Satzzeichen, Umlaute, Leerzeichen, etc. eingefügt.

Beispiel: „*CAESARISTTOLL*“ wird zu „*Cäsar ist toll.*“

Allerdings gibt es einige Probleme. So wurde im obigen Beispiel beispielsweise ein Ausrufezeichen zu einem Punkt, da dieses nicht übermittelt werden konnte. Das hängt damit zusammen, dass wir mit der Caesar-Verschlüsselung nur Buchstaben verschlüsseln können.

Das größte Problem ist allerdings die Sicherheit. Da wir das Alphabet um 0 bis 25 Stellen verschieben können, gibt es nur 26 verschiedene Schlüssel, wovon einer (Verschieben um 0 Stellen) gar nichts verändert und einfach den Klartext wiedergibt. Das heißt, dass selbst ein Mensch durch einfaches Ausprobieren innerhalb kurzer Zeit auf den Schlüssel kommen könnte.

Ein weiterer Schwachpunkt ist die Häufigkeitsanalyse. Wenn man die Sprache kennt, in der die Nachricht verfasst ist, kann man besonders bei langen Texten über die Häufigkeit des Auftretens einzelner Buchstaben Wahrscheinlichkeitsaussagen über den Buchstaben machen. So kann ein häufiges Auftreten von

H im deutschen Geheimtext auf eine A-zu-D-Verschlüsselung hinweisen, da der Buchstabe *E* in deutschen Texten im Durchschnitt am häufigsten auftritt und bei der A-zu-D-Verschlüsselung durch ein *H* ersetzt wird.

Symmetrische und Asymmetrische Verschlüsselung

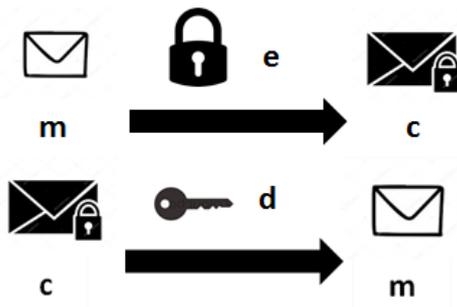
Bei einer symmetrischen Verschlüsselung wie zum Beispiel der Caesar-Verschlüsselung benötigt man nur einen Schlüssel. Dieser wird zum Ver- und Entschlüsseln benutzt. Das klingt sehr praktisch, trotzdem bringt es ein Problem mit sich: Wie kann man den Schlüssel sicher an den Empfänger weiterleiten?

Früher wurden diese Schlüssel meist persönlich über einen Boten übergeben, doch die weiten Entfernungen zwischen Sender und Empfänger machen uns einen Strich durch die Rechnung. Deshalb wird heute meist eine asymmetrische Verschlüsselung angewendet, um den Schlüssel sicher übertragen zu können.

Bei der asymmetrischen Verschlüsselung, wie zum Beispiel der RSA-Verschlüsselung, benötigt man zwei Schlüssel. Einen privaten Schlüssel *d* (für Englisch: decrypt), auch Private Key genannt, und einen öffentlichen Schlüssel *e* (für Englisch: encrypt), auch Public Key. Diese Schlüssel heben einander auf. Man kann sie sich vorstellen wie ein Schloss und den passenden Schlüssel dazu.

Hierzu haben wir eine passende Demonstration erstellt: Man möchte mit jemand anderem Nachrichten austauschen. Dafür muss der Nachrichtempfänger erst den eigenen öffentlichen Schlüssel *e*, also in unserer Demo das Schloss, durch das Internet versenden, in unserem Beispiel eine Sitzreihe, durch die das Schloss gegeben wird.

Nun kann der Nachrichtenversender einen Brief mit einer Nachricht *m* (für Englisch: message) versenden. Diese Nachricht wird mit dem Schloss, welches er zuvor erhalten hat, verschlossen. Für unsere Verschlüsselung bedeutet dies, dass die Nachricht mit dem öffentlichen Schlüssel *e* des Empfängers verschlüsselt wird. Danach wird der verschlossene Brief *c* (für Chiffre) über das Internet (Sitzreihe im Klassenzimmer)



Prinzip asymmetrische Verschlüsselung

an den Empfänger weitergegeben, und dieser kann ihn mit seinem privaten Schlüssel d , den er geheim gehalten hat, entschlüsseln.

Dennoch birgt sich eine Gefahr hinter dieser asymmetrischen Verschlüsselung. Der Empfänger darf seinen privaten Schlüssel auf keinen Fall an jemand anderen weitergeben, denn dieser könnte dann die Nachrichten entschlüsseln. Außerdem darf der private Schlüssel d nicht aus dem öffentlichen Schlüssel e ableitbar sein. Wie wir diese Probleme gelöst haben, sieht man bei der Registrierung (Seite 65) und bei der RSA-Verschlüsselung (Seite 60).

Grundlagen Mathematik

NICO, TIM, CATHARINA, MORITZ,
VILMOS, ANNA-LENA

Neben den Grundlagen der Verschlüsselung benötigen wir für unseren Chat auch eine Reihe an mathematischen Grundkenntnissen, um unser Kursziel – einen Chat mit sicherer Verschlüsselung – zu erreichen.

Primzahlen

Primzahlen sind natürliche Zahlen, die nur durch eins und sich selbst teilbar sind. Dies ist eine sehr wichtige Eigenschaft für unsere Verschlüsselung. Für unsere Kryptographie benötigen wir sehr große Primzahlen.

Ein einfacher Weg, Primzahlen zu finden, ist das Sieb des Eratosthenes. Dazu fertigt man eine Liste der Zahlen von 2 bis n an.

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 |
| 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |

Dann beginnt man mit der 2 und streicht alle Vielfachen von ihr weg.

| | | | | | | | |
|----|---------------|----|---------------|----|---------------|----|---------------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 |
| 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |

Anschließend geht man zur nächsten nicht durchgestrichenen Zahl und streicht wiederum alle Vielfachen von ihr weg. Dies wird so lange wiederholt, bis keine weitere nächstgrößere Zahl nicht durchgestrichen ist. Alle Zahlen, die nun nicht durchgestrichen wurden, sind prim.

| | | | | | | | |
|--|---|--|---------------|--|---------------|--|---------------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 |
| 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |
| 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 |

Alle umrandeten Zahlen sind also Primzahlen. Wie man aber sieht, ist das Sieb des Eratosthenes nicht für größere Zahlen geeignet. Ein für diese Zahlen geeignetes Verfahren ist der Miller-Rabin-Test, Seite 10.

Größter gemeinsamer Teiler

Der größte gemeinsame Teiler zweier Zahlen setzt sich aus ihren gemeinsamen Primfaktoren zusammen. Ein Primfaktor ist ein Teiler einer natürlichen Zahl. Dabei ist jeder Primfaktor selbst eine Primzahl. Beispielsweise ist der $\text{ggT}(60, 75) = 15$.

Zunächst zerlegen wir die Zahlen, deren ggT gesucht ist, in ihre Primfaktoren: Die Primfaktoren von 60 sind

$$2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 5 = 60$$

und die Primfaktoren von 75 sind

$$3 \cdot 5 \cdot 5 = 75$$

Die gemeinsamen Primfaktoren sind 3 und 5. Daraus folgt

$$\text{ggT}(60, 75) = 3 \cdot 5 = 15.$$

Euklidischer Algorithmus

Alternativ zur Primfaktorzerlegung beider Zahlen kann der $\text{ggT}(a, b)$ von zwei Zahlen a und b auch mit dem euklidischen Algorithmus berechnet werden. Zunächst schreibt man die zwei Zahlen a und b , wobei $a > b$ gilt, in zwei Spalten nebeneinander, sodass a in der linken Spalte steht. Dann rechnet man $\frac{a}{b}$ und schreibt das Ergebnis als ganze Zahl in eine dritte Spalte. Den Rest der Division schreibt man im nächsten Schritt in die b -Spalte und überträgt den b -Wert aus Schritt 1 in die a -Spalte.

Der Vorgang wird wiederholt, bis der Rest 0 beträgt. Die letzte Zahl in der b -Spalte über 0 ist der größte gemeinsame Teiler von a und b . Beim ersten Beispiel erfahren wir, dass der größte gemeinsame Teiler aus 75 und 60 die Zahl 15 ist. Das zweite Beispiel berechnet $\text{ggT}(143, 117)$

| Schritt | a | b | $q = \frac{a}{b}$ |
|---------|-----|-----|-------------------|
| 1 | 75 | 60 | 1 |
| 2 | 60 | 15 | 4 |
| 3 | | 0 | |

Beispiel 1: Der ggT aus 75 und 60 ist 15.

| Schritt | a | b | $q = \frac{a}{b}$ |
|---------|-----|-----|-------------------|
| 1 | 143 | 117 | 1 |
| 2 | 117 | 23 | 5 |
| 3 | 23 | 2 | 11 |
| 4 | 2 | 1 | 2 |
| 5 | | 0 | |

Beispiel 2: Der ggT aus 143 und 117 ist 1.

Erweiterter euklidischer Algorithmus

Der erweiterte euklidische Algorithmus ergänzt den euklidischen Algorithmus, indem sich hierbei neben dem ggT von zwei Zahlen a und b auch noch zwei weitere Zahlen x und y berechnen lassen, für die $a \cdot x + b \cdot y = \text{ggT}(a, b)$ mit $x, y \in \mathbb{Z}$ gilt.

Beim erweiterten euklidischen Algorithmus werden die beiden Zahlen a und b (im Beispiel $a = 60$ und $b = 13$) in der Spalte r untereinander geschrieben. Anschließend wird a durch b geteilt und das ganzzahlige Ergebnis in die Spalte q geschrieben. Der verbleibende Rest wird in die nächste Zeile der Spalte r geschrieben.

In dem Beispiel sieht das so aus:

1. Man rechnet zuerst $\frac{60}{13} = 4$ Rest 8.
2. Die 4 wird in Spalte q geschrieben und die 8 unter die 13.
3. Das wiederholt man mit allen Zahlen in Spalte r , bis dort eine 0 steht. Das r in der Zeile über der 0 ist $\text{ggT}(a, b)$. Nun wollen wir aber x und y berechnen.
4. Für Zeilen in den Spalten x und y schauen wir, welche Zahlen wir in die Gleichung einsetzen müssen, damit die ggT -Linearkombination erfüllt ist. Dabei geht man wie folgt vor: Die zweite Zahl der Spalte x wird mit der ersten Zahl der Spalte q (Zeile 2) multipliziert, und das Ergebnis wird von der ersten Zahl der Spalte x abgezogen, im Beispiel also $1 - (0 \cdot 4) = 1$.
5. Das Ergebnis wird in die nächste Zeile geschrieben.
6. Der Vorgang wird bis zur letzten Zahl der Spalte q fortgeführt.
7. Die Spalte y wird analog zur Spalte x berechnet.
8. Die untersten Zahlen der Spalten x und y erfüllen die ggT -Linearkombination. Es gilt: $60 \cdot 5 + 13 \cdot (-23) = 1 = \text{ggT}(60, 13)$

| Schritt | r | q | x | y |
|---------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 60 | - | 1 | 0 |
| 2 | 13 | 4 | 0 | 1 |
| 3 | 8 | 1 | 1 | -4 |
| 4 | 5 | 1 | -1 | 5 |
| 5 | 3 | 1 | 2 | -9 |
| 6 | 2 | 1 | -3 | 14 |
| 7 | 1 | 2 | 5 | -23 |
| 8 | 0 | - | - | - |

Erweiterter euklidischer Algorithmus

Modulo

$$5 : 3 = 1 \text{ Rest } 2$$

Dieses Teilen mit Rest, mit dem viele von uns das Dividieren lernten, führen wir beim Modulorechnen weiter. Nur interessiert uns beim Rechnen mit Divisionsrest nur der übriggebliebene Rest (im obigen Beispiel die 2). Mathematisch geschrieben bedeutet dies: $5 \pmod{3}$ ist kongruent zu 2.

Ein alltägliches Beispiel für eine Modulo-Rechnung ist die Uhr: 17 Uhr = 5 Uhr. Hierbei rechnen wir genau genommen $17 \equiv 5 \pmod{12}$.

Weiteres Beispiel:

$$15 \pmod{7} \equiv 1$$

Modulo-Inverse

Die modulo-inverse Zahl a^{-1} zu a zur Basis n ist so beschaffen, dass

$$a^{-1} \cdot a \equiv 1 \pmod{n}$$

gilt. Die Inverse a^{-1} existiert nur dann, wenn $\text{ggT}(a, n) = 1$, also a und n teilerfremd sind. a^{-1} lässt sich mithilfe des erweiterten euklidischen Algorithmus bestimmen: Dazu findet man die Linearkombination von $\text{ggT}(a, n) = 1$. Stellt man diese anschließend um, erhält man

$$a \cdot x = y \cdot n + 1$$

nimmt man das ganze nun \pmod{n} , erhält man

$$a \cdot x \equiv y \cdot n + 1 \equiv 1 \pmod{n}$$

Also muss x die gesuchte inverse Zahl a^{-1} sein.

Schnelle Exponentiation

Für kleine Exponenten ist Potenzieren mit Modulo noch kein Problem. Da wir bei der RSA-Verschlüsselung jedoch gezwungen sind, mit großen Exponenten und Basen zu rechnen, müssen wir unsere Exponentiationsmethode effizienter machen. Dies erklären wir an einem Beispiel:

Für die Rechnung 31^{345} müssten wir bereits 345 Multiplikationen ausführen. Später benötigen wir jedoch Exponenten mit mehr als 100

Dezimalstellen, was unsere Verschlüsselung zu langsam machen würde.

Daher nutzen wir ein Verfahren zur schnellen Exponentation Modulo n . Dabei teilt der Computer große Exponenten in Zweierpotenzen auf, zum Beispiel:

$$31^{345} = 31^{256} \cdot 31^{64} \cdot 31^{16} \cdot 31^8 \cdot 31$$

Dann quadriert der Computer die Zahl entsprechend oft und rechnet Modulo n . Die Ergebnisse werden in Modulo miteinander multipliziert, um auf das Endergebnis zu kommen.

Das hat den großen Vorteil, dass der Computer nur mehrfach quadrieren muss und dann die entsprechenden Zwischenergebnisse miteinander multipliziert. Eine Quadrierung entspricht nur einer einzigen Multiplikation und einer Modulo-Division und ist deutlich effizienter. Unsere Verschlüsselung läuft deutlich schneller.

Als Veranschaulichung wird $31^{345} \pmod{1000}$ berechnet:

$$\begin{aligned} 31^2 &\equiv 961 \pmod{1000} \\ 31^4 &\equiv (31^2)^2 \equiv 961^2 \equiv 521 \pmod{1000} \\ 31^8 &\equiv (31^4)^2 \equiv 521^2 \equiv 441 \pmod{1000} \\ 31^{16} &\equiv (31^8)^2 \equiv 441^2 \equiv 481 \pmod{1000} \\ 31^{32} &\equiv (31^{16})^2 \equiv 481^2 \equiv 361 \pmod{1000} \\ 31^{64} &\equiv (31^{32})^2 \equiv 361^2 \equiv 321 \pmod{1000} \\ 31^{128} &\equiv (31^{64})^2 \equiv 321^2 \equiv 041 \pmod{1000} \\ 31^{256} &\equiv (31^{128})^2 \equiv 041^2 \equiv 681 \pmod{1000} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 31^{345} &\equiv 31^{256} \cdot 31^{64} \cdot 31^{16} \cdot 31^8 \cdot 31^1 \\ &\equiv 681 \cdot 321 \cdot 481 \cdot 441 \cdot 31 \\ &\equiv 81 \cdot 441 \cdot 31 \\ &\equiv 351 \pmod{1000} \end{aligned}$$

In unserem Beispiel müssen statt der 345 Multiplikationen nur 12 Multiplikationen und Modulorechnungen ausgeführt werden. Selbst die Berechnung von $x^{1000000000}$ benötigt mit dieser Methode maximal 64 Schritte (statt 1 Milliarde).

Die Euler'sche φ -Funktion

Die Euler'sche φ -Funktion gibt die Anzahl der zu n teilerfremden Zahlen x an mit $x < n$ an. Die Schreibweise ist: $\varphi(n) = x$.

Beispielsweise gilt: $\varphi(9) = 6$, weil

| x | $\text{ggT}(9, x)$ |
|-----|--------------------|
| 1 | 1 |
| 2 | 1 |
| 3 | 3 |
| 4 | 1 |
| 5 | 1 |
| 6 | 3 |
| 7 | 1 |
| 8 | 1 |

6 Zahlen x mit $x < 9$ erfüllen also die Bedingung $\text{ggT}(9, x) = 1$. Teilerfremd zu 9 sind demnach: 1, 2, 4, 5, 7 und 8.

Einige weitere Beispiele:

| n | $\varphi(n)$ | Zu n teilerfremde Zahlen |
|-----|--------------|------------------------------|
| 9 | 6 | 1, 2, 4, 5, 7, 8 (6 Stück) |
| 10 | 4 | 1, 3, 7, 9 (4 Stück) |
| 11 | 10 | 1, 2, 3, ..., 10 (10 Stück) |
| 12 | 4 | 1, 5, 7, 11 (4 Stück) |
| 13 | 12 | 1, 2, 3, ..., 12 (12 Stück) |
| 14 | 6 | 1, 3, 5, 9, 11, 13 (6 Stück) |
| ... | ... | ... |

Wenn man die Euler'sche φ -Funktion einer Primzahl p bestimmt, gilt: $\varphi(p) = p - 1$, da eine Primzahl nur die 1 und sich selbst als Teiler hat und somit alle Zahlen z mit $z < p$, teilerfremd zu p sind.

Es gilt: $\varphi(ab) = \varphi(a) \cdot \varphi(b)$, wenn a und b teilerfremd sind.

Der Satz von Euler

Der Satz von Euler besagt, dass $a^{\varphi(n)} \equiv 1 \pmod{n}$, wenn a und n teilerfremd sind.

Beweis: Sei R die Menge aller natürlichen Zahlen kleiner n , die teilerfremd zu n sind:

$$R = \{r_1, r_2, \dots, r_{\varphi(n)}\}$$

Dabei enthält r genau $\varphi(n)$ Elemente (siehe Definition φ -Funktion).

Sei a nun eine beliebige ganze Zahl, die teilerfremd zu n ist. Dann sei A die Menge

$$A = \{r_1 \cdot a, r_2 \cdot a, \dots, r_{\varphi(n)} \cdot a\}$$

Da $r_i \cdot a \equiv r_j \cdot a \pmod{n}$ nur dann gilt, wenn $r_i \equiv r_j \pmod{n}$ ist, und alle Elemente aus R paarweise verschieden sind (kein Element ist doppelt), müssen alle Elemente aus A ebenfalls paarweise verschieden sein. Weil nun a und alle Elemente aus R teilerfremd zu n sind, müssen auch alle Elemente in A teilerfremd zu n sein. Das heißt, dass in A genau $\varphi(n)$ zu n teilerfremde Zahlen enthalten sind, die alle paarweise verschieden sind. Somit enthalten A und R dieselben Elemente! Es ist also

$$\prod_{i=1}^{\varphi(n)} r_i \equiv \prod_{i=1}^{\varphi(n)} r_i \cdot a \equiv a^{\varphi(n)} \prod_{i=1}^{\varphi(n)} r_i \pmod{n}$$

beziehungsweise $a^{\varphi(n)} \equiv 1 \pmod{n}$

Primzahltests

Wie findet man heraus, ob eine Zahl prim ist?

Ein möglicher Primzahltest ist der Fermat-Test, der auf dem kleinen Satz von Fermat beruht. Der kleine Satz des Fermat lautet

$$a^{p-1} \equiv 1 \pmod{p} \text{ mit } p \in \mathbb{P}, \text{ ggT}(a, p) = 1$$

und folgt direkt aus dem Satz von Euler. Dieser besagt bekanntlich $a^{\varphi(n)} \equiv 1 \pmod{n}$. Falls p nun prim ist, ist $\varphi(p) = p - 1$. Setzen wir nun ein, erhalten wir direkt den kleinen Satz des Fermat.

Um eine Zahl zu testen, kann man im Umkehrschluss einen Zeugen z wählen, der teilerfremd zu der Zahl x ist, die diesem Test unterzogen werden soll. Anschließend prüft man, ob

$$z^{x-1} \equiv 1 \pmod{x}$$

erfüllt ist. Erfüllen x und z diese Beziehung nicht, ist x auf jeden Fall nicht prim, ansonsten kann x prim sein, muss es aber nicht. Denn nicht alle Zahlen, die die Voraussetzung erfüllen, sind prim, aber alle Zahlen, die die Voraussetzung nicht erfüllen, sind nicht prim.

Beispiel: Testen wir nun mithilfe des Fermat-Test, ob 4 eine Primzahl ist. Wählen wir als Zeugen $z = 3$, erhalten wir

$$3^3 \equiv 27 \equiv 3 \pmod{4}.$$

Da 3 nicht kongruent zu 1 $\pmod{4}$ ist, kann 4 nicht prim sein.

Zahlen, die für mindestens einen Zeugen den Fermat-Test bestehen, heißen Pseudoprimzahlen. Es gibt jedoch auch besondere Pseudoprimzahlen, sogenannte Carmichaelzahlen. Diese bestehen den Fermat-Test für *jeden* Zeugen. Die kleinste Carmichaelzahl ist die $561 = 3 \cdot 11 \cdot 17$. Diese Carmichaelzahlen stellen ein Problem dar, weil mit dem Fermat-Test nicht mit Sicherheit festgestellt werden kann, ob es sich bei einer Zahl um eine Primzahl handelt – selbst wenn man alle möglichen Zeugen testet.

Wir benötigen also einen weiteren Primzahltest: den Miller-Rabin-Test.

Um den Test durchzuführen, schreiben wir unsere zu testende Zahl x als

$$x - 1 = 2^s t \text{ mit } t \text{ ungerade}$$

Nun wählen wir einen Zeugen z mit $\text{ggT}(x, z) = 1$. Ist x nun prim, ist eine der folgenden Bedingungen erfüllt: (a) entweder $z^t \equiv 1 \pmod{x}$, (b) oder $z^{2^i t} \equiv -1 \pmod{x}$

Falls keine der beiden Bedingungen zutrifft, ist die zu testende Zahl mit Sicherheit nicht prim. Mit dem Miller-Rabin-Test existieren keine starken Pseudoprimzahlen oder Ähnliches mehr, sodass dieser Test für alle Zahlen geeignet ist.

Allerdings gibt der Miller-Rabin-Test seine Ergebnisse für einen einzelnen Zeugen mit einer Fehlerquote von ca. 25 % an. Darum führen wir den Test mehrmals hintereinander mit unterschiedlichen Zeugen durch, um eine Wahrscheinlichkeit von annähernd 100 % zu erhalten: Führen wir den Test beispielsweise 50 Mal durch, liegt die Wahrscheinlichkeit für ein falsches Ergebnis nur noch bei gerade mal $0.25^{50} \approx 7.9 \cdot 10^{-31} \approx 0.000000000000000000000000000079\%$. Will man das noch weiter reduzieren, erhöht man einfach die Testanzahl entsprechend.

RSA

HENRIETTE, JANNIK, CATHARINA,
MORITZ

Wir verwenden für unseren Chat die sichere RSA-Verschlüsselung. Sie wurde nach ihren drei Erfindern Rivest, Shamir und Adleman benannt. Die RSA-Verschlüsselung oder davon

abgeleitete Verfahren finden in fast allen Bereichen der modernen Informationsübertragung Anwendung.

Schlüsselerzeugung

Bei der RSA-Verschlüsselung handelt es sich um eine asymmetrische Verschlüsselung. Es werden also zwei verschiedene Schlüssel zur Ver- und Entschlüsselung einer Nachricht benötigt. Dabei handelt es sich um einen öffentlichen Schlüssel, der zur Verschlüsselung dient und einen privaten Schlüssel, den nur der Empfänger einer Nachricht kennt und der zum Entschlüsseln benötigt wird. Der Modulus n ist ebenfalls öffentlich und wird zum Ver- und Entschlüsseln benötigt.

Beide Schlüssel werden innerhalb des folgenden Vorgangs erzeugt:

1. Im ersten Schritt werden zwei Zufallszahlen p und q gewählt, die prim sein müssen. Zunächst wird geprüft, ob die Zufallszahlen bereits prim sind. Wenn dies nicht der Fall ist, werden die Zahlen so lange erhöht, bis die nächstgrößeren Primzahlen vorliegen. Die beiden Primzahlen p und q sollen die gleiche Größenordnung haben, aber nicht zu dicht beieinander liegen.
2. Anschließend wird das gemeinsame Produkt n , der sogenannte RSA-Modulus, aus den beiden Primzahlen gebildet:

$$n = p \cdot q$$

3. Im dritten Schritt wird $\varphi(n)$ berechnet. Da n das Produkt aus den Primzahlen p und q ist, können wir $\varphi(n)$ wie folgt berechnen:

$$\varphi(n) = \varphi(p) \cdot \varphi(q) = (p - 1) \cdot (q - 1)$$

4. Danach wird eine zu $\varphi(n)$ teilerfremde Zahl e gewählt, die größer als eins, aber kleiner als $\varphi(n)$ ist. Diese Wahl darf zufällig sein, kann aber auch fest gewählt werden.
5. Im letzten Schritt wird die Modulo-Inverse d von e bezüglich des Moduls

$\varphi(n)$ mithilfe des erweiterten euklidischen Algorithmus berechnet.

Es soll also die folgende Kongruenz gelten: $e \cdot d \equiv 1 \pmod{\varphi(n)}$. Die Berechnung erfolgt mit dem erweiterten euklidischen Algorithmus (Seite 57). Dabei wird $a = e$, $x = d$, $b = \varphi(n)$ und $y = -k$. Damit ist die ggT-Linear kombination mit den Variablen der RSA-Verschlüsselung

$$e \cdot d - \varphi(n) \cdot k = \text{ggT}(e, \varphi(n))$$

Damit keine fremde Person den privaten Schlüssel d berechnen kann und somit niemand außer dem vorgesehenen Empfänger die Nachricht entschlüsseln kann, werden die Werte für p , q und $\varphi(n)$ nach dem Beenden der Schlüsselerzeugung gelöscht. Anderenfalls könnte man durch den gemeinsamen Modulus n und $\varphi(n)$ sehr leicht auf d schließen und ungewollten Zugriff auf fremde Nachrichten bekommen.

Beispiel zur RSA-Schlüsselerzeugung

- Wir wählen $p = 8$ und $q = 12$. Die beiden Zahlen werden so lange erhöht, bis sie prim sind. In diesem Fall ist das bei $p = 11$ und $q = 13$ der Fall. Jetzt sind sowohl p als auch q Primzahlen.
- Hier ist $n = 143$, da $n = p \cdot q = 11 \cdot 13 = 143$
- In diesem Beispiel ist $\varphi(n) = 120$, da $\varphi(n) = \varphi(p) \cdot \varphi(q) = (p - 1) \cdot (q - 1) = (11 - 1) \cdot (13 - 1) = 120$
- Beispielsweise kann für $e = 17$ gewählt werden, da $e = 17$ und $\varphi(n) = 120$ teilerfremd sind.
- d wird nun mit dem erweiterten euklidischen Algorithmus berechnet. Hier ist $d = 113$ (Seite 57)
- Als letzter Schritt werden $p = 11$, $q = 13$ und $\varphi(n) = 120$ vernichtet, damit nicht auf $d = 113$ zurückgeschlossen werden kann.

Somit ergeben sich in diesem Beispiel die folgenden beiden Schlüssel:

- öffentlicher Schlüssel: $n = 143, e = 17$
- privater Schlüssel: $n = 143, d = 113$

Ver- und Entschlüsselung

Der öffentliche Schlüssel e kann bedenkenlos über öffentlich Kanäle an den Sender geschickt. Der private Schlüssel d bleibt beim Empfänger und darf unter keinen Umständen weitergegeben werden.

Jetzt wird unsere Nachricht m mit dem öffentlichen Schlüssel des Empfängers vom Sender verschlüsselt:

$$m^e \equiv c \pmod{n}$$

Damit erhält der Sender die Chiffre c . Diese kann problemlos an den Empfänger gesendet werden, da sie nur mit dem privaten Schlüssel wieder in die Nachricht übersetzt werden kann. Der Empfänger entschlüsselt mit seinem privaten Schlüssel die Nachricht folgendermaßen:

$$c^d \equiv m \pmod{n}$$

Der Empfänger erhält somit die Nachricht m .

Beispiel mit Schlüsseln aus der Schlüsselerzeugung

$$m = 3$$

Verschlüsseln:

$$3^{17} \equiv 9 \pmod{143}$$

Entschlüsseln:

$$9^{113} \equiv 3 \pmod{143}$$

Beweis

Im Folgenden zeigen wir, warum $c^d \equiv m \pmod{n}$ gilt. Laut dem Satz von Euler gilt:

$$a^{\varphi(n)} \equiv 1 \pmod{n}$$

Wir haben d mit Hilfe des erweiterten Euklidischen Algorithmus (Seite 57) so berechnet, dass folgendes gilt:

$$1 = e \cdot d - k \cdot \varphi(n)$$

also ist

$$e \cdot d \equiv 1 + k \cdot \varphi(n)$$

Anders ausgedrückt: d ist die Modulo-Inverse zu $e \pmod{\varphi(n)}$.

Für beliebige $m, n, k \in \mathbb{N}$, mit $\text{ggT}(m, n) = 1$ (also teilerfremden m und n), gilt:

$$\begin{aligned} & m^{\varphi(n) \cdot k + 1} \pmod{n} \\ & \equiv m^{\varphi(n) \cdot k} \cdot m^1 \pmod{n} \\ & \equiv (m^{\varphi(n)})^k \cdot m^1 \pmod{n} \\ & \equiv 1^k \cdot m \pmod{n} \\ & \equiv m \pmod{n} \end{aligned}$$

In Kurzform gilt also

$$m^{e \cdot d} \equiv m^{\varphi(n) \cdot k + 1} \equiv m \pmod{n}.$$

Damit haben wir gezeigt, dass man seine ursprüngliche Nachricht wieder erhält, wenn man sie erst mit e und anschließend mit d potenziert (modulo n). Es ist auch möglich, die Zahlen e und d zu vertauschen: mit e verschlüsseln und anschließend wieder mit d entschlüsseln.

Sicherheit

Die RSA-Verschlüsselung ist nur so lange sicher, wie die beiden Primzahlen p und q unbekannt sind. Anderenfalls kann man alle oben genannte Schritte der Schlüsselerzeugung (Seite 60) durchführen, um den privaten Schlüssel d zu bestimmen. Ungünstige Beispiele für p und q sind alle Primzahlen, bei deren Produkt nur wenige Kombinationen von zwei Primzahlen in Frage kommen – also sind zu kleine Zahlen schlecht. Damit das Bestimmen von p und q mit Hilfe der Primfaktorzerlegung nach heutigem Stand auch mit sehr leistungsfähigen Computern praktisch nicht zu erreichen ist, benötigt man sehr große Primzahlen. Es muss außerdem gelten: $p \neq q$, da man sonst einfach die Wurzel aus n ziehen könnte und somit sowohl p als auch q berechnet hätte.

Obwohl es in der Vergangenheit bereits oft gelang, Zahlen mit mehreren hundert Dezimalstellen zu faktorisieren, stellt die wachsende Rechenleistung moderner Computer für die RSA-Verschlüsselung bisher kein Problem dar. Die Bundesnetzagentur empfiehlt bis Ende 2020 Schlüssel mit einer Länge von 2048 Bit, was

einer Zahl mit 617 Dezimalstellen entspricht. Damit müssen p und q je etwa 1024 Bit oder 309 Dezimalstellen lang sein.

Die zwei wesentlichen Probleme der Kryptoanalyse der RSA-Verschlüsselung sind:

1. RSA-Problem: Gegeben sind der öffentliche Schlüssel (n, e) sowie der Geheimtext c . Gesucht wird der Klartext m , wobei gilt:

$$m^e \equiv c \pmod{n}.$$

Das Problem liegt hier in der Schwierigkeit, e -te Wurzeln modulo n zu ziehen, was zur Bestimmung der Nachricht m notwendig ist.

2. RSA-Schlüsselproblem: Gegeben ist der öffentliche Schlüssel (n, e) . Gesucht wird der geheime Schlüssel d wobei gilt:

$$e \cdot d \equiv 1 \pmod{\varphi(n)}.$$

Das Problem liegt hier in der Schwierigkeit, die Eulersche φ -Funktion von n ohne Kenntnis der Faktoren p und q zu berechnen.

Solange diese Probleme ungelöst sind, ist die RSA-Verschlüsselung sicher.

Programmiergrundlagen

LISA, TIMON, VILMOS, MORITZ,
ANNA-LENA

Neben den mathematischen Grundlagen benötigten wir auch einige Programmiergrundlagen, um unseren Chat zu programmieren. Da wir den Chat als Website mit Angular programmiert haben, benötigten wir drei Programmiersprachen, die wir hier kurz vorstellen: HTML, CSS und TypeScript.

HTML

HTML steht für Hypertext Markup Language. Es wird für die Strukturierung und den Inhalt von Websites genutzt. Damit kann man zum Beispiel Überschriften (headings), Textfelder (inputs) oder Knöpfe (buttons) erzeugen.

Doch wenn man einen Button drückt oder etwas in ein Textfeld eingibt, würde nichts passieren, denn dafür braucht man eine andere Sprache, nämlich TypeScript. Mit dem Befehl [ngModel] verbinden wir HTML mit TypeScript. Gleichzeitig geben wir den Eingabefeldern Namen, damit wir auch sie in TypeScript verwenden können. Um Elemente in CSS zu bearbeiten, müssen wir beispielsweise den Knopf (button) mit id=„beispiel“ versehen.

Ein simpler Beispielcode:

```
<h2>Rechner-Demo</h2>
```

Zahl 1:

```
<input name="zahl1"
  [(ngModel)]="zahl1" />
```

Zahl 2:

```
<input name="zahl2"
  [(ngModel)]="zahl2" />
```

```
<button id="beispiel"
  (click)="rechne()">los!
</button>
<br />
```

```
Ergebnis = {{ergebnis}}
```

Rechner-Demo



Website zum HTML-Quellcode

CSS

CSS steht für Cascading Style Sheets. Es wird benutzt, um die Websites zu designen. Beispielsweise kann man die Hintergrundfarbe (background-color) oder die Textfarbe (color) und Textart (font-family) ändern. Zudem kann man Objekte wie Bilder oder Knöpfe transformieren (zum Beispiel drehen „transform: rotate“). Indem wir einzelnen Elementen in HTML IDs gegeben haben (id=„beispiel“), können wir sie mit CSS verändern.

Ein Beispielcode:

```
body
{
  background-color: hotpink;
  color: white;
  font-family: Verdana;
}
#beispiel
{
  color: hotpink;
  transform: rotate(-15deg);
}
```



CSS-Beispiel

TypeScript

Mit HTML und CSS wird das Grundgerüst einer Website gebaut. Für die Interaktion mit dem Nutzer ist TypeScript verantwortlich. Hierfür werden Inputs (Textfelder) und Buttons mit TypeScript verknüpft. So kann man beispielsweise wie im untenstehenden Code zwei Zahlen addieren. Hierbei erstellen wir jeweils eine Variable, welche den HTML Eingabefeldern zugeordnet ist. Wenn wir nun den Knopf drücken, wird die Funktion „rechne()“ ausgeführt und die beiden Zahlen werden addiert. Am Schluss lassen wir uns noch das Ergebnis über die Variable *ergebnis* in HTML ausgeben.

```
ergebnis = 'noch nix';
zahl1 = 10;
zahl2 = 20;

rechne() {
  this.ergebnis =
    this.zahl1 + this.zahl2;
}
```

BigIntegers

Normalerweise rundet TypeScript große Zahlen ab einer bestimmten Größe. Da unsere RSA-Verschlüsselung aber nur mit sehr großen Zahlen sicher ist, nutzen wir einen speziellen Datentyp *BigInt*. Er lässt uns auch mit großen Zahlen rechnen, die zum Teil 100 oder mehr Stellen haben, ohne sie zu runden oder zu verändern. TypeScript läuft meistens im Hintergrund, sodass man von all dem nichts mitbekommt.

ASCII/Unicode

Da die RSA-Verschlüsselung nur mit Zahlen funktioniert, muss ein eingegebener Text in Zahlen umgewandelt werden. Dafür gibt es verschiedene Umrechnungstabellen, zum Beispiel ASCII und Unicode, die verschiedenen Zeichen (Zahlen, Buchstaben, Emojis etc.) jeweils einen Zahlencode zuordnen. So ist der Code für das Zeichen „A“ 65, für „B“ 66, sowie für „a“ 226 130 172. Mit diesen Zahlencodes kann ein Text dann auch verschlüsselt werden.

Text-Zu-Zahl / Zahl-Zu-Text

Möchte man beispielsweise das Wort *Hallo* versenden, so muss dieses zunächst in eine Zahl umgewandelt werden. Dabei wird jedem Buchstaben ein bestimmter, zweistelliger Wert zugeordnet, der in der Unicodetabelle niedergeschrieben ist. Ist die Umwandlung der Buchstaben in die entsprechenden Codes erfolgt, so werden diese nicht addiert, da man sonst einen unbrauchbaren Wert bekommen würde, den man nicht in das ursprüngliche Wort zurück umwandeln könnte.

Stattdessen werden die Codes in der Reihenfolge der Buchstaben des jeweiligen Wortes aneinandergehängt. Damit der Computer weiß, an welcher Stelle später die einzelnen Codes wieder voneinander getrennt werden müssen, erfolgt die Aneinanderreihung durch Multiplikation mit der Hunderterpotenz der Stelle, an der sie sich befinden. Da die erste Stelle die 0-te Position einnimmt, muss von dem Exponenten die Zahl 1 subtrahiert werden. Im folgenden

Beispiel wird das Wort „Hallo“ folgendermaßen codiert:



Beispiel: Umwandlung von Text zu Zahl

$$72 \cdot 100^4 + 65 \cdot 100^3 + 76 \cdot 100^2 + 76 \cdot 100^1 + 79 \cdot 100^0$$

Um den Code anschließend wieder in das ursprüngliche Wort, in unserem Fall „Hallo“ zu decodieren, muss man diese Potenzierung rückgängig machen. Dies geschieht dadurch, dass man den hintersten zweistelligen Code mod 100 rechnet und danach durch hundert teilt, damit der nächste Code an die hinterste Stelle rückt. Hier fallen die entstandenen Kommazahlen weg, es wird auch nicht gerundet. Damit werden alle Codes nacheinander wieder voneinander getrennt, allerdings sind sie in umgedrehter Reihenfolge angeordnet. Nun muss jedem Code der entsprechende Buchstabe zugeordnet werden und die entstehende Buchstabenfolge umgedreht werden.

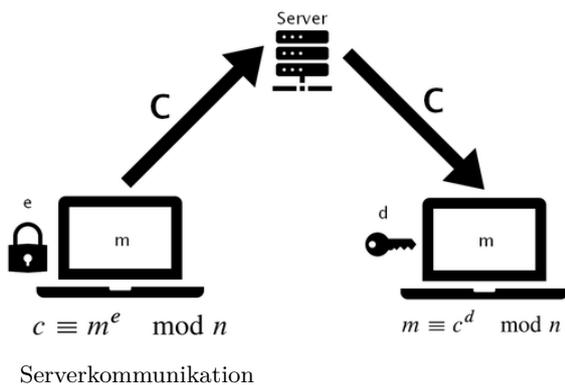
$$\begin{aligned}
 7265767679 \pmod{100} &= 79 \\
 7265767679/100 &= 72657676 \\
 72657676 \pmod{100} &= 76 \\
 72657676/100 &= 726576 \\
 726576 \pmod{100} &= 76 \\
 726576/100 &= 7265 \\
 7265 \pmod{100} &= 65 \\
 7265/100 &= 72 \\
 72 \pmod{100} &= 72
 \end{aligned}$$

Der umgedrehte, decodierte Code ergibt nun wieder das Wort „HALLO“.

Server-Kommunikation

Damit nicht beide Chatpartner gleichzeitig online sein müssen und man sich auch von unterschiedlichen Geräten in den Chat einloggen kann, versenden wir unsere Nachrichten nicht direkt von PC zu PC. Stattdessen verwenden wir einen Server. Auf dem Server werden die gesamten Daten sicher gespeichert, damit wir von überall auf unseren Chat zugreifen können.

Die gesendeten Nachrichten werden so lange auf dem Server gespeichert, bis sich der Empfänger erneut einloggt und die Nachrichten liest. Die gesamte Ver- und Entschlüsselung findet nur auf dem jeweiligen Endgerät statt, somit erhält der Server nur verschlüsselte Nachrichten vom Sender. Auf dem Server werden nur verschlüsselte Daten gespeichert, so können wir uns sicher sein, dass niemand unsere Daten lesen kann. Sind wir online, fragen wir den Server alle zwei Sekunden nach neuen Nachrichten.



Chat

ISABEL, VALENTIN, TIMON, NICO, TIM

Nachdem nun die Grundlagen bekannt sind, können wir endlich mit der Programmierung des Chats beginnen.

Registrierung

Damit man überhaupt chatten kann, muss man sich zunächst bei der Registrierung ein Profil anlegen.

Dafür legt der Benutzer sich zuerst einen Benutzernamen mit einer Länge zwischen 3 und 22 Zeichen an und gibt dann ein Passwort ein,



Registrierungsseite

das mehr als 8 Zeichen umfassen muss. Damit das Passwort auf jeden Fall richtig ist, muss das Passwort in einem weiteren Feld wiederholt werden. Zudem wollten wir sicherstellen, dass sich nur Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Akademie registrieren können, indem wir ein Registrierungswort festgelegt haben.

Drückt man nun den „Registrierung abschließen“-Button, wird zunächst überprüft, ob das Registrierungswort richtig ist. Ist dies nicht der Fall, wird direkt unter dem Eingabefeld die Meldung „Fehler“ angezeigt. So ist es auch bei dem Passwort, das mit dem wiederholten Passwort verglichen wird: Stimmen die beiden Eingaben der Passwörter nicht überein, wird unter dem Passwortfeld die Meldung „Fehler“ angezeigt.

Gibt es keine Fehler, findet die RSA-Schlüsselerzeugung (Seite 60) statt.

Dafür erstellen wir erst einmal p und q , zwei 160-stellige, zufällige Primzahlen, indem wir eine Zufallszahl zwischen 0 und 1 durch den TypeScript-Befehl `Math.Random` erzeugen. Diese Zahl hat 16 Nachkommastellen. Damit wir eine natürliche Zahl erhalten, multiplizieren wir diese mit 10^{16} .

Damit die Zahl überhaupt größer wird, multiplizieren wir die Zahl erneut mit 10^{16} und addieren eine zweite zufällige Zahl dazu.

Nach zehnmalem Wiederholen des Vorgangs erhalten wir so eine 160-stellige Zahl. Die Zahl, die dabei entsteht, ist aber noch nicht automatisch eine Primzahl, weshalb wir mit verschiedenen Primzahltests (Seite 56) die nächstgrößere Primzahl bestimmen.

Dieser Vorgang wird zweimal durchgeführt: einmal für p und einmal für q . Ein Problem in der Zufälligkeit unserer Primzahlen ist, dass Primzahlen, bei denen der Abstand zur vorherigen Primzahl größer ist, eine höhere Wahrscheinlichkeit besitzen, ausgewählt zu werden.

Dies fällt bei der möglichen Anzahl an Primzahlen aber kaum ins Gewicht. So würde ein normaler Computer immer noch länger als die Lebensspanne des Universums durchprobieren müssen, um von den anderen Zahlen der RSA-Verschlüsselung auf unser p und q zu schließen. Dass p und q gleich sind, ist aufgrund der hohen Anzahl der möglichen Primzahlen so unwahrscheinlich, dass wir diesen Fall nicht weiter beachtet haben.

Wir wollen nicht an einen bestimmten Rechner für die Verwendung unseres Chats gebunden sein, weshalb wir Zugriff auf unseren privaten Schlüssel d von anderen Rechnern brauchen. Damit wir unser d wieder von einem anderen Rechner abrufen können, verschlüsseln wir d mithilfe der symmetrischen (Seite 55), sicheren AES-Verschlüsselung und unserem Passwort als Schlüssel. Das verschlüsselte d wird nun an den Server geschickt und dort gespeichert.

Wir hashen (Seite 66) unser Passwort. Das tun wir, damit wir den Passworthash an den Server senden können. So wird der Hashwert bei der Anmeldung von einem anderen Rechner abgeglichen. Ist dieser gleich, kann d mithilfe des nicht gehashten Passworts entschlüsselt werden. Gleichzeitig werden der Benutzername, sowie die Schlüssel e , n und das verschlüsselte d an den Server weitergeleitet.

Falls der Benutzer schon registriert ist, kann er über den Login-Button zum Login gelangen.

Hash-Funktionen

Eine Hash-Funktion ist ein Algorithmus, der für eine Eingabe beliebiger Länge eine Ausgabe fester Länge berechnet. Dabei sind von der Ausgabe keine Rückschlüsse auf die Eingabe zu machen. Eine Hash-Funktion ist somit keine Verschlüsselung, sondern eine sogenannte Einweg-Funktion. Eine für uns sehr wichtige Eigenschaft ist, dass für die gleiche Eingabe immer die gleiche Ausgabe (der gleiche Hash) erzeugt wird.

Hash-Funktionen können beispielsweise zum Speichern von Passwörtern auf einem Server verwendet werden. Dabei wird nicht direkt das Passwort gespeichert, sondern nur der Hash des Passworts. So kann kein Hacker auf dem Server

die Klartext-Passwörter lesen. Beim Login wird das eingegebene Passwort wieder in den Hash-Wert umgerechnet und mit dem auf dem Server gespeicherten, gehashten Passwort verglichen.

Beispiel: Aus der Eingabe *Passwort* wird durch den MD5-Hash-Algorithmus die Ausgabe *3e45af4ca27ea2b03fc6183af40ea112*

Login

Wenn man unseren Chat (www.sabwchat.eu) aufruft, wird man zum Login weitergeleitet. Hier muss man seine Anmeldedaten eingeben.



Login-Seite

Wenn man noch keinen Account hat, ist hier auch der Link zur Registrierung hinterlegt. Die eigentliche Anmeldung geschieht in Schritten, aufgeteilt auf zwei Seiten: Auf der einen gibt man seinen Benutzernamen an, auf der anderen sein Passwort. Sobald man auf der zweiten Seite den Button „Login“ anklickt, geschehen im Hintergrund mehrere Dinge: Zuerst wird das Passwort gehasht und zum Server weitergeleitet. Hier wird der Benutzername und der Passworthash mit den Anmeldedaten, die bereits bei der Registrierung auf dem Server abgespeichert wurden, abgeglichen. Bei erfolgreichem

Zu viele Fehlversuche! Bitte neu einloggen!

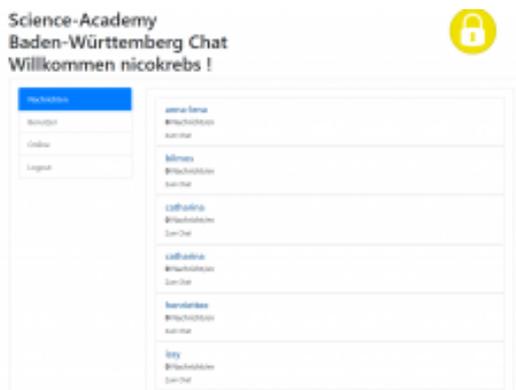
Noch nicht angemeldet? [Jetzt registrieren!](#)

Fehlermeldung

Abgleich mit den Daten auf dem Server wird noch das beim Login mit AES verschlüsselte d entschlüsselt, danach ist man erfolgreich angemeldet.

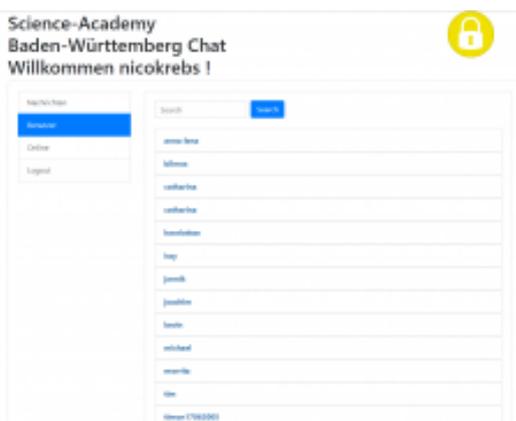
Benutzerliste

Vom Login wird man zur Benutzerliste weitergeleitet. Diese ist so aufgebaut, dass es links ein Auswahlmü gibt, mit dem man die verschiedenen Funktionen der Benutzerliste aufrufen kann. Darüber wird man mit einem „Willkommen“ begrüßt, bei dem der angemeldete Benutzername eingefügt ist. Die erste Auswahlmöglichkeit ist die Nachrichtenliste, bei der dem Benutzer angezeigt wird, wie viele neue Nachrichten er von wem bekommen hat.



Chatübersicht

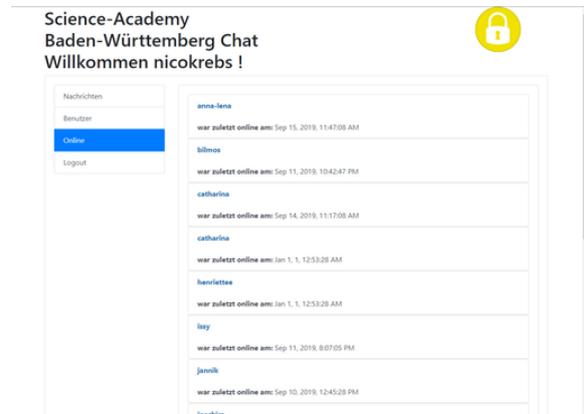
Klickt man auf die jeweiligen Namen, so wird man zum Einzelchat mit dieser Person geführt. Der nächste Eintrag im Menü mit der Aufschrift *Benutzer* öffnet eine Liste mit allen registrierten Benutzern. Direkt darüber befindet



Übersicht der Benutzer

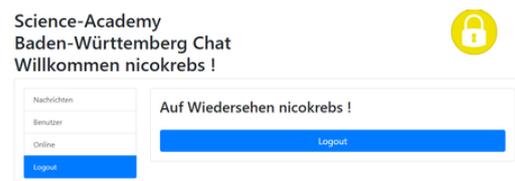
sich ein Suchfeld, in welches man den Teil eines gesuchten Benutzernamens eingeben kann. Die Benutzernamen, welche diese Buchstabenkombination enthalten, werden darunter angezeigt. Die nächste Auswahlmöglichkeit zeigt an, wann

die anderen Benutzer zuletzt online waren, oder ob sie gerade online sind. Der unterste Eintrag



Übersicht der Nutzung

bringt den angemeldeten Benutzer zum Logout. Hierbei werden alle wichtigen Benutzerinforma-



Logout

tionen wie Benutzername, Passworhash und die Schlüssel d und n vom Computer gelöscht. Diese Funktion ist nötig, damit niemand über den gleichen PC auf diese Informationen zugreifen kann. Sie werden beim erneuten Einloggen wieder aufgerufen.

Einzelchat

Wenn man eingeloggt ist und einen Chat ausgewählt hat, wird man in einen Bereich weitergeleitet, in dem man mit der ausgewählten Person in einem Einzelchat chatten kann. Ganz oben links in diesem Bereich sieht man unser Kurslogo. Wenn man mit dem Cursor der Maus über dieses fährt, wird der Cursor zu einem Zeigefinger, und wenn man dann auf das Logo klickt, gelangt man wieder zur Benutzerliste.



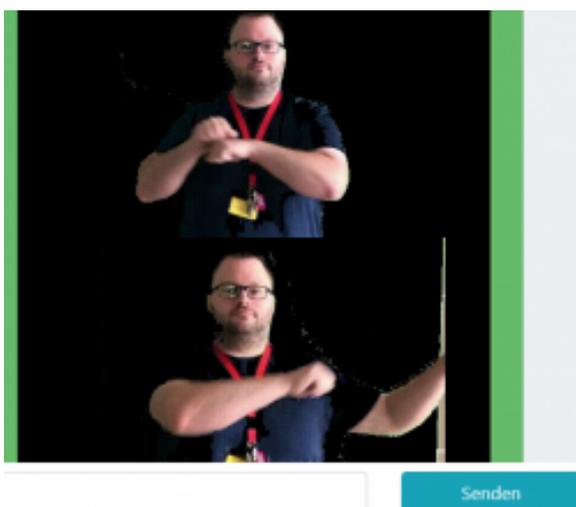
Kurslogo

Daneben wird angezeigt, mit wem gepochtet wird. Darunter befindet sich der Bereich, in welchem die Nachrichten angezeigt werden. Dort werden Nachrichten, die man selbst und



Einzelchat

der Chatpartner schreibt, in unterschiedlichen Grüntönen angezeigt. Unter dem Chatfenster befinden sich ein Textfeld und ein Button. In das Textfeld gibt man die Nachricht ein, die man senden will. In diese Nachricht kann man auch mithilfe von Buttons unter dem Textfeld Emojis einfügen. Außerdem verfügt der Chat über eine GIF-Unterstützung, sodass man drei verschiedene GIFs versenden kann. Der Button



GIF von einem unserer Kursleiter

rechts vom Textfeld ist mit dem Text „Senden“ versehen. Wenn dieser Button gedrückt wird,

wird der Text des Textfeldes mit Unicode in eine Zahl umgewandelt. Diese Zahl wird zunächst mit dem öffentlichen Schlüssel e des Partners verschlüsselt, zum Server geschickt und beim Partner mit dem privaten Schlüssel d wieder entschlüsselt. Zusätzlich wird die Nachricht jedoch auch mit dem eigenen e verschlüsselt und zum Server geschickt, um zu ermöglichen, dass man auf die geschriebenen Nachrichten auch von einem anderen Gerät aus zugreifen kann. Da die Website alle zwei Sekunden überprüft, ob es neue Nachrichten auf dem Server gibt, werden diese direkt bei sich und beim Partner angezeigt und es wird automatisch runtergescrollt.

Zusammenfassung

In unserem Kurs haben wir einen Chat programmiert. Dafür mussten wir uns zuerst sowohl mathematische als auch informatische Grundlagen aneignen. Zu den mathematischen Grundlagen gehörte die Rechnung mit Modulo, die φ -Funktion, Primzahlen und Primzahltests, der Satz von Euler, der euklidische und erweiterte euklidische Algorithmus, die Modulo-Inverse und der größte gemeinsame Teiler. Außerdem beschäftigten wir uns zur Einführung in Verschlüsselungsmethoden mit der Caesar-Verschlüsselung, dem Unterschied zwischen symmetrischer und asymmetrischer Verschlüsselung, den Hash-Funktionen und mit der RSA-Verschlüsselung, welche wir letztendlich für unseren Chat benutzten.

Zu den informatischen Grundlagen gehörte die Programmierung mit Angular, also mit HTML, CSS und TypeScript. Außerdem beschäftigten wir uns mit ASCII, Unicode, Text-zu-Zahl und Zahl-zu-Text. Für unseren Chat haben wir uns auch ein mit der Serverkommunikation beschäftigt, wobei Kevin uns an dieser Stelle sehr viel geholfen hat und den Server größtenteils einrichtete. Bei unserem Chat haben wir in Kleingruppen Registrierung, Login, Benutzerliste und Einzelchat programmiert.

Insgesamt hat uns der Kurs sehr gut gefallen, und gegen Ende der Akademie waren wir als Gruppe ein sehr eingespieltes Team, wir haben sogar unser Kursmaskottchen fest als 13. Kurs-

teilnehmer integriert. Wir sind alle sehr gut miteinander ausgekommen, und als Informatikkurs haben wir unsere Kursziele mit tatkräftiger Unterstützung von Kevin, Michael und Henriette gut umgesetzt.

Zitate und Kurssprüche

- „Das dauert noch ein Weilchen. Die lagen auf dem Physiktisch – kann ich die noch essen?“
- „KCB UX5!“
- „BigInt – Wir sind die Größten!“
- „Fluchtweg: Raus – Treppe runter!“
- „Musterbeutelklammern“
- „Das ist KONGRUENT, nicht gleich!“
- „didaktische Reduktion“
- „Wir haben da mal was vorbereitet ...“
- „AMÖBE! AMÖBE!“
- „Mensch Kevin, was soll das?“
- „Määäh“ „Lamas mähen nicht! Sie spucken!“ „Ist es dir also lieber, wenn das Lama dich anspuckt?“
- „Habt ihr das verstanden?“ „Ähm ...“
- „Du kannst nicht einfach andere Leute nerven, wenn du noch eine Aufgabe hast! Entweder du kümmerst dich um deine Aufgabe, oder du gibst sie weiter. Ansonsten kriegen wir es am Ende nicht zusammen!“
- „kleine Füße“
- „Ich werde mal so groß, wenn ich groß bin! (3m)“
- „Alle Elemente können PCs zerstören: Wasserschaden, Überhitzung, Steinschlag, vom Wind vom Tisch gepustet – die Möglichkeiten sind vielfältig“
- „Michael?“ „Was?“ „Nichts.“
- „Nieder mit UTF 16!“
- „Henriette, kannst du bitte nochmal das Buch holen? Es ist aus dem Fenster nach unten gefallen“
- „Das schaffen wir zeitlich nicht“

Kurs 4 – Magie? Keine Zauberei!



Unser Kurs

Franka war im Kurs immer topmotiviert und verstand mathematische Herausforderungen stets sehr schnell. Vom Knobeln bekam sie nie genug. In ihrer Freizeit bot sie sogar eine Rätsel-KüA an.

Ihre Fröhlichkeit steckte uns alle an, und mit ihrem „frankaschen“ Humor brachte sie uns oft zum Lachen. Außerhalb des Kurses war sie in der Band und im Theater aktiv.

Henrike war der Ruhepol unseres Kurses. Sie war immer hilfsbereit und eine ausgesprochen gute ZuhörerIn. Nicht nur ihr Verständnis für andere zeichnet sie aus, sondern auch das für die Mathematik. Im Laufe der Akademie zeigte Henrike uns jedoch noch eine andere Seite an ihr, denn auch wenn sie zunächst ruhig wirken mag, war sie für jeden Spaß zu haben und überraschte uns mit ihrer lustigen Art.

Julia erwies sich als eine Person, die man aufgrund ihrer hilfsbereiten, freundlichen und ruhigen Art sofort ins Herz schließt. Immer blieb sie positiv eingestellt und fragte so lange nach, bis alles hundertprozentig verstanden wurde. Beeindruckt hat sie uns alle durch ihre Begabung im Zeichnen, Gestalten, Tanzen und Singen. Ein großes Talent bewies sie zudem bei der Theateraufführung am Abschlussabend.

Lennart H. war schon zu Anfang der Akademie ein 0,9-zigartiger Magier. Er zeichnete sich im Kurs durch seine unglaubliche Fingerfertigkeit aus, die er sogar bewies, als uns die Kultusministerin Susanne Eisenmann besuchte. Auch motivierte er alle durch seine hilfsbereite und immer fröhliche Art. Er sorgte mit seinen klasse Performances immer für gute Stimmung, hat sich aber auch konzentriert in neue Themen eingearbeitet.

Leonie war wirklich ein großartiges Gruppenmitglied: super sportlich, immer fröhlich und gut für Späße zu haben. Wirklich jeden Morgen war sie in der Frühsportgruppe anzutreffen. Aber auch wenn es um das Lösen von trickreichen Aufgaben ging, war sie hochmotiviert und konzentriert. In der Theater-KüA zeigte sie eine große Stärke, mit anderen Leuten zu kommunizieren.

Maksymilian zeichnete sich durch seinen Humor und seine gute Laune aus. Mit seiner motivierten, sehr hilfsbereiten und witzigen Art war er ein tolles Gruppenmitglied. Beindruckend waren nicht nur seine kreativen Zeichnungen, sondern auch seine unermüdlige Begeisterung für Basketball. Er war Klasse im Korbleger-Werfen.



Mara war immer super gelaunt und motiviert, obwohl sie des Öfteren mit einer neuen Verletzung im Kurs ankam. Durch ihre gewitzte Art und ihre Schauspielkünste – sowohl beim Vorführen des Gilbreath-Tricks als auch bei unserem kleinen Theaterstück zum Thema „Elemente“ im Plenum – brachte sie auch die anderen regelmäßig zum Lachen. Sie diskutierte außerdem leidenschaftlich, wenn es zum Beispiel darum ging, ob $0,9$ gleich 1 ist.

Mathis war für uns immer ein Ansprechpartner, da man sich mit ihm durch sein breites Fachwissen über fast alles unterhalten konnte. Mit seiner ruhigen, aber Interesse weckenden Vortragsart schaffte er es, sogar die schwierigsten Dinge so zu vermitteln, dass auch wirklich jeder sie absolut verstand. Auch beim Joggen war er jedes Mal dabei.

Max war mit vielen Vorkenntnissen in den Kurs gestartet, die er uns gerne mitteilte. Er hatte ein gutes Verständnis für die Kursthemen und blieb gelassen. Maybritt versuchte immer, Themen zu behandeln, die Max unbekannt waren, scheiterte jedoch oft. Außerdem strahlte er während des Kurses Intelligenz und Ruhe aus.

Nils zeigte sich uns als eine Person, die gerne lacht. Er hatte immer gute Ideen, und man konnte ihn jederzeit fragen, wenn man etwas nicht verstanden hatte. Er spielte Trompete im Akademieorchester. Nils war ein guter Freund, und man konnte sich auf ihn verlassen.

Robin war sehr aktiv und machte den ganzen Tag Sport. Zum Beispiel spielte er Basketball oder zeigte, dass er ein toller Tänzer ist. Im Kurs arbeitete er motiviert mit und bewies eine schnelle Auffassungsgabe für neue Tricks, dessen Vorführung er in der wenigen Freizeit perfektionierte. Gleichzeitig war er immer für einen Spaß gut und stets hilfsbereit.

Theresa war immer motiviert und voll konzentriert bei der Sache. Sie erfasste flink und geschickt komplexe mathematische Zusammenhänge: Bei Knobeleien blieb sie hartnäckig, bis die Lösung des Problems ihren Ansprüchen genügte. Dabei erreichte sie mit ihrer Wissbegierde oft die Grenzen des Kursinhaltes, und schließlich bereicherte sie den ganzen Kurs mit ihren eigenen weiterführenden Theorien. Zusätzlich zauberte auch ihre humorvolle Art uns anderen regelmäßig ein Lächeln auf die Lippen!

Lennart R. war immer sehr fröhlich und wirkte sich mit seiner positiven Energie motivierend auf den Kurs aus. Er brachte immer wieder neue lustige Ideen in den Kurs ein. So war er auch in der gesamten Akademie für seine „Sockenstudien“ bekannt, die er jeden Morgen im Plenum vorstellte und an denen sich alle Teilnehmer der Akademie begeistert beteiligten.

Abgesehen davon konnte er sehr gut erklären und zeigte ein sehr breit gestreutes Fachwissen, das angefangen von komplexen mathematischen Zusammenhängen bis hin

zum ausführlichen Fachsimpeln über Harry Potter reichte.

Er unterstützte uns bei allem, so gut er konnte, und war für jeden von uns da. Auch bei der Wasserbombenschlacht, die unser Kurs letztendlich gewann, verteidigte er unseren Kurs mit vollem Einsatz. Zusammenfassend kann man sagen, dass Lennart nicht nur für unseren Kurs, sondern auch für die gesamte Akademie, eine Bereicherung war und wir alle sehr froh sind, dass er dabei war!



Birgit steckte mit ihrer ehrlichen Begeisterung für Mathematik den ganzen Kurs an und sorgte für eine fröhliche und humorvolle Atmosphäre in den Kursschienen. Während sie Zaubertricks inszenierte oder neue Themen einführte, war sie stets so motivierend und ausdauernd wie beim morgendlichen Frühjoggen.

Begeistert ging sie auch auf die häufigen Themenwünsche der Teilnehmer ein und schaffte es, zu jeder noch so spezifischen Frage eine anschauliche Erklärung zu finden.

Maybritt – immer positiv gelaunt, hochmotiviert und voll konzentriert – konnte perfekt erklären, zuhören und war auch immer für einen Lacher gut. Ihre Energie war ein echtes Plus für den Kurs, der sich dank ihrer Motivation lerneifrig auf die Kursinhalte stürzte. Sie hat uns immer genau so viele Tipps gegeben, dass man noch Spaß daran hatte, es selber herauszufinden. Außerdem ist sie extrem sportlich und eine tolle Fotografin.

Einleitung

FRANKA MÜLLER

In diesem Jahr wurde im Mathekurs gerechnet, geknobelt und gezaubert. Und das nicht nur mit Zahlen, sondern vor allem auch mit Karten. Den Tricks wurde anschließend auf den Grund gegangen: Wir zwölf Teilnehmerinnen und Teilnehmer suchten für diese dann mathematische Beweise. Dafür tauchten wir tiefer in die Materie ein, gingen über den gewöhnlichen Schulstoff hinaus und beschäftigten uns teilweise sogar mit Uni-Mathematik. Durch unsere gut gelaunten Kursleiterinnen Birgit und Maybritt und unseren super engagierten Schülermentor Lennart wurden auch schwierigere Themen nie allzu kompliziert und schon gar nicht langweilig.

In der Gruppe kamen oft interessante Fragestellungen auf, die uns alle vor neue Herausforderungen stellten. Aber auch hitzige Diskussionen über Unendlichkeit und $0,\bar{9}$ gehörten zu unserem Tagesplan. Die Stimmung war stets gut und entspannt. Pausen verbrachten wir bei fast immer schönem Wetter draußen, wo wir Spiele mit ominösen Namen wie „Oma-Jäger-Bär“, „Ninja“ oder unser selbst kreiertes „Mathe-Amöbe“ spielten. Unsere Teamfähigkeit stellten wir mit einem Sieg bei der Wasserbombenschlacht und einem grandiosen zweiten Platz beim diesjährigen Sportfest unter Beweis.



Exkursion

HENRIKE WEHSE

Unsere Exkursion ging nach Heidelberg in eine Ausstellung namens „La La Lab“, die sich mit der Mathematik der Musik beschäftigte. Schon

der Weg dorthin war sehr unterhaltsam, wir haben Karten gespielt und Klatschrhythmen eingeübt. Außerdem erzählte uns Birgit etwas über den Ursprung der Organisation, welche die Ausstellung veranstaltete. In der Ausstellung angekommen, die freundlicherweise trotz Sommerpause für uns öffnete, bewunderten wir zunächst die zahlreichen Bilder von Preisträgern der Mathematik und Informatik, die im Eingangsbereich ausgestellt waren. Danach bekamen wir eine Führung von Maybritt und probierten gemeinsam schon einige der Exponate aus.

Anschließend hatten wir Zeit, uns auf eigene Faust weiter umzusehen. Dabei stießen wir zum Beispiel auf zwei Mikrofone, die Töne als Lissajous-Figuren darstellten, und ein Exponat, das angespielte Melodien selbstständig vervollständigte. Des Weiteren sahen wir einen Computer, der verschiedene Instrumente zu komplett neuen Instrumenten kombinierte und einem dann vorspielte, wie sie klingen würden, sowie viele weitere verblüffende Ausstellungsstücke.

Mittags verließen wir die Ausstellung und genossen draußen auf einer Wiese gemeinsam unser mitgebrachtes Essen. Später schauten wir uns den Film „Die Poesie des Unendlichen“ über den indischen Mathematiker Srinivasa Ramanujan, der Anfang des 20. Jahrhunderts lebte, an. Zum Schluss bekam jeder von uns ein Buch zu der Ausstellung der Preisträger im Eingangsbereich geschenkt. Mit Bahn und Bus fuhren wir dann wieder zurück nach Adelsheim, wobei uns der Busfahrer am Ende netterweise sogar noch ein Stück weiter als zur regulären Haltestelle brachte. So waren wir noch pünktlich zum Abendessen wieder da.



Spiegelzahl-Trick

JULIA ARNEGGER

Mithilfe dieses unkomplizierten, aber dennoch für den Zuschauer verblüffenden Zahlentricks könnt ihr so manchen eurer Freunde „verzaubern“ und zum Staunen bringen: Der Zahlentrick „Spiegelzahl“ basiert auf der Quersummenregel für die Teilbarkeit von neun und benötigt deshalb zur magischen Vorführung neben Stift, Papier und Publikum nicht viel mehr als simples Kopfrechnen.

Anleitung für Zauberer

1. Zuerst wird von euch eine Person aus dem Publikum (Freundeskreis, Familie, etc.) gebeten, sich eine vierstellige, möglichst abwechslungsreiche Zahl zu überlegen und diese für den Zauberer verdeckt zu notieren. Diese vierstellige Zahl wird in diesem Fall durch die Variablen $abcd$ verdeutlicht, wobei jede einzelne Variable eine Ziffer der Publikumszahl symbolisiert. Beispiel: $abcd = 3421$ ($a = 3, b = 4, c = 2, d = 1$).

Achtung: $abcd$ darf nicht symmetrisch sein (z. B. $abba$ oder $aaaa$), da später ansonsten das Ergebnis der Rechnung $wxyz = 0$ wäre.

2. Im nächsten Schritt wird die ausgewählte Person dazu aufgefordert, zusätzlich zu der Ursprungszahl $abcd$ ihre dazugehörige Spiegelzahl $dcba$ zu notieren. Daraufhin wird nun, ebenfalls für den Zauberer verdeckt, die Differenz zwischen $abcd$ und $dcba$ gebildet, sodass man ein Ergebnis, hier ausgedrückt durch die Variablen $wxyz$, erhält.

| allgemeine Form: | Beispiel: |
|----------------------------|----------------------------|
| $abcd$ | 3421 |
| $-dcba$ | -1243 |
| <hr style="width: 100%;"/> | <hr style="width: 100%;"/> |
| $wxyz$ | 2178 |

Achtung: Wenn $dcba > abcd$, dann müssen Minuend $abcd$ und Subtrahend $dcba$ vertauscht werden, um ein positives Ergebnis zu erhalten.

3. Anschließend darf sich die Person aus den vier Stellen des Ergebnisses $wxyz$ eine Ziffer zwischen 1 und 9 auswählen, die nun im Ergebnis gestrichen wird. Der „Aufenthaltsort“ der gestrichenen Ziffer muss nicht mehr für den Ma-

gier ersichtlich sein, denn der Trick funktioniert auch, wenn dieser für den Zauberer unbekannt ist. Beispiel: $2178 \rightarrow 21_8$

Achtung: Die 0 darf nie gestrichen werden, da sonst das Aufsummieren auf das nächste Neunerprodukt nicht eindeutig ist.

4. Im weiteren Verlauf wird die Person gebeten, dem Magier die nun unvollständige Zahl (hier: $wx_z = 21_8$) zu zeigen.

5. Der Magier läutet seinen Zauber mithilfe der Worte „Im Folgenden werde ich nun die verlorenen gegangene Ziffer wieder herbeizubehalten! Sehen und staunen Sie!“ ein, berechnet im Kopf die Quersumme des unvollständigen Ergebnisses $wxyz$ und ergänzt dieses auf die passende durch 9 teilbare Zahl. Er addiert also auf ein Produkt von 9. Die gestrichene Ziffer (hier: y) berechnet sich durch die Subtraktion der Quersumme der Zahl wx_z von der nächstliegenden durch 9 teilbaren Zahl.

Beispiel: 21_8

→ Bildung der Quersumme: $2 + 1 + 8 = 11$

→ nächste durch 9 teilbare Zahl: 18

→ Differenz: $18 - 11 = 7$

→ Gestrichene Ziffer: 7

6. Der Magier verkündet dem Zuschauer stolz die gestrichene Ziffer.



Mathematischer Beweis

Allgemein ist unser Spiegelzahltrick nach folgender Form aufgebaut:

$$\begin{array}{r} abcd \\ -dcba \\ \hline wxyz \end{array}$$

Diese Subtraktion lässt sich aber auch noch anders aufschreiben; und zwar indem man die einzelnen Zahlen in ihre Bestandteile entsprechend der Stellen der einzelnen Ziffern aufdrückt:

$$\begin{array}{r} a \cdot 1000 + b \cdot 100 + c \cdot 10 + d \cdot 1 \\ -(d \cdot 1000 + c \cdot 100 + b \cdot 10 + a \cdot 1) \\ \hline wxyz \end{array}$$

Durch Vereinfachen des Terms kommen wir auf die Form des finalen Terms $wxyz$, welcher schlichtweg die Differenz $abcd - dcba$ in einer anderen Schreibweise verdeutlicht:

$$\begin{aligned} wxyz &= a \cdot 1000 + b \cdot 100 + c \cdot 10 + d \cdot 1 \\ &\quad - (d \cdot 1000 + c \cdot 100 + b \cdot 10 + a \cdot 1) \\ &= a \cdot 1000 + b \cdot 100 + c \cdot 10 + d \cdot 1 \\ &\quad - d \cdot 1000 - c \cdot 100 - b \cdot 10 - a \cdot 1 \\ &= a \cdot (1000 - 1) + b \cdot (100 - 10) \\ &\quad + c \cdot (10 - 100) + d \cdot (1 - 1000) \\ &= a \cdot 999 + b \cdot 90 - c \cdot 90 - d \cdot 999 \end{aligned}$$

Dabei lässt sich eine Auffälligkeit des Terms feststellen: Jeder Summand des Terms ist durch 9 teilbar, da jeder Summand aus einem durch neun teilbaren Faktor gebildet wird (± 999 oder ± 90). Folglich ist der ganze Term und daher auch $wxyz$ durch neun teilbar, da er aus durch neun teilbaren Summanden besteht.

Beispiel: $wxyz = 2178 \Rightarrow 2178$ ist ohne Rest durch neun teilbar ($2178 : 9 = 242$).

Genau diese Eigenschaft der Teilbarkeit unseres Ergebnisses $wxyz$ durch 9 können wir Magier uns nun zu Nutze machen, indem wir die Teilbarkeitsregel für die Zahl 9 an $wxyz$ anwenden: „Eine Zahl ist genau dann durch 9 teilbar, wenn ihre Quersumme durch 9 teilbar ist!“

Also: $wxyz$ teilbar durch 9 $\Leftrightarrow w + x + y + z$ teilbar durch 9

2178 teilbar durch 9 $\Leftrightarrow 2 + 1 + 7 + 8 = 18$ teilbar durch 9

Demzufolge muss die Quersumme von $wxyz$ durch 9 teilbar sein. Fehlt nun wie in unserem Fall eine Ziffer des Ergebnisses und damit

ein Summand für die vollständige Quersumme, kann man die unvollständige Quersumme auf die nächste durch 9 teilbare Zahl erweitern. Der hinzugefügte Summand zur Erweiterung bildet die gesuchte Ziffer.

Allgemein: $wx_z \rightarrow w + x + ? + z$ durch 9 teilbar

Beispiel: $21_8 \rightarrow 2 + 1 + ? + 8$ durch 9 teilbar
 $\rightarrow 11 + ?$ durch 9 teilbar
 $\rightarrow 11 + ? = 18, \Rightarrow ? = 7$.

Achtung: Ergibt die Quersumme bereits einen vollständigen Teiler von 9, so gäbe es zwei Möglichkeiten für den fehlenden Summanden, 0 und 9. Diese Problematik wurde jedoch vorhin umgangen, indem es dem Zuschauer nicht erlaubt wurde, die 0 als zu streichende Ziffer zu wählen. Dieses Verbot kann mit etwas Übung charmant überspielt werden, indem man sich eine kreative Begründung ausdenkt (z. B. „Die Null ist quasi nichts und deshalb viel zu einfach für den Zauberer zu erraten“) oder im Voraus die Definitionsmenge für die gestrichene Ziffer von 1–9 festlegt.



Kurzer Beweis: Quersummenregel

Wir wählen eine beliebige vierstellige Zahl $abcd$.

$$\begin{aligned}abcd &= a \cdot 1000 + b \cdot 100 + c \cdot 10 + d \cdot 1 \\ &= 1 \cdot (a + b + c + d) \\ &\quad + a \cdot 999 + b \cdot 99 + 9 \cdot c + 0 \cdot d\end{aligned}$$

$a \cdot 999 + b \cdot 99 + 9 \cdot c + 0 \cdot d$ ist immer durch 9 teilbar, da jeder Summand durch 9 teilbar ist. $1 \cdot (a + b + c + d)$ ist die Quersumme von $abcd$. Folglich ist der ganze Term durch 9 teilbar, genau dann, wenn der Summand „Quersumme“ auch durch 9 teilbar ist.

5. Wurzel-Ziehen

THERESA FRETZ

$$x^5 = 52.521.875$$

Welche Zahl ist x ?



Ein gewöhnlicher Mathematiker benötigt dafür einen Taschenrechner, doch ein geschickter Zauberer kann sich auch ohne weiterhelfen. Zunächst wird von einem Zuschauer eine natürliche, zweistellige Zahl ab ausgewählt. Anschließend wird diese Zahl mit fünf potenziert: $(ab)^5$. Der Zauberer bekommt nur das Ergebnis der Rechnung zu sehen. Seine Aufgabe ist es, auf die Zahl ab zu kommen. Dafür muss er diese wichtigen, zwei Schritte beherzigen:

Zunächst betrachtet er die letzte Ziffer des Ergebnisses, in dem vorherigen Beispiel ist das die Ziffer 5. Diese entspricht der Ziffer b . Somit weiß der Zauberer, dass $b = 5$ ist. Dies funktioniert, da die Zehnerziffer keinen Einfluss auf die Einerziffer hat. Zudem lässt sich an der unten stehenden Tabelle der Fünferpotenzen von null bis zehn erkennen, dass beim Potenzieren mit fünf die Einerziffer des Ergebnisses der Einerziffer der Ausgangszahl entspricht.

| | | | | | |
|-------|---|----|-----|------|------|
| x | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| x^5 | 1 | 32 | 243 | 1024 | 3125 |

| | | | | | |
|-------|------|-------|-------|-------|--------|
| x | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| x^5 | 7776 | 16807 | 32768 | 59049 | 100000 |

Um a herauszufinden, streicht der Zauberer in Gedanken die letzten fünf Ziffern des Ergebnisses. Diesen Schritt führt der Zauberer aus, da

wir die Rechnung $(ab)^5$ auch wie folgt schreiben können:

$$\begin{aligned} & (a \cdot 10 + b \cdot 1)^5 \\ &= (a \cdot 10)^5 + 5 \cdot (a \cdot 10)^4 \cdot (b \cdot 1)^4 + \dots \\ &= a^5 \cdot 10^5 + 5 \cdot (a \cdot 10)^4 + b \cdot 1^4 + \dots \end{aligned}$$

Durch die 10^5 hat die Zahl a^5 keine Auswirkung auf die letzten fünf Ziffern. Deswegen werden diese gestrichen. Bei unserem Beispiel bleibt dann noch 525 übrig.

Die übrig bleibende Zahl liegt zwischen zwei 5er-Potenzen von eins bis zehn. Die 525 aus unserem Beispiel liegt zwischen $3^5 = 243$ und $4^5 = 1024$. Die fünfte Wurzel aus der kleineren Potenz liefert die Ziffer a . Die kleinere Potenz beträgt bei unserem Beispiel $3^5 = 243$. Die fünfte Wurzel beträgt somit 3, was wiederum a entspricht. Letztendlich muss der Zauberer die Ziffern nur noch zusammensetzen und weiß dadurch:

$$\sqrt[5]{52.521.875} = 35.$$



3er-System

MAKSYMILIAN FUDALI

Ein Stellenwertsystem ist ein Positionssystem. Wenn wir wie gewohnt rechnen, befinden wir uns im 10er-System. Also zum Beispiel nehmen wir die Zahl 479. Die 9 befindet sich an der 1er-Stelle, also rechnet man $9 \cdot 1$. Die Zahl 7 steht an der 10er-Stelle, also rechnet man $7 \cdot 10$, und die Zahl 4 steht an der 100er-Stelle, also rechnet man $4 \cdot 100$. Die Wertigkeiten der Stellen, also 1, 10 und 100, sind die ersten Zehnerpotenzen.

Der Index gibt an, in welchem System man rechnet.

$$(479)_{10} = 4 \cdot 10^2 + 7 \cdot 10^1 + 9 \cdot 10^0$$

Im 3er-System rechnet man nicht mit 10er-Potenzen, sondern mit 3er-Potenzen. Außerdem werden im 10er-System zehn Ziffern (0-9) verwendet, im 3er-System werden dementsprechend nur drei Ziffern (0-2) benutzt. Zum Beispiel, um die Zahl 14 im 3er-System darzustellen, schreibt man 112. Wenn man das ausschreibt, sieht es folgendermaßen aus:

$$(14)_{10} = 1 \cdot 3^2 + 1 \cdot 3^1 + 2 \cdot 3^0 = (112)_3$$

Löst man die Potenzen auf, dann sieht die Gleichung so aus:

$$14 = 1 \cdot 9 + 1 \cdot 3 + 2 \cdot 1 = (112)_3.$$

| | | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 10er System | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 3er System | 001 | 002 | 010 | 011 | 012 |

| | | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 10er System | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 3er System | 020 | 021 | 022 | 100 | 101 |

| | | | | | |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 10er System | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 3er System | 102 | 110 | 111 | 112 | 120 |



27er-Trick

LENNART HOLLAND

Präsentation

Zu Beginn des Tricks wird ein Freiwilliger nach vorne gebeten. Dieser soll nun das Deck mischen, sich eine Karte aussuchen, danach das

Deck nochmal mischen. Außerdem soll er dem Zauberer eine Zahl zwischen 1 und 27 nennen. Nun nimmt der Zauberer das Deck an sich, legt es in drei Spalten mit jeweils 9 Karten in folgender Reihenfolge aus:

| | | |
|-----|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| 4 | 5 | 6 |
| 7 | 8 | 9 |
| ... | | |

Dann fragt er den Zuschauer, in welcher dieser drei Spalten sich seine Karte befindet. Der Zuschauer nennt ihm diese. Daraufhin wiederholt der Zauberer den Vorgang noch weitere zwei Mal. Am Ende erinnert er sich an die vorhin genannte Zahl und erstaunlicher Weise liegt die Karte des Zuschauers genau an der vorhin vom Zuschauer genannten Stelle.



Erklärung

Sobald der Zuschauer die Zahl nennt, muss der Zauberer im Kopf rechnen. Zum Beispiel für die Zahl 23:

| | |
|----------------|---|
| Zahl – 1 | 23 – 1 = 22 |
| Ins 3er System | 22 = (211) ₃ |
| Umdrehen | (211) ₃ → (112) ₃ |

Der Zauberer hat bei jedem Durchgang mehrere Möglichkeiten die Spalten zusammenzulegen. Dabei legt er immer die Spalte mit der Karte des Zuschauers an eine errechnete Position. Die Positionen errechnet man wie folgt: 0 → Oben, 1 → Mitte, 2 → Unten. Also:

$$(112)_3 \rightarrow \text{Mitte, Mitte, Unten.}$$

Jetzt, wenn der Zauberer die Positionen kennt, legt er einfach nach jedem Austeilen die Spalte mit der Zuschauerkarte an die errechnete Position, also über, unter oder zwischen die beiden anderen Spalten. In der Tabelle sieht man die Zahlen von 1 bis 27 und die zugehörige Anleitung zum Austeilen.

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| OOO | MOO | UOO | OMO | MMO |
| 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| UMO | OUO | MUO | UUO | OOM |
| 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| MOM | UOM | OMM | MMM | UMM |
| 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |
| OUM | MUM | UUM | OOU | MOU |
| 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| UOU | OMU | MMU | UMU | OUU |
| 26 | 27 | | | |
| MOU | UUU | | | |

Anschließend liegt die Karte des Zuschauers an der vorher von ihm genannten Stelle.

Vollständige Induktion

LEONIE SCHULTE

Die vollständige Induktion ist eine Methode, die in der Mathematik verwendet wird, um Beweise durchzuführen. Sie wird gebraucht, um zu zeigen, dass eine Aussage für unendlich viele natürliche Zahlen gilt, da man die Aussage nicht für jede einzelne natürliche Zahl, also unendlich viele einzelne Zahlen, herleiten kann. Die Idee der vollständigen Induktion ist es daher zu zeigen, dass, wenn die Aussage für n korrekt ist, sie auch für $n + 1$, also für den Nachfolger stimmt.

Dies kann man mit dem Prinzip des Dominoeffekts veranschaulichen: Als Ziel setzt man sich,

die Aussage für jedes n zu beweisen, weshalb man zunächst damit beginnt, die Aussage für $n = 1$ und $n = 2$ zu prüfen. Stimmt das, so würden die ersten beiden Dominosteine fallen. Nun nimmt man folgendes an: Wenn der Stein n umfällt, ist die Aussage für n bewiesen. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass man mit der vollständigen Induktion zwei Dinge zeigen muss:

1. Die Aussage gilt für den ersten Stein.
2. Die anderen Steine müssen eng genug stehen, sodass alle umfallen.



Im Kurs haben wir uns die vollständige Induktion anhand der Gaußschen Summenformel erarbeitet, welche wir dann auch mit dieser Methode im Kurs bewiesen haben. Die Gaußsche Summenformel besagt: Für jedes $n \in \mathbb{N}$ gilt

$$1 + 2 + 3 + \dots + n = \frac{n(n + 1)}{2}.$$

Um die Formel nun zu beweisen, bearbeitet man mehrere Schritte:

Induktionsanfang:

Der Induktionsanfang ist enorm wichtig. Denn wenn die Aussage für den ersten „Dominostein“ nicht stimmt, dann ist die ganze Induktion nicht korrekt. Hier setzt man für $n = 1$ ein:

Induktionsanfang (I.A.):

$$1 = \frac{1 \cdot 2}{2} \Leftrightarrow 1 = 1$$

Induktionsschritt $n \rightarrow n + 1$:

Nun führt man den Induktionsschritt durch, in dem man die Aussage für $n + 1$ zeigt.

Dafür stellt man zunächst die Induktionsvoraussetzung auf, in der man die Aussage für n als gültig stellt. Das ist erlaubt, da man beim Induktionsanfang nachgeprüft hat, dass die Formel für ein n gilt, nämlich für 1.

Induktionsvoraussetzung (I.V.):

$$1 + 2 + \dots + n = \frac{n(n + 1)}{2}$$

Jetzt kommt die Induktionsbehauptung. Hierbei ersetzt man in der Formel aus der Induktionsvoraussetzung jedes n durch ein $n + 1$, um zu behaupten, dass die Formel auch für $n + 1$ gilt.

Induktionsbehauptung (I.B.):

$$1 + 2 + \dots + n + (n + 1) = \frac{(n + 1)(n + 2)}{2}$$

Als letzten Schritt führt man den Beweis durch. Dazu setzt man den linken Teil der Induktionsbehauptung mit dem rechten Teil der Induktionsvoraussetzung gleich und addiert bei der Induktionsvoraussetzung $n + 1$. Nun führt man Umformungen durch.

Beweis:

$$\begin{aligned}
 1 + 2 + \dots + (n + 1) &= \frac{n(n + 1)}{2} + (n + 1) \\
 1 + 2 + \dots + (n + 1) &= \frac{n(n + 1) + 2(n + 1)}{2} \\
 &\rightarrow (n + 1) \text{ ausklammern:} \\
 1 + 2 + \dots + (n + 1) &= \frac{(n + 1)(n + 2)}{2} \\
 &\text{q.e.d}
 \end{aligned}$$

Da wir nun nach den Umformungen gezeigt haben, dass die Formel auch für $n + 1$ Zahlen gilt, gilt die Formel für unendlich viele natürliche Zahlen.

Gilbreath-Trick

NILS SCHÄFFNER

Einleitung

Der Zauberer zählt einen Kartenstapel von oben ab, lässt einen Zuschauer irgendwann (eher mittig) „Stopp“ sagen und mischt das Deck an dieser Stelle durch. Danach zählt er die Karten von oben immer abwechselnd auf zwei gleichgroße Stapel ab und verteilt die Karten eines Stapels nach Belieben an Zuschauer. Nun schafft es der Zauberer, wie durch Magie die Kartenfarben der Zuschauer zu erraten!

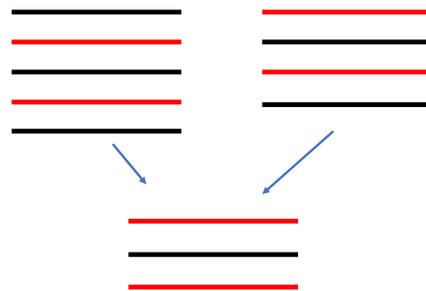


Durchführung

1. Bereite das Kartenspiel so vor, dass rote und schwarze Karten abwechselnd liegen (insgesamt benötigt man also eine gerade Kartenanzahl).
2. Zeige das Deck dem Zuschauer grob aufgefächert und beginne von der Oberseite des Decks einzeln Karten abzuzählen.
3. Führe den „Riffle Shuffle“ durch.
4. Bilde zwei gleichgroße Stapel, wie in der Einleitung erklärt.
5. Verteile einen Stapel im Publikum und lass die Zuschauer in der Reihenfolge, in der die Karten ausgeteilt wurden, eine Aussage über ihre Kartenfarbe (rot/schwarz) treffen.
6. Nun kannst du an deinen Karten ablesen, ob die Zuschauer die Wahrheit sagen oder lügen, da du immer die andere Farbe als der Zuschauer in deinem Stapel hast. Sagt der Zuschauer also deine eigene Kartenfarbe, lügt er und ist entlarvt.

Erklärung

Die Rot-Schwarz-Sortierung des vorgefertigten Stapels ändert sich durch das Abzählen nicht. Nur die Gegenfarbe zur unteren Karte des Stapels wandert an die unterste Stelle des neuen Stapels. Durch den Riffle Shuffle ändert sich zwar die Reihenfolge von Rot und Schwarz, jedoch bilden sich immer rot-schwarz Paare. Beispiel siehe Foto und Grafik.



Kartenfarben beim Riffle Shuffle

Durch das Verteilen auf zwei gleichgroße Stapel wird dem Zuschauer eine Karte zugeteilt und dem Zauberer immer die zugehörige Gegenkarte.

Beweis durch vollständige Induktion

Behauptung:

Der Trick funktioniert für n rote und n schwarze Karten. Beweis der Behauptung durch Induktion nach n .

Induktionsanfang:

$n = 1$. Eine rote und eine schwarze Karte \Rightarrow Pärchen (Trick funktioniert).

Induktionsschritt $n \rightarrow n + 1$:

Induktionsvoraussetzung:

Trick klappt mit n roten und n schwarzen Karten.

Induktionsbehauptung:

Trick klappt mit $n+1$ roten und $n+1$ schwarzen Karten.

Beweis:

Kartenspiel besteht aus $2(n + 1)$ Karten, rot und schwarz abwechselnd. Dann wurden Kar-

ten heruntergezählt. Da die unterste und oberste unterschiedliche Farben hatten, haben die beiden untersten Karten der zwei Stapel nun ebenfalls verschiedene Farben. Betrachtung der roten Karte rechts unten. Wo liegt sie nach dem Riffle Shuffle? Wir betrachten drei Fälle.

- (i) Ganz unten: Über ihr liegt die schwarze Karte aus dem rechtem Stapel oder die unterste, ebenfalls schwarze, Karte aus dem linken Stapel.
- (ii) Als zweite von unten \Rightarrow Darunter liegt eine schwarze Karte vom linken Stapel.
- (iii) Als dritte von unten oder darüber \Rightarrow Unterste Pärchen: rote und schwarze Karte von links.

\Rightarrow Die untersten zwei Karten bilden in jedem Fall ein Pärchen. Darüber liegen ebenfalls immer nur Pärchen nach Induktionsvoraussetzung.



Schubfachprinzip

MARA MERX

Einführung

Alltagsbeispiel:

Wenn man fünf von unseren tollen Akademie T-Shirts hat, einem aber nur vier Schubladen zur Verfügung stehen, dann müssen sich in einer der vier Schubladen mindestens zwei T-Shirts befinden.

Allgemein formuliert:

Wenn man eine bestimmte Anzahl an Schubfächern zu Verfügung hat, aber mehr Objekte als Fächer, dann muss es ein Fach mit mehreren Objekten geben.

Mathematisch ausgedrückt:

Wenn man m Objekte auf n Schubfächer aufteilt und $m > n$ ist, dann muss es mindestens ein Schubfach geben, das mindestens zwei Objekte enthält.

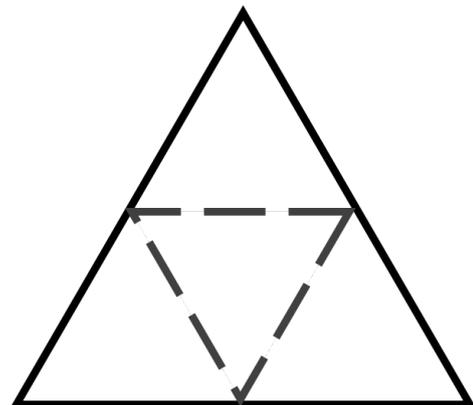
Beweisen mit dem Schubfachprinzip

Beispiel 1:

Wir schießen mit einem Luftgewehr auf ein Ziel in Form eines gleichseitigen Dreiecks, dessen Seiten die Länge 2 besitzen. Dabei treffen wir fünf Mal.

Zu zeigen: Es gibt mindestens zwei Treffer, deren Abstand ≤ 1 ist.

Beweis: Wir teilen das Dreieck in vier gleich große „Schubfächer“, mithilfe der Mittelparallelen, auf.



Aufteilen des Dreiecks

Somit beträgt die Seitenlänge eines dadurch entstandenen Dreiecks 1. Nach dem Schubfachprinzip liegen von den fünf Punkten mindestens zwei im selben kleinen Dreieck, sodass der Abstand dieser Punkte ≤ 1 ist.

Schubfächer: 4 kleine Dreiecke

Objekte: 5 Schüsse

Beispiel 2:

In jeder Gruppe von mindestens zwei Personen gibt es zwei, welche die gleiche Anzahl von Bekannten innerhalb dieser Gruppe haben. (Bekannt sein ist hierbei symmetrisch.) Wenn eine Person $n - 1$ (also alle anderen) Personen kennt, dann kann niemand 0 (also keine) Personen kennen. Deshalb ist entweder

das Schubfach 0 oder das Schubfach $n - 1$ nicht besetzt. Daher gibt es immer mindestens ein Schubfach, in welches zwei Personen müssen.

Schubfächer: $n - 1$ mögliche Anzahlen an Bekannten

Objekte: n Personen



Dies lässt sich lösen, da aus $a \equiv b \pmod{n}$ auch $a \cdot x \equiv b \cdot x \pmod{n}$ folgt.

$$3^1 \equiv 3 \pmod{5}$$

$$3^2 \equiv 3 \cdot 3 \equiv 4 \pmod{5}$$

$$3^3 \equiv 4 \cdot 3 \equiv 2 \pmod{5}$$

$$3^4 \equiv 2 \cdot 3 \equiv 1 \pmod{5}$$

$$3^5 \equiv 1 \cdot 3 \equiv 3 \pmod{5}$$

Demnach sind Dreierpotenzen immer nacheinander kongruent 3, 4, 2 und 1. Es ergibt sich ein Muster.

Da $2019 \equiv 3 \pmod{4}$, muss $3^{2019} \pmod{5}$ kongruent zu der dritten dieser Zahlen sein. Also:

$$3^{2019} \equiv 2 \pmod{5}.$$

Modulo-Rechnung

MAX JOST

Eines der mathematischen Prinzipien hinter dem Unmöglich-Trick ist die Modulo-Rechnung, mit der wir uns im Kurs auseinandergesetzt haben.

Definition

Sei n eine beliebige natürliche Zahl. Zwei Zahlen $a, b \in \mathbb{Z}$ (das bedeutet, dass a und b ganze Zahlen sind) sind kongruent modulo n , wenn sie beim Teilen durch n den gleichen Rest lassen. Schreibweise:

$$a \equiv b \pmod{n}$$

Das klingt zuerst sehr kompliziert, ist es aber nicht. Beispiele sind: $7 \equiv 12 \pmod{5}$, da $7 : 5 = 1$ Rest 2 und $12 : 5 = 2$ Rest 2, beim Teilen durch 5 lassen also beide den Rest 2. Ein alltägliches Beispiel für das Benutzen der Modulo-Rechnung ist eine Uhr. Bei 3 Uhr mittags kann man entweder 3 Uhr oder 15 Uhr verwenden, da $3 \equiv 15 \pmod{12}$.

Beispielaufgabe

Im Kurs haben wir zum Beispiel folgende Aufgaben gelöst: Was ist

$$3^{2019} \pmod{5}?$$



Kombinatorik

ROBIN CAREY

Im Kurs haben wir uns mit dem Thema der Kombinatorik befasst. Hier ist eine Zusammenfassung unserer Ergebnissen, die wir anhand der vier Fälle der Kombinatorik ausgearbeitet haben. Sei $n =$ Auswahlmöglichkeiten und $k =$ tatsächliche Menge an verfügbaren Plätzen oder Anzahl der ausgewählten Elemente.

| | Ziehen mit Zurücklegen | Ziehen ohne Zurücklegen |
|---------------------------|------------------------|-------------------------|
| Reihenfolge wichtig | n^k | $\frac{n!}{(n-k)!}$ |
| Reihenfolge nicht wichtig | $\binom{n+k-1}{n-1}$ | $\binom{n}{k}$ |

Fall 1: Reihenfolge wichtig, mit Zurücklegen (Wiederholungen erlaubt)

Formel:

$$n^k$$

Beispiel: k -stelliges Passwort aus n Buchstaben.

Wie viele Möglichkeiten gibt es, ein 5-stelliges Passwort aus 4 Buchstaben (A, B, C, D) aufzustellen, wobei Buchstaben mehrmals vorkommen dürfen?

Rechnung: $4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 \cdot 4 = 4^5 = 1024$.



Fall 2: Reihenfolge wichtig, ohne Zurücklegen (Wiederholungen nicht erlaubt)

Formel:

$$\frac{n!}{(n - k)!}$$

Beispiel: Verteilungsmöglichkeiten von Gold-, Silber- und Bronze-Medaillen (k Ziehungen, hier 3) für n Personen (15 Personen).

Rechnung:

$$\begin{aligned} \frac{n!}{(n - k)!} &= n \cdot (n - 1) \cdot \dots \cdot (n - k + 1) \\ &= \frac{15!}{(15 - 3)!} = \frac{15!}{12!} \\ &= 15 \cdot 14 \cdot 13 = 2730 \end{aligned}$$

⇒ Es gibt 2730 Möglichkeiten der Vergabe der Medaillen.

Fall 3: Reihenfolge unwichtig, mit Zurücklegen

Formel:

$$\binom{n + k - 1}{n - 1}$$

Beispiel: n Sorten und k Flaschen.

Wie viele Möglichkeiten gibt es, 5 Flaschen zu kaufen, wenn 3 Sorten zur Auswahl sind?

Rechnung:

$$\begin{aligned} \binom{3 + 5 - 1}{3 - 1} &= \binom{7}{2} \\ &= \frac{7!}{(7 - 2)! \cdot 2!} = \frac{7 \cdot 6}{2 \cdot 1} = 21 \end{aligned}$$

⇒ Es gibt 21 Möglichkeiten, 5 Flaschen mit 3 Sorten zur Auswahl zu kaufen.



Fall 4: Reihenfolge unwichtig, ohne Zurücklegen

Formel:

$$\binom{n}{k}$$

Beispiel: k Dinge aus n auswählen

Wie viele Möglichkeiten gibt es, 3 Personen aus 15 auszuwählen?

Rechnung:

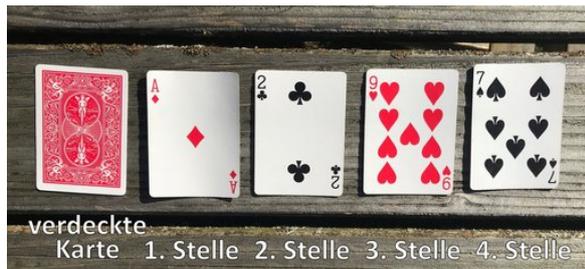
$$\begin{aligned} \binom{15}{3} &= \frac{15!}{(15 - 3)! \cdot 3!} \\ &= \frac{15 \cdot 14 \cdot 13}{3 \cdot 2 \cdot 1} = 455 \end{aligned}$$

⇒ Es gibt 455 Auswahlmöglichkeiten.

Unmöglich-Trick

MATHIS BUSSHOFF

Der Zauberer verlässt den Raum. Nun sucht sich ein Zuschauer fünf Karten aus einem normalen 52-Karten-Deck aus. Ein Helfer des Zauberers nimmt diese Karten, legt vier davon offen auf den Tisch und die fünfte Karte verdeckt daneben, wie im Foto gezeigt.



Karten beim Unmöglich-Trick

Der Zauberer kommt wieder in den Raum und kann nun „mit seinen magischen Fähigkeiten“ die verdeckte Karte bestimmen (in diesem Fall Karo-6).

Erklärung

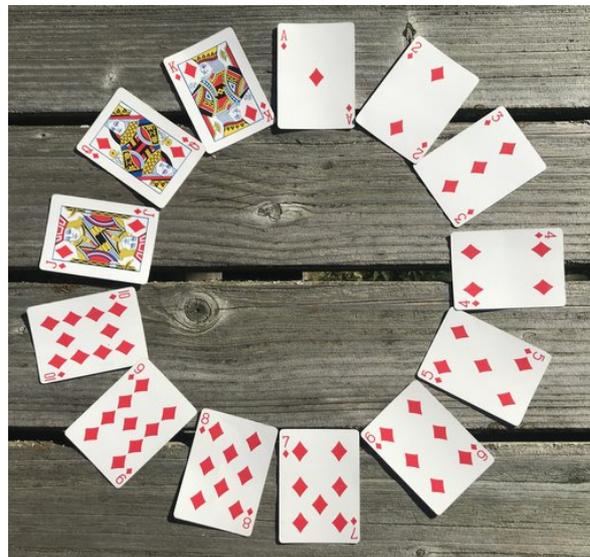
Was hier auf den ersten Blick unmöglich und wie Zauberei erscheint – vor allem wenn man bedenkt, dass noch 48 Karten an der verdeckten Stelle liegen könnten – ist es bei genauerem Hinsehen dann doch nicht, denn bei diesem Kniff wird mit drei mathematischen Prinzipien getrickst:

1. Schubfachprinzip

Da der Zuschauer fünf Karten aus dem 52-Karten-Deck aussucht, es aber nur vier Kartenfarben (Symbole) gibt, müssen mindestens zwei Karten die gleiche Kartenfarbe haben. (In diesem Fall Karo-Ass und Karo-6.) Davon muss der Helfer des Zauberers beim Vorführen des Tricks eine Karte an die verdeckte Stelle und die andere an die erste Stelle legen. Damit zeigt man dem Zauberer das Symbol der verdeckten Karte. Um zu entscheiden, welche davon an welchen Platz kommt, braucht man das nächste mathematische Prinzip.

2. Modulo-Rechnung

Vereinfacht kann man sich die Modulo-Rechnung hier wie eine Kartenuhr (siehe Abbildung) vorstellen, auf der man beliebig viele Schritte im Uhrzeigersinn laufen kann. Darauf liegen auch unsere beiden Karten mit derselben Kartenfarbe (Karo-Ass und Karo-6) und von einer der beiden zur anderen sind es immer maximal sechs Schritte zu laufen. So muss man in unserem Beispiel nur fünf Schritte von Karo-Ass zu Karo-6 laufen, jedoch acht Schritte von Karo-6 zu Karo-Ass.



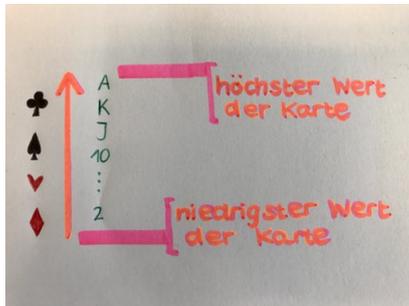
Kartenuhr

Die Karte, von der aus man weniger Schritte zur anderen braucht, legt der Helfer des Zauberers an die erste Stelle, sodass dieser nun weiß, dass er eine bestimmte Anzahl an Schritten auf der Kartenuhr von dieser Karte aus laufen muss, um die andere, verdeckte Karte zu bestimmen. Um allerdings zu wissen, wie weit man auf der Kartenuhr laufen muss, braucht man noch ein drittes mathematisches Prinzip.

3. Kombinatorik

Für diesen letzten Schritt muss der Helfer erst einmal die übrigen drei Karten nach ihrer Größe ordnen. Dabei sortiert er zuerst nach Kartenfarbe (wie beim Skat: Kreuz über Pik über Herz über Karo) und, wenn es unter den drei Karten noch zwei mit dem selben Symbol gibt, auch noch nach den Kartenwerten (von Ass absteigend).

Dadurch erhält man nun eine größte, eine mittlere und eine kleinste Karte. Durch die Kombinatorik (hier: mit Reihenfolge, ohne Zurücklegen) weiß man, dass es $3! = 3 \cdot 2 \cdot 1$, also genau sechs Möglichkeiten gibt, diese drei Karten anzuordnen.



Sortierung der Kartenwerte

Wenn man nun jeder dieser Anordnungsmöglichkeit eine Zahl von eins bis sechs zuordnet, und man weiß, dass es von der Karte an der 1. Stelle zu der Karte an der verdeckten Stelle auf der Kartenuhr maximal sechs Schritte

zu gehen sind, kann man die Schrittzahl, die der Zauberer auf der Kartenuhr gehen muss, folgendermaßen verschlüsseln:

| Schrittzahl | Sortierung |
|-------------|------------|
| 1 | kmg |
| 2 | kgm |
| 3 | mkg |
| 4 | mgk |
| 5 | gkm |
| 6 | gmk |

Zusammengefasst erhält man also aus der Kombination der Karten an der 2., 3., und 4. Stelle eine Schrittzahl, die auf der Kartenuhr von der Karte an der 1. Stelle aus laufen muss, um die fünfte, verdeckte Karte zu bestimmen.

Insgesamt steckt hinter diesem Trick also ganz schön knackige Mathematik. Dennoch ist es durch diese drei mathematischen Prinzipien machbar, die verdeckte Karte aus den 48 übrigen zu bestimmen. Somit wird aus dem „Unmöglich-Trick“ doch ein „Möglich-Trick“.



Kurs 5 – Ist der Mensch frei?



Vorwort

FARINA GERHARZ, ALEXANDER DROß,
JAKOB FREUDENBERGER

Kaum einem Wert in unserer Gesellschaft wird so viel Beachtung geschenkt wie der Freiheit. Schon früh wird unseren Kindern und Jugendlichen suggeriert, dass sie sich frei entscheiden und äußern können. So dürfen sie frei wählen, auf welche Schule sie gehen, frei sagen, was sie in unserer Gesellschaft stört, und unter anderem auch altersunabhängig für ihre Freiheit demonstrieren gehen.

Doch immer wieder stoßen schon die Kleinsten an die Grenzen ihrer Freiheit und müssen erkennen, dass ihre Eltern des Öfteren eine andere Vorstellung von Freiheit haben. Daher stellt sich die Frage, was denn genau diese Freiheit eigentlich ist und vor allem, ob der Mensch überhaupt frei ist?

Wir kennen viele Arten von Freiheit, so z. B. die Meinungs-, Presse- Handlungs- oder Willensfreiheit. Auch in der Geschichte der Philosophie

finden wir die unterschiedlichsten Facetten des Freiheitbegriffs. Daher war das erste Ziel des diesjährigen Philosophiekurses, sich auf einen Teilbereich der Freiheit, nämlich die Willensfreiheit, festzulegen. Der diesjährige Philosophiekurs – das bedeutet die beiden Kursleiter Alexander Droß und Farina Gerharz, deren überaus kompetenter und freundlicher Schülermentor Jakob Freudenberg und 12 begeisterte Jungphilosophen.

Nachdem wir zunächst das „Handwerkszeug“ des Philosophierens erarbeitet hatten, startete der Kurs umgehend mit der Arbeit an den philosophischen Texten zum Thema. In Gruppen- oder Einzelarbeiten wurden diese dann in allen erdenklichen Denkerposen, auf dem Sofa, im Nebenraum oder an einem sonnigen Plätzchen bearbeitet, um später genauer hermeneutisch analysiert bzw. interpretiert zu werden. Dabei entstanden nicht selten hitzige Diskussionen, bei denen die Argumente ausgewählter Philosophen unseren kritischen Denkweisen standhalten mussten oder aber völlig verworfen wurden.

Im zweiten Teil unserer Kursschiene lag dann der Fokus auf der praktischen Anwendung der Theorie auf unseren Alltag. Dazu gehörte unter anderem auch, die Philosophie einmal hautnah in einer echten Tropfsteinhöhle erleben zu können.

Wer so hart arbeitet, braucht ab und zu natürlich auch mal eine Denk- und Bewegungspause. Hierzu dienten – neben Tee und Gebäck aller Art – vor allem kleine Energizer, die mehr oder weniger sinnvoll erschienen, um wieder zu geistiger Kraft zu gelangen. Aber auch die Kooperationsspiele stießen auf große Begeisterung im Kurs. Sogar bei Spielen, deren Mehrwert anzuzweifeln war, zeigten sich alle Kursteilnehmer sehr ehrgeizig.

Selbst nach den zwei Wochen, in denen wirklich geistige Höchstleistungen erbracht wurden, nahmen sich unsere Teilnehmer noch einmal die Zeit, um die Leser im Folgenden über ihren Kurs zu informieren. Wir wünschen Ihnen viel Spaß und sagen herzlich Danke für eine unvergessliche Akademiezeit.

Philosophische Grundlagen

Die 5 Säulen des Philosophierens

DAVID



Die fünf Säulen

Bevor sich der Kurs spezifisch mit dem Gebiet der Freiheit auseinandersetzen konnte, widmete er sich am Eröffnungswochenende den 5 Säulen des Philosophierens – also der grundlegenden Methodik, mit denen jeder Themenbereich der Philosophie bearbeitet wird.

Präzise Begriffsdefinition

Die erste Säule wurde anhand folgender Problemstellung erschlossen: Ein Eichhörnchen klammert sich an einem Baumstamm fest und klettert um diesen herum. Gleichzeitig läuft eine Person um den Baum herum, um das Eichhörnchen erblicken zu können. Beide gehen derart um den Stamm herum, dass sie einander niemals sehen, da sie sich immer auf der entgegengesetzten Seite des Baumes befinden. Die Frage ist nun, ob die Person nur um den Stamm oder auch um das Eichhörnchen herumgelaufen ist. Die Aufgabe war, das Problem an dieser Fragestellung zu ermitteln.

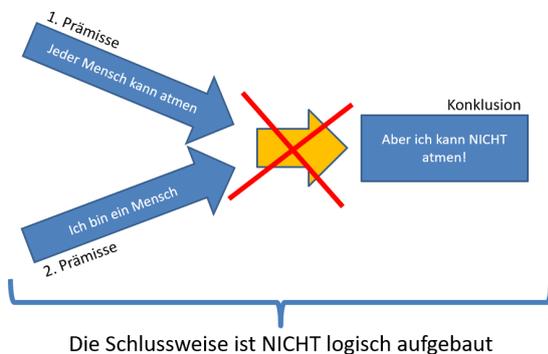
Nach einer langen Diskussion einigten sich alle Anwesenden, dass es gar nicht möglich ist, eine richtige Antwort auf diese Frage zu finden, wenn nicht eindeutig ist, wie „etwas umrunden“ definiert wird. Hierin wird die Bedeutung der ersten Säule offenbar – die exakte Begriffsdefinition. Nach der vom Kurs anerkannten Definition bedeutet „etwas umrunden“, sich in einem Kreis fortzubewegen und am Ende wieder am Anfang der Bewegung anzukommen. Alles, was nun innerhalb dieses Kreises liegt, zählt als „umrundet“.

Um zu verstehen, wie vielseitig der Begriff „etwas umrunden“ eingesetzt werden kann, sollen folgende Definitionen zeigen, welche unterschiedlichen Resultate möglich sind: Definiert man „etwas umrunden“ als „sich um etwas bewegen und es dabei von allen Seiten gesehen haben; erst von vorne, dann von rechts, dann von hinten, dann von links und dann wieder vorne“, hätte dies zur Folge, dass das Eichhörnchen *nicht* umrundet wurde. Wenn „etwas umrunden“ allerdings „in allen Himmelsrichtungen vom Gegenstand gewesen sein“ bedeuten würde, so wäre in diesem Fall das Eichhörnchen umrundet worden.

Es ist also wichtig, sich zuerst darauf zu verständigen, wie ein bestimmter Begriff überhaupt definiert wird, um Missverständnissen vorzubeugen. Zum Verständnis von philosophischen Texten ist diese erste Säule unabdinglich, denn dem Leser muss klar sein, was der Autor unter seinen verwendeten Begriffen versteht, wenn er die Aussagen des Textes erschließen will.

Folgerichtiges Argumentieren

Im Zentrum des Philosophierens steht weiterhin das folgerichtige Argumentieren. Ziel eines Argumentes ist es, die Menschen von der Wahrheit einer Aussage zu überzeugen. Ein Argument setzt sich immer aus einzelnen Prämissen und einer Konklusion zusammen. Dabei bilden die Prämissen die grundlegenden Behauptungen für die Konklusion. Die Konklusion ist die Schlussfolgerung, welche aus den Prämissen hervorgeht, und deren Aussage nicht im Widerspruch zu den Prämissen stehen kann. Eine logisch inkorrekte Schlussweise wäre folgendes Beispiel:

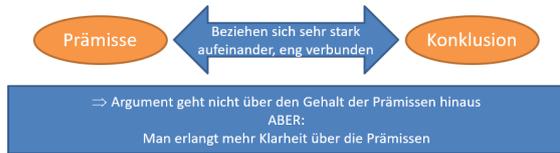


Argumente lassen sich dabei in deduktive und induktive Schlussweisen unterteilen. Ein Beispiel für das deduktive Verfahren wäre: „*Alle Menschen sind sterblich und Sokrates ist ein Mensch, also ist Sokrates sterblich.*“ Hier werden die beiden Prämissen lediglich miteinander verknüpft. Ein Beispiel für das induktive Verfahren wäre: „*Sokrates ist sterblich und Sokrates ist ein Mensch, also sind (vermutlich) alle Menschen sterblich.*“ Hier wird die Beobachtung von einem Fall auf die Allgemeinheit übertragen.

Vom heutigen Standpunkt aus fällt es oft nicht leicht, ältere und komplizierte Texte zu verstehen. Die deduktive Schlussweise hilft dabei, die Gedankengänge dieser Texte besser nachzuvollziehen. Genauso wichtig ist aber auch das induktive Verfahren, da die meisten philosophischen Erkenntnisse durch dieses begründet werden. Würde nur das deduktive Verfahren verwendet werden, könnten Theorien nie weiterentwickelt oder neue Meinungen gebildet werden. Erst durch die induktive Methode ist

es überhaupt möglich, dass es so viele unterschiedliche Denkweisen und Ansätze gibt.

Deduktives Verfahren



Induktives Verfahren



Induktives und deduktives Verfahren

Dilemmata

Ein Dilemma beschreibt eine Situation, in der eine Entscheidung zwischen zwei gleichwertigen Handlungen gefordert ist, wobei die Folgen beider Optionen sowohl negativ, als auch positiv sein können. Ein Dilemma dient dazu, für sich selbst verschiedene Werte gegeneinander abzuwägen. Dazu sollten Argumente gefunden werden, die die eine oder die andere Seite stützen. Prinzipiell lassen sich durch die Argumentation für die Entscheidung sechs verschiedene Stufen der moralischen Entwicklung nach einem Modell von Lawrence Kohlberg unterscheiden.

Laut Kohlberg durchläuft der Mensch während seines Lebens verschiedene Stadien der moralischen Entwicklung, wobei er nicht mehr auf die vorangegangenen „zurückfallen“ kann. Auf diesen Stufen bewegt sich eine Person in der Regel mit fortschreitendem Alter weiter nach oben.

Ein Beispiel für ein Dilemma, welches im Philosophie-Kurs behandelt wurde, ist das Heinz-Dilemma: „*Die Frau von Heinz liegt im Sterben, da sie an einer bestimmten Krebsart erkrankt ist. Allerdings wurde nun ein neues, aber teures Medikament entdeckt, wofür ein Doktor 20.000 Euro verlangt. Trotz aller Bemühungen bekam Heinz lediglich 10.000 Euro zusammen und kann das Medikament somit nicht legal erwerben. Also kommt die Frage auf, ob sich Heinz dazu entschließen soll, das Medi-*

kament nicht zu kaufen, – wobei er sich damit an das Gesetz hält, seine Frau allerdings stirbt – oder aber das Medikament zu stehlen – womit er seine Frau rettet, aber gegen das Gesetz verstößt.“ Nun kann Heinz auf verschiedene Arten für die Entscheidung, nicht zu stehlen, argumentieren, je nachdem, auf welcher Stufe der Moralentwicklung er sich befindet:

Letztendlich muss Heinz die Entscheidung für sich selbst treffen und klären, welche Werte für ihn das größere Gewicht haben. Bei einem solchen Dilemma kann eine Person sich ihrer eigenen Werte bewusst werden und prüfen, wie viel sie ihm jeweils bedeuten. Anhand der eigenen Argumentationsweise lässt sich feststellen, wie fortgeschritten die eigene moralische Denkweise ist.

Gedankenexperimente

Mit einem Gedankenexperiment wird eine gedankliche Hilfestellung erschaffen, die mehr Klarheit über eine bestimmte Situation verschaffen soll. Es handelt sich nicht um ein richtiges Experiment, welches in der Außenwelt stattfindet, ein Gedankenexperiment ist eher als ein gedanklicher Versuch zu verstehen. Auch der Philosophie-Kurs hat ein solches Gedankenexperiment behandelt: *„Stell dir vor, Forscher hätten dein Gehirn entführt und alle Nervenverbindungen an einen Supercomputer angeschlossen, der die Sinnesreize perfekt simulieren könnte. Kannst du dir nun noch sicher sein, dich wirklich in der wahren Realität aufzuhalten?“* Dieses Experiment gab viele Denkanstöße, die alltägliche Lebenserfahrung grundlegend zu überdenken und sie aus einer anderen Perspektive zu betrachten. Durch diesen gedanklichen Versuch ist es außerdem möglich, Theorien zu untermauern, zu bestätigen oder zu widerlegen.

Hermeneutik

Enorm wichtig für die Philosophie ist das Lesen und Analysieren von Texten. Diese Texte dienen oft als Grundlage für weitere Überlegungen oder dazu, sich selbst eine Meinung über philosophische Fragestellungen zu bilden. Vor der

eigenen Meinungsbildung über einen philosophischen Text muss dieser korrekt verstanden werden, das bedeutet, ihn fair zu interpretieren. Dies ist die Aufgabe der Hermeneutik.

Die Anwendung des hermeneutischen Textverständnisses erfolgt in mehreren Schritten. Am Anfang gilt es, den Text genau zu lesen und die Thesen erstmals festzustellen. Anschließend werden die Argumente formalistisch und inhaltlich auf ihre Richtigkeit geprüft. Als nächstes ist ein Perspektivwechsel notwendig. Die eigene Haltung muss zugunsten derjenigen des Autors verlassen werden, wobei die Argumente des Autors gestärkt und nachvollzogen werden sollen. Schließlich darf der Textinhalt nun bewertet werden. Somit wurde verdeutlicht, dass es durch diese Methode zu weniger Fehlinterpretationen oder gar intuitiven Interpretationen kommen kann.

Nachdem erarbeitet wurde, wie philosophiert wird, folgt nun eine weitere Grundlage, die elementar für das Verstehen der philosophischen Theorien ist, nämlich zwei verschiedene Grundströmungen der Philosophie, die die Philosophen ihrer und der folgenden Zeit erheblich beeinflussen sollten.

Empirismus/Rationalismus

KAROLINA

Neben der Frage nach der Willensfreiheit beschäftigt sich die Philosophie überdies mit der Frage nach Erkenntnis; sprich, wie das Wissen und die Erkenntnis des Menschen zustande kommen. Zwei grundlegende Strömungen, die sich der Beantwortung dieser Frage verschrieben haben, sind der Empirismus und der Rationalismus.

Der Empirismus geht von der Annahme aus, dass der Mensch als sogenannte *tabula rasa* zur Welt kommt, vergleichbar mit einem unbeschriebenen Blatt. Somit beruht die menschliche Erkenntnis auf Erfahrung und Beobachtung. Es existieren laut dem Empirismus keine angeborenen Ideen oder Intuitionen. Der Mensch könne nur über Dinge nachdenken, die er zuvor bereits erfahren und erkannt hat. Dies sei die einzige Möglichkeit, über die ein Gegenstand überhaupt in die Gedanken gelangen

| Stufe 1 | Stufe 2 | Stufe 3 | Stufe 4 | Stufe 5 | Stufe 6 |
|-------------------------------------|---|---------------------------------------|--|---|---|
| Orientierung an Strafe und Gehorsam | Orientierung am Zweck und der Gegenseitigkeit | Orientierung an der Erwartung anderer | Orientierung an Gesetz und Ordnung | Orientierung an einer freien Übereinkunft | Orientierung an universellen ethischen Prinzipien |
| Stehlen ist verboten! | Ich will selbst nicht bestohlen werden | Stehlen wird von anderen verachtet | Wenn alle stehlen, zerbricht unsere Gesellschaft | Diebstahl ist für die Gesellschaft nicht nützlich | Es gibt kein rationales verallgemeinerbares Motiv für Diebstahl |

Stufen der moralischen Entwicklung nach Kohlberg

kann. Der Verstand funktioniere hierbei als eine Kategorisierungsmaschine der Sinneseindrücke, was so viel bedeutet wie „er packt sie in bestimmte Schubladen“ und belegt sie mit Begriffen. Ein Beispiel hierfür ist das An- und Ausschalten eines Lichtschalters. Durch die Erfahrung, dass beim Drücken des Schalters das Licht entweder an- oder ausgeht, schließt der Mensch auf ein kausales Gefüge, dass bei jedem Drücken des Lichtschalters die vorher beobachtete Wirkung erzielt wird. Das heißt, auf die Ursache des Drückens des Schalters folgt zwingend die Wirkung, dass das Licht entweder an- oder ausgeht. Wichtige Vertreter dieser Theorie waren John Locke und David Hume.

Den Gegensatz zum Empirismus bildet der Rationalismus. Laut dieser Theorie kann der Mensch gesichertes Wissen einzig und allein durch Vernunft und Nachdenken gewinnen. In dieser Theorie spielt der Verstand eine prägnante Rolle. Exaktes, sprich unumstößliches Wissen über die Welt lasse sich hier nur durch logisches Denken erfassen. Die dazu erforderlichen Prinzipien könnten durch den Menschen a priori erfasst werden, also ohne vorherige empirische Daten. Der Rationalismus kritisiert Sinneseindrücke als potentiell trügerisch und somit böten sie keine Möglichkeit zu vollständiger und sicherer Erkenntnis. Dieser Ansatz kann anhand der Mathematik veranschaulicht werden. Der Mensch weiß ohne die aposteriorische Erkenntnis von einem Dreieck, dass die Formel $a^2 + b^2 = c^2$ korrekt ist. Der Empirismus würde an dieser Stelle seinerseits wiederum anmerken, dass der Mensch dieses „Wissen“ erst

mit Sicherheit erlangen kann, nachdem er eine bestimmte Anzahl an Dreiecken bereits gesehen hat und anhand dieser die Richtigkeit der Formel belegen konnte. Bekannte Philosophen, die die rationalistische Strömung unterstützten, waren René Descartes oder Gottfried Wilhelm Leibniz.

Das Verstehen dieser beiden Strömungen ist sehr wichtig, da sich viele Philosophen in ihren Theorien der Willensfreiheit auf diese berufen, denn wie könnte eine Handlung oder eine Entscheidung ohne vorheriges Wissen über dieselben erfolgen? Die Frage der Entstehung dieses Wissens ist dadurch eine Fragestellung, die mit der Frage nach der Willensfreiheit sehr eng verflochten ist. Um die Theorie eines Philosophen nachvollziehen zu können, ist es zuerst einmal notwendig, seine Grundposition zu verstehen, denn darauf baut letztendlich die gesamte weitere Argumentation auf. In vielen philosophischen Theorien hat gerade die eingenommene Position zur Erkenntnistheorie starke Auswirkungen auf ihre weitere Form. Ein wichtiger Schritt in die Richtung des Verständnisses ist demnach daran zu erkennen, ob die philosophische Theorie dem Empirismus oder dem Rationalismus angehört. Ein gutes Beispiel hierfür wären die Annahmen von Arthur Schopenhauer, wie Sie im Laufe dieser Dokumentation erfahren werden. Die Ansichten verschiedener Philosophen zur Willensfreiheit werden wir nun genauer untersuchen.

Nachdem die wichtigsten Grundströmungen erläutert wurden, werden wir nun genauer die Ansichten verschiedener Philosophen zur Wil-

lensfreiheit untersuchen. Im Hinblick auf die zeitliche Einteilung unserer Theorien, starten wir in der Antike und betrachten zunächst, was einer der bedeutendsten Philosophen im alten Griechenland über die Frage der Willensfreiheit geschrieben hat.

Philosophische Theorien zur Willensfreiheit

Platon

IOAN

Platon war ein griechischer Philosoph der Antike, welcher um 427 v. Chr. geboren wurde. Im Folgenden werden wir uns mit Platons Ideenlehre befassen, welche neue Perspektiven hinsichtlich der Frage nach der menschlichen Freiheit eröffnet.

Das Höhlengleichnis

Durch das Höhlengleichnis zeigte Platon, dass neben einer vollkommenen metaphysisch-ontologischen Welt ebenfalls eine defizitäre Welt angenommen werden kann. In dieser Höhle befinden sich Menschen, welche an den Beinen und am Hals so gefesselt sind, dass sie nur auf eine Wand in der Höhle sehen und so nicht in der Lage sind, den Blick von dieser Wand abzuwenden. In einem oberen Teil der Höhle ist ein Feuer. Zwischen dem Feuer und den Menschen läuft hinter deren Rücken ein Weg entlang einer Mauer, auf dem andere Menschen, wie Gaukler verschiedene Dinge tragen, z. B. Vasen oder Bilderrahmen. Die Gaukler tragen die Sachen auf eine solche Weise, dass die Schatten der Gegenstände auf die Wand geworfen werden. Somit sind die gefesselten Menschen in der Lage, jene Schatten und den Widerhall der Wörter, welche die Gaukler miteinander sprechen, wahrzunehmen. Dadurch, dass diese Menschen nichts anderes in ihrem Leben gesehen haben, halten sie diese Erscheinungen für die Realität. Bei dieser ersten Stufe kann der Mensch nur Schatten wahrnehmen und daraufhin spekulieren, was wahr ist. Deshalb ist dies für Platon die *Stufe der Vermutung*.

Als nächstes wird der Mensch von seinen Fesseln befreit und dazu gebracht, den Weg in den oberen Teil der Höhle zu begehen. Kurioserweise muss die Person gezwungen werden, den Standpunkt zu wechseln. Zuerst tut ihm jede Bewegung weh und die Person ist von der Helligkeit des Feuers geblendet. Mit der Zeit erkennt er jedoch die Gegenstände, welche die Gaukler tragen und begreift, dass er zuvor nur Schatten jener Gegenstände gesehen hat. Somit konnte sich der Mensch von der Vorstellung lösen, die Schatten an der Wand seien die Realität. Er macht eine Erfahrung. Somit wird diese Stufe laut Platon als die *Stufe der Erfahrung* bezeichnet. Der Mensch wird daraufhin mit Gewalt aus der Höhle geschleppt. Zuerst ist er geblendet von der Helligkeit des Sonnenlichts, findet sich deshalb zuerst nachts am besten zurecht. Erst nachdem er die Schatten am Boden wahrgenommen hat, ist der Mensch in der Lage, die Gegenstände, von denen die Schatten stammen, zu erkennen. Somit liegt hier eine Wiederholung der Abstufungen in der Höhle vor. Jedoch entstammen die Schatten diesmal natürlichen Dingen und nicht künstlichen Gegenständen wie in der Höhle.

Die dritte Stufe, das Erkennen der Schatten von natürlichen Dingen, bezeichnet Platon als die *Stufe des Verstands*, weil diese Stufe in der Realität nicht mit den Sinnen wahrnehmbar, jedoch erdenkbar ist. Auf der vierten Stufe – das Erkennen von natürlichen Dingen – ist die *Einsicht* zu finden. Die Sonne, welche dem Feuer in der Höhle entspricht, gibt dem Menschen die Möglichkeit, das wahre Wesen der Dinge zu erkennen.

Platon will durch dieses Höhlengleichnis eine Verknüpfung zu unserer Welt herstellen. Laut Platon leben die meisten Menschen wie die Menschen in der Höhle. Sie halten das, was sie mit ihren Sinnen wahrnehmen, ohne es zu hinterfragen, für wahr. Es gibt jedoch wenige, die den Weg aus der Höhle schaffen, weil es schwierig ist, ihn zu begehen und viel Willenskraft erfordert, genauso wie bei einer Auseinandersetzung mit wissenschaftlichen Fragen, die sehr viel Denkvermögen erfordern.

Mit dem Höhlengleichnis versucht Platon, den Weg zu schildern, den ein Mensch gehen muss,

um sich von Schein und Illusion zu lösen. Laut Platon ist die *Stufe der Einsicht* die höchste Stufe der Erkenntnis. Platon bezeichnet diesen Weg somit als die *Bildung*. Bei jedem Aufstieg zur oberen Stufe muss der Mensch Schwierigkeiten überwinden und den Schmerz aushalten. Somit geht ein Mensch diesen Weg nicht von allein. Er ist viel zu schmerzhaft und bedarf eines „Lehrers“, der den Menschen zu seinem Weg zur Erkenntnis zwingt. Trotzdem möchte der Mensch rückblickend – so groß der Schmerz auch war – nie wieder ein Leben in der Höhle leben.

Dennoch gibt es Menschen, die in die Höhle zurückkehren. Dies sind die Philosophen, welche versuchen, die anderen aufzuklären, um ihnen ein wahrhaftigeres Leben außerhalb der Höhle zu schenken. Trotz ihrer guten Absichten werden die Philosophen von den anderen oft missachtet. Da es in den Höhlen im Vergleich zu draußen sehr dunkel ist, orientiert sich der Philosoph sehr schlecht, die anderen halten ihn für verblendet. Somit kommt es dazu, dass seine Lehre als abstrus oder sogar gefährlich wahrgenommen wird. Es kann sogar dazu kommen, dass die Menschen in der Höhle den Philosophen verspotten, beleidigen oder ihn sogar hinrichten.

Das Liniengleichnis

Mit dem Liniengleichnis stellt Platon verschiedene Abstufungen des Wissens, die im Höhlengleichnis veranschaulicht sind, genauer dar. Zuerst wird eine Linie in zwei Abschnitte unterteilt, etwa im Verhältnis 2:1. Die zwei entstandenen Abschnitte werden noch einmal in diesem Verhältnis unterteilt, wie die Abschnitte im selben Verhältnis davor. In den unteren zwei Abschnitten ist alles, was mit den Sinnen wahrgenommen wird, in *Erscheinungen* einzuordnen, in den oberen zwei Abschnitten sind die *Ideen*.

Laut Platon gibt es viele *Erscheinungen* von Bäumen, jedoch nur eine *Idee* des Baums; es gibt viele *Erscheinungen* von Pflanzen, jedoch nur eine *Idee* der Pflanze; es gibt viele verschiedene Formen der Tapferkeit, jedoch nur eine *Idee* der Tapferkeit. Folglich sind *Ideen*

durch Einheit und *Erscheinungen* durch Vielheit gekennzeichnet. Zudem liegt hier eine Parallele zum Höhlengleichnis vor: Die *Erscheinungen* haben denselben Bezug zu den Ideen wie die Schatten zu den natürlichen Dingen: sie sind Abbilder der Urbilder. Während die *Erscheinungen* somit veränderlich und vergänglich sind, sind die *Ideen* unwandelbar und unveränderlich.

Auf den untersten Abschnitt von den *Erscheinungen* lassen sich unter anderem Bilder oder Zeichnungen finden. Sie sind *Abbilder der Erscheinungen*, welche von z. B. Künstlern geschaffen werden. Im darauffolgenden Abschnitt sind die *Erscheinungen* einzuordnen. Diese *Erscheinungen entstammen* aus unserer Welt, Beispiele dafür wären Bäume, Tiere, aber auch die Schönheit.

Der obere Abschnitt wird in *Hypothesen* und *Ideen* unterteilt. Für Platon hat der Begriff einer *Hypothese* eine bestimmte Bedeutung. In der Mathematik ist der Kreis eine geometrische Form, bei der jeder Punkt den gleichen Abstand zum Mittelpunkt hat; jedoch ist ein gezeichneter Kreis stets unvollkommen, da die Punkte niemals den exakt gleichen Abstand haben werden. Somit existiert ein solcher Kreis nur als Annahme, als *Hypothese*. *Hypothesen* sind somit Vorstellungen von *Ideen*, und die höchste Stufe bilden die *Ideen an sich*. Genau wie beim Höhlengleichnis ist es so, dass die Wahrheit nach oben immer mehr zunimmt und die Illusionen immer mehr verschwinden.

Laut Platon kann der Mensch auch im Liniengleichnis verschiedene Wissensformen erlangen. Auf der untersten Stufe, der Stufe der *Abbilder der Erscheinungen*, wird nur eine *Vermutung* erlangt, auf der zweiten Stufe das *Glauben*. Für die zweite Stufe führt Platon ein Beispiel über einen Handwerker an, der in der Lage ist, ein bestimmtes Musikinstrument herzustellen. Trotzdem können seine Fähigkeiten nicht als Wissen angesehen werden, da sie nicht auf ausreichenden Rechtfertigungen basieren. Auf der dritten Stufe – von Platon als den *Verstand* bezeichnet – findet man wissenschaftlich haltbare Folgerungen. Auf der vierten Stufe – die der *Vernunft* – seien ausschließlich Philosophen, die in der Lage sind, die Ideen zu erkennen. Folg-

lich ist die Philosophie laut Platon die höchste Stufe des Erkennens.

Das Sonnengleichnis

Mit seinem Sonnengleichnis möchte Platon seine Vorstellung vom Aufbau der Ideenwelt vervollständigen. Nun wird eine Analogie (Analogie = Entsprechung) zwischen dem Sehen und dem Erkennen hergestellt. Dank unserer Augen sind wir in der Lage, Gegenstände zu sehen. Jedoch ist es für Platon von entscheidender Bedeutung, dass es eine dritte Bedingung gibt, welche erst bei ihrer Erfüllung das Sehen ermöglicht: die Helligkeit beziehungsweise das Licht. Ohne Licht wäre es für das menschliche Auge unmöglich, Gegenstände zu sehen. Das Licht an sich hat aber auch eine Quelle. Diese Quelle wäre die Sonne.

Um eine andere Bedeutung der Sonne hervorzuheben, führt Platon eine weitere Analogie an. Mithilfe eines Jochs werden die Zugkräfte von zwei Tieren vereint. Genauso ist es mit der Sonne, welche das Auge und den Gegenstand vereint, um etwas zu sehen. Nun lässt sich das Ganze auf die Ideenlehre Platons anwenden. Das Auge wird dem *Erkennen*, beziehungsweise der Vernunft angeordnet. Die Vernunft erkennt nun die *Ideen*, welche den Gegenständen auf der Gleichnisebene entsprechen. Ein Gegenstand, welcher von der Sonne angestrahlt wird, kann besser gesehen werden, als ein Gegenstand, der nicht von der Sonne beleuchtet wird. Zudem haben natürliche Dinge im Reich der Ideen einen höheren Wahrheitsgehalt als künstliche Gegenstände im Reich der Schatten; somit entspricht jener Helligkeit die *Wahrheit der Idee*. Somit ist das Erkennen von Ideen letztlich von der Wahrheit der Idee abhängig. Der Sonne wird in Platons Sonnengleichnis eine entscheidende Bedeutung beigemessen. Sie ist die *Idee des Guten* und die Ursache allen Erkennens. Mit dem „Guten“ ist etwas „Taugliches“ gemeint und nichts im moralischen Sinne. Erst durch die Idee des Guten können Ideen tauglich und wahr sein, erst durch die Idee des Guten kann der Mensch durch die Vernunft etwas erkennen. Zudem ist die Idee des Guten unabhängig und wird, auch wenn es keine Menschen mehr geben wird, welche sie mit Hilfe

der Vernunft erkennen könnten, weiter existieren. Abschließend behauptet Platon, dass der Mensch nicht für lange Zeit in die Sonne schauen kann, ohne geblendet zu werden. Somit ist die Grenze der Erkenntnisse aller Menschen die Idee des Guten.

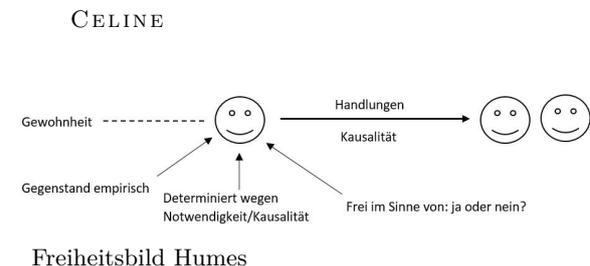
Platons Freiheitsverständnis

Die Ideenlehre von Platon eröffnet zugleich auch neue Perspektiven auf die Frage nach der menschlichen Freiheit. Durch seine Vorstellung von zwei Welten existieren bei ihm somit zwei Formen der Freiheit. Zum einen existiert eine vollkommene unveränderliche Freiheit in der Ideenwelt, welche für den Menschen ausschließlich mit der Vernunft erdenkbar ist. Zum anderen gibt es die Freiheit, die wie auch alle anderen Erscheinungen jedoch unvollkommen und wandelbar ist.

Diese finden wir in der Welt, die mit den Sinnen wahrnehmbar ist und in der wir leben, also die sogenannte Erscheinungswelt.

Platons Ideenlehre prägte für eine lange Zeit unter anderem auch die Frage nach der menschlichen Willensfreiheit. Gänzlich im Kontrast dazu stehen die Theorien von David Hume und John Locke, zwei bekannte Empiristen des 17. und 18. Jahrhunderts.

David Hume



Zwei Philosophen, die der Kurs anhand der Fragestellung „Ist der Mensch frei?“ behandelt hat, sind David Hume und John Locke. Sie waren sich in ihren Theorien sehr ähnlich. Beide waren bekannte Vertreter des britischen Empirismus, nach dem wir durch Sinneswahrnehmungen zur Erkenntnis gelangen, indem wir sie a posteriori aus der Erfahrung lernen.

David Hume (1711–1776) unterteilt die Bewusstseinsinhalte in Eindrücke, die aus allen Sinneswahrnehmungen, der Selbstwahrnehmung und Vorstellungen zusammengesetzt sind. Beide Klassen würden sich durch den Grad ihrer Intensität unterscheiden. Aus Eindrücken würden einfache Vorstellungen entstehen, welche mithilfe der Einbildungskraft zu komplexen Vorstellungen würden. Dieser Übergang der Vorstellung folge dem Gesetz der Assoziation, bei dem auf eine kausale Relation zwischen diesen geschlossen werde. Sieht ein Mensch beispielsweise eine Träne, verbindet er diese sofort mit Traurigkeit, da er diese Verbindung bereits zuvor mehrfach beobachtet hat.

Nach Hume hätten die Komponenten eines „Begriffs“ nur Bedeutung, wenn sie mit den Eindrücken und Vorstellungen übereinstimmen würden. Er unterscheidet zwischen Urteilen über Begriffsbeziehung, die zum Bereich der Mathematik und Logik gehören, und Urteilen über Tatsachen, die auf Erfahrungen aufbauen. Der Satz des Pythagoras ist beispielsweise durch die Mathematik beweisbar, und es ist nicht möglich, dass er auf eine andere Weise funktioniert. Dagegen kommt das Wissen, dass Zebras schwarz-weiß sind, nur aus Erfahrungen, denn es wurde noch nie eines mit anderer Färbung gesichtet. Allerdings ist nicht nachweisbar, dass keine blauen Zebras existieren.

Das Denken über Tatsachen beruhe auf Kausalität, also Ursache-Wirkungs-Relationen, dessen Verhältnis den gemachten Erfahrungen entspringe. Somit kennt der Mensch nur jene Kausalitäten, mit denen er seine Erfahrungen selbst geordnet hat. Die Einsicht in die wahren Ursprünge und Ursachen aller Vorstellungen bleibe dem Menschen verborgen.

In Humes Moralphilosophie würden moralische Wertungen mittels empirischer Methoden erklärt werden. Moralische Empfindungen werden dabei durch eine Vernunft a priori eingeordnet. Handlungen würden als positiv bewertet werden, wenn sie dem Individuum oder der Gemeinschaft nutzen würden. Die eigenen Empfindungen würden dabei auf Selbstliebe und Sympathie beruhen. Der Einzelne sei ein soziales Wesen und nehme Anteil an den Gefühlen und Interessen anderer.

Was sagt Humes Theorie aber über die Freiheit? Diese besagt, dass unsere Handlungen kausal erklärbar sind, da der Mensch und sein Handeln auch nur empirische Gegenstände seien. Es unterscheide sich somit nicht von anderen empirischen Beobachtungen, die genauso durch Kausalität erklärt werden können. Die Handlungen einer Person sind somit determiniert, da selbige notwendig erfolgen. Frei sind sie nur in der Entscheidung, ob die Person etwas tut oder nicht. Stellen wir uns vor, jemand hält einen Stift. Die Person kann frei entscheiden, ob sie ihn fallen lässt oder nicht. Sie muss sich jedoch zwingend für eins von beiden entscheiden, denn eine dritte Option gibt es nicht („tertium non datur“). Deshalb sieht Hume den Willen als unfrei.

John Locke

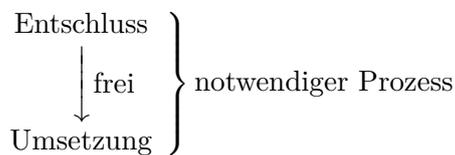
John Locke (1632–1704), der vor Hume lebte, war ebenfalls Vertreter des Empirismus.

Locke vergleicht den Verstand bei der Geburt mit einem unbeschriebenen Blatt, eine sogenannten *tabula rasa*. Alle Vorstellungen würden erst mit der Zeit aus der Erfahrung entstehen. Die Fähigkeit, Vorstellungen überhaupt bilden zu können, sei aber schon davor vorhanden. Jeder Mensch besäße in seinem Bewusstsein bestimmte Vorstellungen, die Locke als „Ideen“ bezeichnet.

Bei der Frage nach der Freiheit des Menschen, sieht Locke den Prozess von Entschluss und Umsetzung, ähnlich wie Hume, als insgesamt notwendig an. Die Entscheidung jedoch, etwas zu tun oder nicht zu tun bzw. zwischen zwei Handlungsoptionen zu wählen, sei jedoch frei. Daher spricht er, anders als Hume, von einer freien Handlung, aber einem unfreien Willen. Ein Mensch kann sich zum Beispiel frei entscheiden, zu lügen oder die Wahrheit zu sagen. Eins von beiden muss er aber auf jeden Fall tun, weshalb Locke den Willen in dem Sinne nicht als vollkommen frei bezeichnet.

Zusammengefasst betrachten Hume und Locke beide die Freiheit als eingeschränkt. Während Hume etwas mehr zur Vorherbestimmtheit, dem Determinismus, tendiert, meint Locke, dass unsere Handlungen zwar trotz des

unfreien Willens frei seien. Laut ihm würden jedoch in jedem Individuum gewisse Vorstellungen unabhängig von gesammelten Erfahrungen von Geburt an existieren.



Lockes Freiheitsbegriff

Lockes und Humes Theorien gehören zu der Grundströmung des Empirismus, welcher gegensätzlich zum Rationalismus steht. Immanuel Kant erkannte, dass sich, wie fälschlicherweise angenommen wurde, Empirismus und Rationalismus keineswegs ausschließen müssen, und vereinte sie in seiner Ansicht über die Willensfreiheit.

Immanuel Kant

HENRI

Immanuel Kant (1724 im preußischen Königsberg geboren) war einer der bedeutendsten Philosophen der Menschheit. Er verband mit seinem Denken die grundsätzlich divergenten philosophischen Strömungen des Rationalismus, an welchem er sich in seinen früheren Jahren orientierte, und des Empirismus, durch den er, aufgrund des Studiums von David Humes Texten, aus seinem „Schlummer“ erwachte und eine völlig neue Richtung einschlug. Diese Verschmelzung der beiden erkenntnistheoretischen Strömungen revolutionierte die Philosophie und prägt sie bis heute. Sie findet sich ebenso in Kants Anthropologie, welche zweigeteilt ist: Der Mensch hat Teil an zwei Welten, er ist ein sogenannter „Bürger zweier Welten“. Eine Welt ist die äußere Sinnenwelt, die Kant empirische Welt nennt, die andere ist die geistige Welt, die Kant intelligible Welt nennt. In ersterer ist der Mensch nicht frei, denn er ist Naturgesetzen und dadurch Kausalität unterworfen. In letzterer ist er frei, denn er kann sich eine unendlich große Anzahl von Möglichkeiten vorstellen, und diese Unendlichkeit ist bei Kant mit dem Freiheitsbegriff verbunden, da

es somit keine Grenzen gibt. Außerdem entstehen die Handlungen und Entscheidungen eines Menschen aus seiner Vernunft und seinem Moralverständnis heraus. Der Wille ist bei Kant frei, da er es ist, der die Unendlichkeit denken kann.

Außerdem ist in der intelligiblen Welt ein guter Wille vorstellbar, welcher die moralische Instanz des Menschen darstellt. Dieser verhindert, dass ein Mensch aufgrund von Neigungen eine nicht-moralische Tat begeht und schränkt somit die Handlungsfreiheit ein, um nicht-moralischen Handlungen entgegenzuwirken. Kant geht davon aus, dass jener gute Wille das einzig als absolut gut zu Bezeichnende ist, das existiert. Die Qualität der Handlung, die dem guten Willen folgt, ist identisch mit dem guten Willen selbst als Motivation zur Handlung. Ist die Möglichkeit zu einer derartigen Handlung beispielsweise aufgrund von Armut nicht gegeben, würde Kant behaupten, dass es wichtiger ist, nach dem guten Willen, also moralisch zu handeln und damit die Handlungsfreiheit einzuschränken, als seinen Neigungen nachzukommen.

Um jenen Neigungen nicht zu erliegen, kreierte Kant den kategorischen Imperativ, welcher als Sollensanspruch prüft, ob eine Maxime am guten Willen orientiert ist, und somit den starken heteronomen Neigungen Einhaltung gebieten kann. Der kategorische Imperativ soll im Folgenden erklärt werden: Handle nur nach derjenigen Maxime, durch die du zugleich wollen kannst, dass sie ein allgemeines Gesetz werde. Angenommen eine Person bildet folgende Maxime: Sie nimmt sich vor, niemandem Gewalt anzutun. Die Maxime lautet nun: Ich will niemanden verletzen. Diese Maxime muss nun nach Kant einer Verallgemeinerung standhalten: Man soll niemanden verletzen. Nun ist deutlich zu erkennen, dass die verallgemeinerte Maxime auf die ganze Gesellschaft bezogen nützlich ist, d. h. die Allgemeinheit würde davon profitieren, wenn jeder sein Leben nach jener Maxime ausrichtet. Wenn diese Bedingung nicht gegeben ist, kann die Maxime höchstens noch als ein hypothetischer Imperativ formuliert werden.

Oftmals kann es allerdings zu einem sogenannten Maximenkonflikt kommen, da zwei oder

mehr rationale Maximen einander entgegenstehen. Folgendes Beispiel wird dies verdeutlichen: Ich muss lügen, um meine Familie zu ernähren. Hierin lassen sich zwei Imperative finden: „Man soll nicht lügen“ und „Man soll seine Familie ernähren“. Nun ist ein Abwägen zwischen diesen beiden Imperativen notwendig, das heißt, dass der Mensch in dieser Situation entweder seine Familie nicht ernährt und dadurch die zweite Maxime verletzt, oder lügt und damit die erste Maxime verletzt. Dieses Abwägen zwischen Imperativen macht Kants Theorie in Ausnahmefällen schwerlich anwendbar.

Zusammenfassend ist die Willensfreiheit bei Kant ausschließlich in der intelligiblen Welt vorhanden. Sie ist die Grundvoraussetzung für die Bildung von Maximen, welche von der Vernunft auf ihre Zulässigkeit geprüft werden. Der gute Wille ist die Instanz im Menschen, die nach diesen verallgemeinerbaren Maximen handeln will. Durch die Handlung nach diesen objektiven Maximen handelt der Mensch moralisch und damit nicht aus Trieben oder Vorlieben, die Kant *Neigungen* nennt. Die Willensfreiheit ist also ein Zusammenspiel aus gutem Willen und kategorischem Imperativ.

Kants zweiteilige Anthropologie war für spätere Philosophen ein Grundbaustein ihrer Theorien. Arthur Schopenhauer beispielsweise griff sie auf und führte sie weiter.

Arthur Schopenhauer

LUEKAR

„Die Welt ist meine Vorstellung“ – dies ist eine von Schopenhauers Kernaussagen, die seine gesamte Philosophie prägt. Sie besagt folgendes: Die Welt existiert rein prinzipiell nur im Bewusstsein des Individuums. Sie ist als eine mentale Erscheinung nur von ihm abhängig, in Schopenhauers Worten eine „Vorstellung“.

Zu dieser Vorstellung der Welt, „Vorstellungswelt“ genannt, gehören zwei Komponenten: das Vorstellende und das Vorgestellte; oder das Erkennende und das Erkannte; bei Schopenhauer das Subjekt und das Objekt. Die Idee ist, dass das Subjekt der „Apparat“ ist, der alles erkennt, aber selbst nicht erkannt werden kann. In gewisser Weise kann sich das Sub-

jekt als das vorgestellt werden, was als das Bewusstsein bezeichnet wird. Es liegt ähnlich wie in Kants „Zwei-Welten-Theorie“ in der intelligiblen Welt.

Das Subjekt erkennt nun die Objekte, da, laut Schopenhauers Theorie, es sich diese aber nur vorstellt, existieren sie auch nur durch das Subjekt. So sind auch andere Menschen im Auge des Subjektes Objekt, denn obwohl Schopenhauer keine anderen Individuen ausschließt, erkennt das Subjekt nur den Körper des anderen Individuums, also nur ein Objekt. Es gibt also immer nur ein Subjekt, das sich alle anderen Objekte vorstellt, denn es kann nicht sicher sein, ob diese außerhalb seiner Vorstellungen wirklich existieren.

Damit ein Subjekt nun ein Objekt wahrnehmen kann, muss es gewisse Eigenschaften erfüllen. Es muss Raum, Zeit, Position und Kausalität besitzen. Egal welches Objekt vorgestellt wird, es muss immer eine Ausdehnung im Raum, d. h. u. a. Größe haben, und zu einem gewissen Zeitpunkt existieren, an welchem es eine bestimmte Position im Raum besetzt. Außerdem muss es auf andere Objekte reagieren können: Wenn ein Stein getreten wird, bewegt er sich. Diese Ursache-Wirkungsrelation nennt man Kausalität. Egal, welches Objekt sich vorgestellt wird, es hat physische Eigenschaften.

Für Schopenhauer ist die Kausalität, die in der Vorstellungswelt wirkt, sehr wichtig. Ein jedes Objekt unterliegt dieser. Alles, was geschieht, muss bei ihm einen Grund haben, nichts kann ohne einen solchen geschehen. Die Folgen dieses Grundes können nun erneut Grund für andere Folgen sein und so bildet sich ein großes, allumfassendes Konstrukt aus Ursachen und Wirkungen, welche alle miteinander verknüpft sind.

Diese Idee der Wahrnehmung und die daraus folgende, absolute kausale Struktur der Vorstellungswelt nennt Schopenhauer den Satz vom Grunde. Dieser muss a priori, also vor jeder Erfahrung gelten, denn er ist das, was alle Erfahrung erst möglich macht, indem sie auf ihm aufbaut.

Da aber alles, was dem Satz vom Grunde unterliegt, was laut Schopenhauer in der Vorstellungswelt gegeben ist, vollständiger kausaler

Bestimmung unterliegt, muss der Mensch nach Schopenhauer determiniert sein, also vorherbestimmt. Die Notwendigkeit der Handlungen des Subjektes ergibt sich aus rein äußerlichen Einflüssen und Gründen, das Subjekt selbst hat keine Möglichkeit, etwas daran zu ändern. Das Individuum wird natürlich nicht rein von äußerlichen Einflüssen bestimmt, sondern auch durch die inneren. Die Handlungen des Subjektes werden von Motiven bestimmt, die lediglich gegeneinander aufgewogen werden. Das handelnde Subjekt sowie das Objekt sind also komplett durch Kausalität bestimmt.

Für Schopenhauer ist Freiheit als Abwesenheit jeglicher Notwendigkeit definiert. Frei sei alles, was nicht dem Ursache-Wirkungsgefüge unterliegt, welches dem Satz vom Grunde entspricht. Dementsprechend ist ein jedes Subjekt sowie Objekt unfrei, weil alles in der Vorstellungswelt dem Satz vom Grunde unterliegt.

In Schopenhauers Philosophie gibt es nur eine Entität, die nicht determiniert ist und in gewisser Weise ist diese in der gesamten empirischen Welt vorhanden, die Rede ist vom sogenannten Willen. Hierbei ist dieser Wille aber nicht mit dem Willen zu verwechseln, den ein Subjekt besitzt, sondern der Wille beschreibt ein metaphysisches Konzept, welches nicht dem Satz vom Grunde unterliegt. Sprich: Alle Konzepte, welche ein Objekt für den Menschen vorstellbar machen (Raum, Zeit und der Satz vom Grunde), besitzen für ihn keine Gültigkeit, er ist also nicht vorstellbar.

Der Wille beschreibt den Willen zu leben, und um dies zu erreichen, objektiviert er sich. Dies bedeutet: Er ist ständig dabei, sich in der Vorstellungswelt zu verkörpern. Er gibt dem Subjekt vor, was es ist, indem er ihm seinen intelligiblen Charakter vorschreibt. Er formt das Subjekt, wodurch es sich wieder die Objekte vorstellt, nach der Grundidee des Objektes, welches vom Willen ebenfalls bestimmt wurde. Somit nimmt der Wille die Rolle des „Dings an Sich“ ein, er existiert unabhängig von einem jeden Subjekt und entspricht der Idee aller Objekte.

Der Begriff Idee bezeichnet eine allgemeine Form eines Objektes: Wenn sich verschiedene Menschen beispielsweise einen Schuh vorstellen,

so hat jeder ein anderes Bild im Kopf; jedoch ist jedes davon ein Schuh. Das allgemeine Konzept des Schuhes ist die Idee des Schuhes.

Wichtig zu beachten ist, dass, obwohl der Wille das Subjekt formt, es nur Abbild des Willens ist und nicht dieser selbst.

Was nun aber für unser Kursthema wichtig ist, ist der Bezug zur Freiheit. Wie ja schon bereits gezeigt wurde, sind wir nach Schopenhauer in unserer Lebenswelt, der Vorstellungswelt, nicht frei, da wir dem Satz vom Grunde unterliegen. Der irrationale Wille, der das Subjekt formt, unterliegt diesem allerdings nicht und ist somit frei, verliert aber diese Freiheit, sobald er sich als die Vorstellungswelt objektiviert.

Schopenhauers Theorie lässt nur sehr wenig Spielraum für die Idee der Willensfreiheit, ähnlich deterministisch sind die Ansichten der berühmten Denker Sigmund Freud und John Hospers.

John Hospers

LEANDER

John Hospers, ein 1918 geborener amerikanischer Professor der Philosophie studierte sowohl an der University of Iowa als auch an der Columbia Universität und unterrichtete als Professor an der University of Southern Carolina. Er stellte in seiner Vorstellung der menschlichen Psyche, von der die Willensfreiheit abhängt, die Kindheit eines jeden Menschen in den Vordergrund. Laut Hospers nimmt ein Mensch aus seiner Kindheit ein sogenanntes psychisches Erbe, eine Sammlung von Moral- und Normvorstellungen und Verhaltensweisen mit, welches von den kindheitlichen Erfahrungen und den in der Kindheit geltenden finanziellen, ethnischen und sozialen Verhältnissen abhängt und übermächtige Triebe im Charakter des Menschen erzeugt. Daher richtet sich jegliches Handeln nach diesen Trieben und dem psychischen Erbe, wodurch der Mensch zu einem Produkt der in der Kindheit prägenden Faktoren wird. So erklärt Hospers neurotisches Verhalten durch Schäden in der Kindheit, die sich als ein krankhaftes psychisches Erbe bemerkbar machen. Wer also in der Kindheit unter Armut gelitten und andere um ihren Reich-

tum beneidet habe, dem könne der übermächtige Trieb aufgezwungen werden, Geld zu verschwenden, um anderen zu zeigen, dass er sich doch etwas leisten könne. Dieses Verhalten sei auch nicht durch Rationalität aufzuhalten. Ein Neurotiker erkenne und verstehe, dass sein Verhalten krankhaft sei, dennoch sei der Trieb in ihm zu stark, um unterdrückt zu werden. Neurotisches Verhalten kann sich, nach Hospers, jedoch durch andere – auch im psychischen Erbe gespeicherten – Triebe und Tugenden ändern, wodurch auch diese Fähigkeit von der Kindheit abhängt. Wem also in der Kindheit die Fähigkeit der Selbstreflektion und die der Durchsetzungsfähigkeit im psychischen Erbe mitgegeben wurde, wird im späteren Leben die Möglichkeit haben, neurotisches Verhalten aufzuhalten. Aus diesen Gründen hält Hospers jegliche Form von Lob und Kritik für ungerechtfertigt, da niemand für sein eigenes Verhalten verantwortlich ist, sondern nur mehr oder weniger Glück in der Kindheit hatte. Diese Ansicht ist deutlich deterministisch und leugnet die Willensfreiheit gänzlich. Sie sieht den Menschen als ein durch das psychische Erbe exakt berechenbares und willenloses Lebewesen.

Sigmund Freud

LEANDER

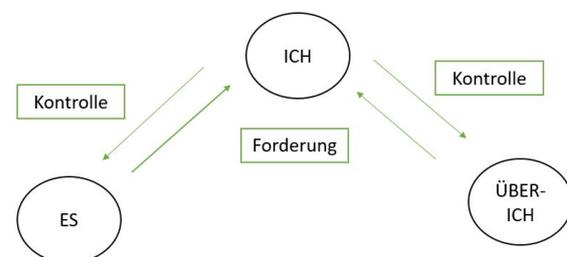
Um die Thematik der Willensfreiheit nicht nur aus der Sicht von Philosophen zu analysieren, hat sich der Kurs auch mit dem 1856 geborenen Neurologen, Psychoanalytiker und Theoretiker Sigmund Freud beschäftigt, der als einer der wichtigsten Denker des 20. Jahrhunderts gilt. Nach seiner Theorie ist der psychische Apparat eines Menschen in drei Instanzen eingeteilt: Das *Es*, das *Ich* und das *Über-Ich*. Das *Es* ist bereits bei der Geburt vorhanden und beinhaltet die Instinkte und Triebe eines Menschen. Es versucht, Unlustzustände oder Zustände der Spannung, wie zum Beispiel Hunger oder Durst, sofort zu beheben, um einen Lustgewinn zu erzielen.

Im Laufe der kindheitlichen Entwicklung bildet sich das *Über-Ich* durch den Kontakt mit Vorstellungen und Vorschriften anderer aus, also durch elterliche Kontrolle, Regeln, Gesetze und

allgemeinen Moral- und Normvorstellungen. Es stellt sich dem *Es* als moralische Instanz gegenüber.

Schon vor dem *Über-Ich* entwickelt sich jedoch aus einem Teil des *Es* die dritte psychische Instanz, das *Ich*. Es ist vorwiegend bewusst und besitzt die Fähigkeit zur zielgerichteten Bewegung und kann so die Umwelt beeinflussen. Dadurch stellt es die einzige Verbindung zur Realität dar und kann durch Bewegungen mit dieser interagieren, wobei das *Ich* die Auswirkungen der eigenen Einflüsse erkennen und zuordnen kann. Somit sind sowohl das *Es* als auch das *Über-Ich* auf das *Ich* angewiesen, wenn sie die Realität beeinflussen wollen. Sie stellen daher Forderungen an das *Ich*. Dieses muss nun zwischen den einzelnen Forderungen vermitteln und danach handeln. So kann es zu Situationen kommen, bei denen das *Es* und das *Über-Ich* gegensätzliche Forderungen an das *Ich* stellen, welches nun zwischen diesen entscheiden muss. Hierbei hat das *Ich* allerdings nicht wirklich die Möglichkeit eine Entscheidung zu treffen, sondern muss der in dieser Situation stärkeren Instanz nachgeben.

So ließe sich jegliches Handeln eines Menschen theoretisch a priori vorhersagen, wenn die Beschaffenheit von *Es* und *Über-Ich* bekannt wäre. Es existiert deshalb auch kein freier Wille, da jegliches Wollen aus von außen kommenden Vorstellungen (*Über-Ich*) oder aus angeborenen Trieben (*Es*) entspringt. Freuds Ansichten haben einige von uns zum Verzweifeln gebracht, da sie mehreren Kursteilnehmern direkt einleuchtend und logisch erschienen, aber dennoch stark deterministisch sind.



Freuds psychoanalytische Sicht

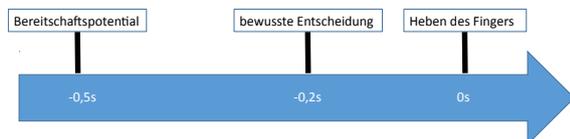
Nachdem zuletzt Ansichten eines Psychoanalytikers näher betrachtet wurden, wird nun ein weiterer Bereich der Wissenschaften ange-

sprochen. Anhand von den sogenannten Libet-Experimenten soll im Folgenden eine ausgewählte Position der Neurowissenschaft vorgestellt werden.

Libet-Experimente

LUISA

Auch die moderne Neurologie beschäftigt sich mit der Frage nach der Willensfreiheit des Menschen. Dabei spielt ein Experiment eine besondere Rolle: das Libet-Experiment, welches 1979 vom Physiologen Benjamin Libet durchgeführt wurde. Dieser wurde 1916 in Chicago (Illinois) geboren und starb 2007 in Davis (Kalifornien). Bei jenem Versuch wurde die Testperson, deren Hirnaktivität gemessen werden sollte, gebeten, ihren Finger zu einem Moment zu heben, den sie selbst bestimmt. Dabei sollte sie sich anhand der Zeigerstellung einer für den Versuch verwendeten Uhr den Zeitpunkt merken, an dem sie ihren bewussten Entschluss gefasst hatte. Hierbei stellte sich heraus, dass ungefähr 0,3s bevor sich der Proband bewusst dazu entschied, die Bewegung auszuführen, bereits eine Hirnaktivität, eine Art Bereitschaftspotential, vorhanden war.



Auswertung des Libet-Experiments

Daraus folgerte Libet, der Mensch besäße keine Willensfreiheit, da unsere Entscheidung, wie das Bereitschaftspotential vermeintlich beweist, bereits feststeht, bevor wir uns ihrer bewusst würden. Die Entscheidung unseres Willens sei also nur das Resultat des Bereitschaftspotentials und somit determiniert.

Das Libet-Experiment spricht sich somit deutlich für den Determinismus aus. Bedeutet das nun, dass unsere Willensfreiheit nur Illusion ist?

Nicht unbedingt, denn das Experiment ist an vielen Stellen angreifbar. Beispielsweise war auch noch nach Messung des Bereitschaftspotentials eine spontane Umentscheidung mög-

lich. Dies wurde durch einen Versuch gezeigt, in dem Probanden im „Hirnduell“ gegen einen Computer antraten, der wiederum die Hirnströme maß. Es war die Aufgabe, ein Fuß-Pedal zu treten, während der Computer grünes Licht anzeigte. Zeigte er aber rotes Licht, sollte die Testperson diese Aktion unterbinden. Nun war der Computer so programmiert, dass er durch das gemessene Bereitschaftspotential hätte vorher sagen können, wann sich die Personen bewegen würden und zu diesem Moment das Licht rot färbte. Die Neurowissenschaftler nahmen an, dass es für den Probanden ab jenem Moment nicht mehr möglich wäre, die Bewegung zu unterlassen, da das Bereitschaftspotential bereits vorhanden war. Tatsächlich sah das Ergebnis aber oft anders aus und die Testpersonen konnten ihre Entscheidung noch rechtzeitig ändern, also nicht auf das Pedal treten.

Durch diesen Versuch wurde gezeigt, dass zwischen Bereitschaftspotential und Handlung keine notwendige Verursachung stattfindet und ersteres unseren Willen somit nicht vorherbestimmt.

Joachim Bauer

LUISA

Diese Meinung teilt auch Joachim Bauer, der 1951 in Tübingen geboren wurde. Er ist Professor der Psychoneuroimmunologie an der Universität Freiburg und Kritiker der Gültigkeit des Libet-Experiments. Er vertritt die Position des freien Willens und meint, der Mensch handle nach Gründen statt nach Ursachen.

Bauer sagt, wir hätten im Gegensatz zu Tieren, welche einfach nur ihren Reizen nachgingen, sogenannte „Reiz-Reaktions-Maschinen“, die Möglichkeit, innezuhalten und die Gründe für eine Handlung nach pro und contra abzuwägen (Kosten-Nutzen-Analyse). Dies solle folgendermaßen ablaufen: Nehmen Menschen einen Reiz wahr, aktiviere sich das limbische System (Emotionensystem im Gehirn) und die Handlungsbereitschaft steige. Dieser Vorgang wird als „bottom-up-Prinzip“ bezeichnet. Statt der direkten Reaktion auf den Trieb schalte sich nun der präfrontale Cortex ein, welcher die Handlungsbereitschaft wieder „nach unten fahren“ lasse, sodass ein Gleichgewicht zwischen

handeln wollen und nicht handeln wollen entsteht. Dieser Vorgang wird „top-down-Prinzip“ genannt. Die erzeugte Balance erlaube uns, die zuvor erwähnte Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen und dann frei zu entscheiden, was die bessere Wahl sei. Bauer bezeichnet diesen gesamten Prozess als Selbststeuerung und meint, der Mensch hätte durch diese Fähigkeit, selbst zwischen Optionen abzuwägen, einen freien Willen. Dadurch, dass der Mensch nach Gründen und nicht nach Ursachen handeln würde, meint Bauer, dass Handlungen nicht durch die Gesamtheit aller Faktoren vorherbestimmt seien. Stattdessen könnte der Mensch eigens interpretieren, welche Aspekte bei unserer Entscheidung eine Rolle spielen. Er sieht den Unterschied zwischen einer Ursache und einem Grund prinzipiell darin, dass auf eine Ursache notwendig eine bestimmte Wirkung folgt, während ein Grund eine bestimmte Aktion nicht zwingend herbeiführen muss. Trotzdem gesteht er zu, dass unser freier Wille durch Genetik, Reize und Erfahrungen gewisse Determinanten habe.

Dagegen sieht Bauer im radikalen Determinismus jedoch eine in der Praxis nicht umsetzbare Haltung. Sie reduziert unser Bewusstsein auf eine vom Gehirn produzierte Illusion und macht damit unser Selbstwertgefühl zunichte. Ebenso behauptet er, die Abstreitung des freien Willens führe zu unmoralischem Verhalten und mache dadurch eine funktionierende Gesellschaft unmöglich.

Somit lässt sich zusammenfassend sagen, dass sich selbst die Neurologie im Thema Willensfreiheit nicht einig ist: Einerseits sprechen nicht bewusst gesteuerte Hirnaktivitäten für einen vorherbestimmten Willen, andererseits scheint uns doch eine gewisse Entscheidungsfreiheit zuzustehen. Die hier gewonnenen naturwissenschaftlichen Erkenntnisse können die philosophische Debatte über die Willensfreiheit also zwar nicht auflösen, jedoch bringen sie neue, interessante Anstöße und fügen damit eine weitere, wichtige Ebene hinzu.

Der Philosoph Peter Bieri stellt der Ansicht der Neurowissenschaftler seine Theorie der Willensfreiheit entgegen, in welcher er ihnen einen Kategorienfehler vorwirft.

Peter Bieri

LUCIE

Der Kurs beschäftigte sich mit der Frage der Freiheit des menschlichen Willens. Zu dieser Frage hatte Peter Bieri, ein moderner Philosoph, eine bemerkenswerte Theorie.

Peter Bieri (am 23. Juni 1944 in Bern geboren) ist ein Schweizer Philosoph und Schriftsteller. Er studierte Philosophie, Anglistik und Indologie in Heidelberg.

Das folgende Zitat impliziert seine grundlegende Haltung zum Thema Willensfreiheit:

„Es müsste uns verstören, wenn sich herausstellte, dass [...] Freiheitserfahrung nichts weiter ist als eine hartnäckige Illusion.“

Peter Bieri widersprach den Neurowissenschaften in ihrer Theorie, der Mensch sei determiniert und all seine Handlungen seien auf bestimmte Aktivitätsmuster im Gehirn zurückzuführen.

Bieris Arbeits- und Denkweise ist stark geprägt von Beispielen und Veranschaulichungen, so auch wie folgt: Um seine Überlegung zu verdeutlichen, vergleicht er den Menschen mit einem Gemälde. Ein Gemälde kann als physikalischer Gegenstand beschrieben werden. Es kann beispielsweise 30 Kilogramm wiegen und mit Ölfarben gemalt sein.

Allerdings lässt sich auch, zusätzlich zur physikalischen Beschaffenheit, von dem darauf abgebildeten Thema sprechen: Zum Beispiel das eines Abendmahls.

Keiner dieser beiden Analyseaspekte ist näher an der Wirklichkeit oder weiter davon entfernt. Bieri behauptet, dass die Betrachtung des Bildes auf verschiedenen Perspektivebenen stattfindet. Das Gemälde lässt sich nicht in seine physikalischen Elemente (z. B. Farben) zerlegen, um das Abendmahl als Thema auf diesem zu erkennen. Denn dabei käme es zu einem Kategorienfehler.

Übertragen auf den Menschen meint Bieri damit, dass es eine physiologische und eine psychologische Geschichte bei einem Menschen gebe.

Auf der physiologischen Ebene werden die neurobiologischen Vorgänge im Körper eines Men-

schen betrachtet. Auf der psychologischen Ebene wird jedoch der Mensch als Person betrachtet – sein Wille, seine Entscheidungen und Überlegungen.

Wenn nun der Mensch, analog zum Gemälde, rein neurologisch betrachtet wird, um seinen Willen oder seine Entscheidungen zu erklären, so ist durch Einnahme der falschen Perspektive derselbe Kategorienfehler erkennbar.

Wie beim Gemälde das Material der falsche Ort hinsichtlich der Schönheit und des Ausdrucks des Bildes ist, ist die Neurobiologie des Menschen der falsche Ort, um nach Freiheit oder Unfreiheit zu suchen. Das Gehirn ist für diese Frage der falsche Ort.

Aber Bieri betont auch, dass das psychologische Profil sich nur dann verändern kann, wenn sich das neurobiologische Profil verändert, da es die anatomische Grundlage des ersteren ist. Er sagt also, dass beide Theorien, die der Neurowissenschaftler und seine eigene, miteinander vereinbar sind. Neurobiologische und psychologische Ebene folgen zwar beide ihrer eigenen Logik, aber keine unserer Erfahrungen folgt ohne physiologischen Hintergrund.

Das heißt, dass die Fähigkeit zu Wollen und ein Urteil zu fällen zwar im psychologischen Profil liegen, aber vom neurobiologischen Profil bedingt sind. Um hiervon die Freiheit abzuleiten, stellt Bieri die These auf, dass Urteil und Wollen deckungsgleich sein müssen, damit von einem freien Willen die Rede sein kann. Das heißt, dass der Mensch unfrei ist, der durch einen inneren Zwang, obwohl er eine Tat für falsch hält, diese aber dennoch ausführt.

Dies lässt sich an dem Verlangen nach einem neuen Handy verdeutlichen, obwohl das alte noch gut, aber mit einer älteren Version bestückt ist. Eben dieses Zusammen- oder Auseinanderfallen von Urteil und Wollen muss nach Bieri aber selbstverständlich eine neurobiologische Grundlage haben.

„Unser Wille ist frei, wenn er sich unserem Urteil darüber fügt, was zu wollen richtig ist. Und der Wille ist unfrei, wenn Urteil und Wille auseinanderfallen.“

Darüber hinaus folgert Bieri, dass es keinen Konflikt zwischen Determinismus und Freiheit

gibt – wie so lange in der Philosophie angenommen. Die Gegenposition des Determinismus ist seiner Meinung nach der Indeterminismus und diejenige zur Willensfreiheit der Zwang. Diese Begriffspaare befinden sich auf den unterschiedlichen Ebenen von Neurobiologie und Psychologie, sie zu vermischen ist laut Bieri unzulässig.

Abschließend lässt sich somit sagen, dass es Entscheidungen nur dort gibt, wo von Gründen und Überlegungen die Rede sein kann, und der Begriff „entscheiden“, der aus der Sprache des Geistes (der vielleicht eher aus der Sprache der geistigen Erfahrung) kommt, fälschlicherweise in die physische Welt transferiert wurde, was einen Kategorienfehler der Begrifflichkeiten darstellt.

| Innenperspektive (psychologisch) | Außenperspektive (physiologisch) |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Person | Neurobiologisches Profil |
| Freiheit vs. Unfreiheit | Determinismus vs. Indeterminismus |

← Unterschiedliches Vokabular →

➡ **Neurowissenschaftler begehen einen Kategorienfehler**

Wille als (potentiell) autonome, moralische Instanz



➡ **Plastizität und Kongruenz als Kriterien des freien Willens**

Veranschaulichung der Willensfreiheit bei Bieri

In Bieris Theorie ist es dem Menschen möglich, seinen Willen selbst zu bestimmen. Eine ähnliche Ansicht vertritt auch der Philosoph Harry Frankfurt.

Harry Frankfurt

SOPHIA

Harry Gordon Frankfurt, geboren zu Beginn des 20. Jahrhunderts, ist ein emeritierter Professor für Philosophie an der Princeton University. Berühmt ist er vor allem durch seine Analyse des Freiheitsbegriffes geworden, da er anders als z. B. David Hume, Freiheit nicht mit Handlungsfreiheit gleichsetzt. Seine Auffassung von Freiheit bezieht sich auf die Willensfreiheit. Dabei spielen Wünsche und sogenannte Volitionen eine bestimmende Rolle.

Jedes Lebewesen hat Wünsche und Bedürfnisse. Bei Frankfurt wird der Begriff „Wünsche“ allerdings in Wünsche erster Stufe und Wünsche zweiter Stufe zerlegt. Wünsche erster Stufe sind Motivationen im Jetzt, dazu zählen unter anderem Triebe. Auch Tiere haben Wünsche erster Stufe. Als Beispiel kann der Wunsch, jetzt etwas zu essen, genannt werden.

Wünsche zweiter Stufe sind solche, die in Hinblick auf die Zukunft gefasst werden, und dort als mögliche Motivationen wirken können. Beispielsweise kann ein Mensch den Wunsch haben, dass ein bestimmter Wunsch sein Wille sei. Der Mensch definiert seinen Willen insofern über Wünsche. Ein Beispiel dafür wäre folgender Wunsch: Ich wünsche, dass ich freundlich sein werde. Allerdings können Tiere keine Wünsche zweiter Stufe haben, da diese nur instinktiv handeln und sich dementsprechend keine Pläne für die Zukunft schmieden können.

Frankfurt unterscheidet weiterhin innerhalb der Wünsche zweiter Stufe zwei Untergruppen. Eine Person kann sich einerseits wünschen, dass sie einen bestimmten Wunsch erster Stufe haben wird, also zum Beispiel: Ich will, dass ich immer ehrlich sein werde. Aber andererseits kann sie sich auch wünschen, dass ein bestimmter Wunsch der ersten Stufe durch eine Handlung umgesetzt wird.

Es wird nun davon ausgegangen, dass das Individuum schon eigenständig den Wunsch hat, dass es will, dass es immer ehrlich sein werde. Wenn es dann auch dementsprechend handelt, ist es eine Volition, da der Wunsch zweiter Stufe nun als ein Wunsch erster Stufe in diesem Moment handlungswirksam geworden ist. Er meint also, dass Volitionen Wünsche zweiter Stufe sind und in konkreten Situationen als Wünsche erster Stufe eine Handlung motivieren.

Bei Frankfurt ist die Fähigkeit, Volitionen zu bilden, eine Voraussetzung für den freien Willen, wobei jeder Mensch über die Fähigkeit zur freien Bildung von Volitionen verfügt. Wer diese nutzt, besitzt einen freien Willen, denn Volitionen bedeuten, selbst seinen Willen zu bestimmen und diesen in einer Tat umzusetzen. Dementsprechend vertritt Frankfurt ein eher freiheitliches Bild.

Eine gegensätzliche Richtung zu Frankfurt lässt sich bei einem Soziologen des 20. Jahrhunderts, nämlich Hans Peter Henecka erkennen.

Hans Peter Henecka

FELICITY

Der deutsche Soziologe Hans Peter Henecka beschäftigte sich mit den Rollen von Menschen in der Gesellschaft. Er war der Meinung, der Mensch betrete bei der Geburt die „Bühne der Gesellschaft“ und lerne im Laufe seines Lebens, verschiedene Rollen einzunehmen. Dabei würde der Mensch in seiner Rollenausführung von seinesgleichen kritisch betrachtet werden. Denn jeder hat genaue Vorstellungen davon, wie seine Mitmenschen eine bestimmte Rolle ausüben sollten und erwartet dann von ihnen, diesen Ansprüchen gerecht zu werden.

In der Gesellschaft beeinflussen bestimmte eingenommene Rollen und Handlungen wiederum andere Rollen. Die Rollen hängen dabei geradezu voneinander ab. Diese Rollen werden komplementäre Rollen genannt, ein Beispiel dafür sind die beiden Rollen „Schüler“ und „Lehrer“, die einander bedingen und sich gegenseitig beeinflussen.

Dadurch muss das Verhalten eines Menschen auf die jeweilige Situation und auf das Gegenüber abgestimmt werden. Dies kann dazu führen, dass sich ein Mensch in verschiedenen Situationen, zum Beispiel im Beruf und im Privatleben, ganz unterschiedlich verhält. Somit ist die Gesellschaft ein Gefüge aus Rollen, wobei die Rollen nicht für spezielle Individuen vorgesehen sind.

Wird eine Rolle frei, zum Beispiel, weil ein Mensch gestorben ist, kann die Rolle wieder neu besetzt werden. Stirbt beispielsweise das Mitglied eines Vereins, kann eine neue Person eintreten und so den Platz des anderen mit allen dazugehörigen Aufgaben einnehmen.

Henecka unterscheidet zwischen zwei Arten von Rollen. Die erste Art stellen die zugewiesenen oder zugeschriebenen Rollen dar. Diese Rollen sind angeboren oder hängen vom Alter ab. Sie sind daher auch unveränderlich. Ein Beispiel für eine solche unveränderbare Rolle ist das

Geschlecht oder die Position in der Herkunftsfamilie. Neben den zugewiesenen Rollen gibt es die erworbenen Rollen. Diese werden, wie der Name schon sagt, selbst erworben, deshalb sind sie veränderbar. Ein Beispiel hierfür wäre die Mitgliedschaft in einer Freizeitgruppe. Mit dieser kommt auch die Verpflichtung, regelmäßig zu den Treffen der Gruppe zu gehen, insofern die anderen Mitglieder dies erwarten.

An jeder Rolle hängen, wie bereits erwähnt, Erwartungen an das ihr zugehörige Verhalten. Diese Verhaltenserwartungen werden auch Rollennormen genannt. Die anderen Menschen zeigen deutlich, welche Erwartungen sie haben, indem sie auf das Verhalten und die Handlungen einer Person reagieren, Handlungen werden also „sanktioniert“. Entsprechen die Handlungen den Erwartungen, reagieren die Menschen mit positiven Sanktionen. Richtiges Verhalten kann beispielsweise von anderen Menschen gelobt oder belohnt werden. Entsprechen die Handlungen einer Person jedoch nicht den Erwartungen der Mitmenschen, besteht ihre Reaktion in negativen Sanktionen. Die Person wird zum Beispiel mit Verachtung gestraft.

Das Leben eines Menschen wird also sehr von dessen Rollen und den dazugehörigen Rollennormen geprägt und bestimmt.

Ein Mensch kann durch seine Rollen in seiner Freiheit eingeschränkt werden, da er zum Beispiel regelmäßig zur Schule gehen muss. Auch die Rollennormen wirken sich negativ auf die Freiheit aus, da die meisten Menschen aus Angst vor Strafe oder Verachtung alle Erwartungen an ihre Rolle erfüllen wollen. Besonders die angeborenen Rollen stellen hierbei ein Problem dar, weil der Mensch sich von diesen nicht lösen kann. Die erworbenen Rollen haben schon mehr mit Freiheit zu tun, da die Entscheidung, eine solche Rolle einzunehmen, frei ist. Von den erworbenen Rollen kann das Individuum sich auch wieder lösen, indem es zum Beispiel aus einem Verein austritt.

Henecka ist also der Meinung, der Mensch sei durch seine Rollen, besonders durch die unveränderbaren, determiniert. Er wäre allerdings frei darin, weitere Rollen zu erwerben oder sich wieder von diesen zu lösen.

Die Rollenvorstellung von Henecka lässt sich auch im Existentialismus wiederfinden. Hier besteht für das Individuum aber die Chance, sich aus dieser zu befreien und sich somit von gesellschaftlichen, kulturellen und religiösen Zwängen zu lösen.

Existentialismus

ELISA, LEANDER

Jean-Paul Sartre, 1905 in Paris geboren, war ein französischer Romancier, Dramatiker und Philosoph und ein Vordenker und Vertreter des Existentialismus.

Diese Theorie, welche die absolute Freiheit und Einzigartigkeit eines jeden Individuums betont, hebt sich in dieser Ansicht stark von den anderen ab.

Im Existentialismus wird eine strikte Trennung zwischen dem Selbst und der Welt vorgenommen; dabei stehen diese im Kontrast zueinander. Das Selbst wird als individuell und transzendent, das heißt die Sinne übersteigend, beschrieben; die Welt hingegen ist rational erfassbar und allgemein.

Nach Sartre besteht diese Trennung darin, dass das Bewusstsein eine andere Seinsstruktur vorweist als die Welt. Ersteres ist positiv, letztere hingegen negativ. Ein Pariser Café ist unbeobachtet in einem vollständigen Zustand, es „fehlt“ nichts. Erst im Bezug auf einen Beobachter offenbart sich, dass dessen Freund, mit dem er sich verabredet hatte, nicht anwesend ist. Das „Nichts“ stammt somit aus dem Bewusstsein, ist in der Welt jedoch nicht vorzufinden.

Die Identität des Selbst und dessen Handeln wird durch Rollenvorstellungen seines sozialen Umfelds und unter anderem Kultur und Religion fremdbestimmt beziehungsweise beeinflusst, und ist somit verfälscht. In diesem Zustand ist sich das Individuum seiner möglichen Freiheit noch nicht bewusst.

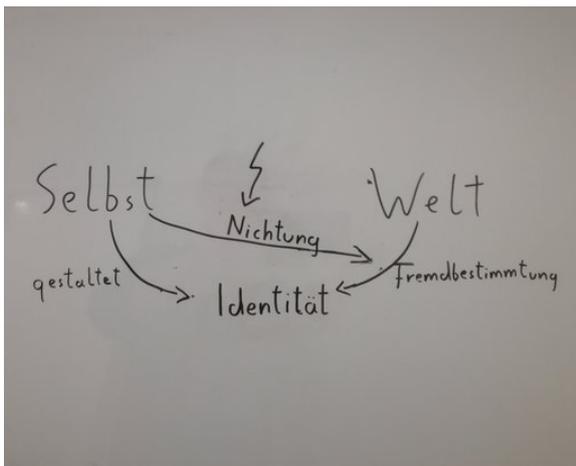
Es hat nun die Möglichkeit, diese Fremdbestimmung zu erkennen, und sich von dieser zu befreien. Dies geschieht in der „Nichtung“: Aufgrund seiner negativen Struktur kann das Bewusstsein sich von den fremdbestimmenden Vorstellungen distanzieren. Somit ist gerade

diese Negativität Grundvoraussetzung für die Freiheit des Menschen.

Die „Nichtung“ unterliegt keinen Einschränkungen, der gewonnenen Freiheit sind damit keine Grenzen gesetzt. Was übrig bleibt, ist eine unbegrenzte Möglichkeit zur Selbstgestaltung. Diese Erkenntnis findet in der Aussage „Die Existenz kommt vor der Essenz“ Ausdruck. Jedes Individuum ist einzigartig und kann seine Identität so kreieren.

Indem der Mensch die Möglichkeit zur Selbstgestaltung ergreift, besitzt er auch die Verantwortung für sein Handeln. In dieser Hinsicht betont der Existentialismus die Praxis.

In dieser Theorie wird dem Menschen eine radikale Freiheit zugesprochen. Dies setzt jedoch voraus, dass der Mensch die Fähigkeit der „Nichtung“ anerkennt und nutzt, um sich von einer fremdbestimmten Identität hin zu einer individuellen Persönlichkeit zu emanzipieren.



Veranschaulichung der existentialistischen Theorie

Fälschlicherweise kann nun angenommen werden, dass die philosophischen Ansichten nur in der Theorie praktikabel und nicht auf unser Alltagsleben übertragbar sind. Doch dies ist keineswegs der Fall, denn die Antwort auf die Frage, ob der Mensch frei oder determiniert ist, ist elementar für die Auslegung unseres Strafsystems und dessen Gültigkeit. Doch die Philosophie beeinflusst nicht nur das Strafrecht, sondern auch die Haltung gegenüber Süchten und deren Beurteilung durch die Gesellschaft, wie der folgende Abschnitt zeigen wird. Im Fokus steht hier vor allem, dass die zuvor erarbeiteten Theorien noch lange nicht verstaubt

sind, sondern auch in unserer Alltagswelt zum Nachdenken anregen.

Praktische Philosophie

Süchte

FELICITY

Im Alltag der Menschen gibt es Faktoren, die den freien Willen einschränken können. Ein Beispiel hierfür sind Süchte und neurotische Wesenszüge. Zunächst muss festgestellt werden, dass es zwei unterschiedliche Arten von Süchten gibt. Zum einen gibt es stoffgebundene Süchte, bei denen der Mensch von einem Stoff abhängig ist. Darunter fallen zum Beispiel die Drogen- oder Alkoholsucht. Zum anderen gibt es noch die stoffungebundene Sucht, bei der der Mensch von einem bestimmten Verhalten abhängig ist. Dazu gehören unter anderem die Sex-, Ess- oder Spielsucht. Unter die Kategorie der neurotischen Wesenszüge fallen alle nervlich bedingten Erkrankungen ohne nachweislich körperliche Ursache, wie zum Beispiel Depressionen.

Es gibt einige Faktoren, die zur Entstehung oben genannter Süchte beitragen. Diese Faktoren können biologisch sein, zum Beispiel, wenn ein Mensch eine Anfälligkeit für Drogen hat. Ferner gibt es auch psychologische Faktoren, zum Beispiel fühlt das Individuum sich gut, wenn es seinen Süchten nachgeht (=Belohnung). Schließlich gibt es noch soziale Faktoren, wenn der Mensch sich gewisse Süchte zum Beispiel bei seinen Familienmitgliedern abschaut oder sich so sehr an etwas gewöhnt hat, dass er danach süchtig wird.

Alle diese Süchte determinieren in gewisser Weise das Leben eines Menschen. Einerseits zwingen sie einen Menschen dazu, eine bestimmte Handlung immer wieder zu tun, weil er sich zum Beispiel daran gewöhnt hat oder sich gut dabei fühlt. Andererseits schränken sie den Menschen auch ein. Wenn ein Mensch beispielsweise kaufsüchtig ist, verbringt er aufgrund dessen viel Zeit beim Einkaufen und hat deshalb keine Zeit mehr für seine Freunde und seine Familie. Außerdem kann der Mensch bei manchen Süchten nicht mehr richtig abwägen, was gut

für ihn ist und somit nicht mehr vollständig frei entscheiden. Deshalb begehen Menschen, die zum Beispiel unter Alkoholeinfluss stehen, oft Straftaten, die sie in nüchternem Zustand niemals begehen würden. Sie können sich also nicht frei für ihre Handlungen entscheiden und sind deshalb durch ihre Sucht determiniert.

Die meisten Süchte können therapiert werden. Dazu muss der Betroffene allerdings erst einmal einsehen und akzeptieren, dass er Hilfe braucht. Wenn die Therapie erfolgreich ist und der Suchtkranke keinen Rückfall hat, ist er vom Einfluss der Determinanten befreit und kann sein Leben wieder frei und selbstbestimmt führen.

Viele Süchte haben das Potenzial, zu illegalen Aktionen zu führen und somit rechtliche Konsequenzen nach sich zu ziehen. Inwiefern die Täter schuldig sind, da sie ja eigentlich determiniert sind, soll hier dem einzelnen Leser überlassen werden. Um eine endgültige Entscheidung zu treffen, kann aber der folgende Text als Hilfestellung dienen.

Schuld vs. Determinismus

LUCIE

Schuld: „nulla poena sine culpa“ – „keine Strafe ohne Schuld“

- individuelle Vorwerfbarkeit der strafbedrohten Tat / das persönliche „Dafürkönnen“
- schulfähig erst ab dem 14. Lebensjahr
- schuldhaftes Handeln:
 - vorsätzlich
 - fahrlässig

Determinismus:

- alle Entscheidungen / alles Handeln im Leben vorherbestimmt
- durch gegebene Umstände:
 - Erfahrungen
 - Wünsche
 - Erkenntnisse
 - Charakter
 - Erbanlagen

Die Frage nach der Schuld ist und wird wahrscheinlich immer ein großer Streitpunkt in unserer Gesellschaft sein. Jeder Mensch hat eine individuelle Moralvorstellung, eigene Lebenseinstellungen und kulturelle Hintergründe. Diese Verschiedenheiten müssen aber in einem pluralistischen Staat, in dem viele Menschen zusammenleben, vernünftig gebündelt werden. Es muss ein Kompromiss zwischen diesen Differenzen gefunden werden, mit der die Mehrheit einverstanden ist. So entstehen Regeln, Werte und Normen, an die sich alle halten müssen.

Wenn sich jemand nicht an diese Gesetze hält, kommt er vor Gericht und die Frage nach der Schuld oder Unschuld für sein Fehlverhalten wird gestellt.

Bezüglich der Thematik, ob der Mensch frei oder determiniert ist, ergeben sich folgende Konsequenzen: Der Determinismus ist sehr schwer mit der Schuldfrage zu vereinbaren. Ist der Mensch determiniert, kann er nichts für seine Handlungen, da diese bereits vorherbestimmt sind.

Wie sollen nun Täter rechtmäßig verurteilt werden können? Schuld setzt Vorwerfbarkeit voraus. Diese ist beim Determinismus nicht möglich, da alles vorherbestimmt ist.

- somit ist keine Schuld vorhanden, also keine Strafe?!
- keine Vermeidbarkeit der Handlung möglich, also keine Strafe?!
- keine freie Selbstbestimmung erreichbar, also keine Strafe?!

Dies veranschaulicht nochmals die Schwierigkeit der Vereinbarung von Determinismus und Schuld.

Aber wie soll geurteilt werden, wenn eine Person vor Gericht sagt, sie sei Determinist? Wenn diese Aussage ignoriert werden würde, käme dies nicht einer Diskriminierung der Menschen gleich, die auf diese Weise denken?

Aber würden Straftäter nicht verurteilt werden, würde dann unser Sozialstaat so, wie er jetzt ist, noch funktionieren? Wäre die Konsequenz nicht, dass nur der Stärkste überlebt, da alle Straftaten mit dem Argument, es sei alles vorherbestimmt und somit bestehe keine Schuld, zu begründen wären?

Es lässt sich erkennen, dass die Ansicht des Determinismus viele Strukturen unseres Sozialstaats an ihre Grenzen kommen lässt. Dies mag auch erklären, weshalb Personen dem Determinismus intuitiv abgeneigt sind.

Clarence Darrow, ein amerikanischer Strafverteidiger, ist ein öffentlicher Vertreter des Determinismus. Seiner Meinung nach sind Verbrecher „gleichwertige Mitbürger, die lediglich Unglück hatten.“ Das heißt, dass Straffällige nur durch äußere, unglückliche Umstände, außerhalb ihres Einflussbereiches dazu gezwungen wurden, eine Straftat zu begehen. Ihre Tat war also notwendig, weshalb sie nur das Pech hatten, sie durchführen zu müssen. Anhand dieses Beispiels wird ersichtlich, dass es auch Deterministen gibt, die eine veränderte Haltung zur Verurteilung von Straftätern fordern, und Verständnis für deren Situation zeigen.

Abschließend ist also zu sagen, dass Schuld im Strafrecht mit der Vorstellung des Determinismus zwar schwer vereinbar, aber in unsere Gesellschaft notwendig ist, da unsere sozialen Strukturen sonst nicht funktionieren würden.

Der berühmte Wissenschaftler Albert Einstein hingegen hob die positiven Aspekte einer deterministischen Lebenseinstellung hervor. Einstein sagte zum Determinismus:

- höhere Toleranz der Fehler des anderen, da dieser für diese nicht verantwortlich ist
- mildert Schwere der eigenen Verantwortung, da kein persönliches Dafürkönnen existiert
- weniger Ernsthaftigkeit, mehr Humor, durch allgemeine Gelassenheit

Daraus resultiere eine gelassenere Lebenseinstellung.

Zusammengefasst heißt das, dass der Determinismus zwar eine Haltung ist, die sehr im Kontrast zu jener der Gesellschaft steht, denn diese ist größtenteils der Annahme, dass eine Person sehr wohl verantwortlich für eigene Handlungen ist, aber, wie bei Darrow und Einstein erkennbar, dennoch einen eigenen Wert besitzt. Darum ist es notwendig, diese unvoreingenommen und kritisch zu reflektieren.

Exkursion

IOAN



Eberstadter Höhle

Für den Philosophiekurs ging es am Exkursionstag zur Eberstadter Tropfsteinhöhle in Buchen. Die Kursteilnehmer waren sehr verwundert und grübelten auf der verhältnismäßig kurzen Fahrt von 15 Kilometern, was denn eine Höhle mit Philosophie zu tun habe. Dass sich die Kursteilnehmer an diesen Ausflug als eine einmalige Erfahrung, welche auf Platons Höhlengleichnis basiert, erinnern werden, ist sicherlich der Fall. In der Höhle haben wir uns zunächst mit optischen Täuschungen beschäftigt, welche uns dazu brachten, unsere Sinneswahrnehmung zu hinterfragen.

Anschließend wurde uns von Farina in der Höhle ein Schattenspiel vorgeführt. Bei diesem Schattenspiel kamen der Reihe nach zweidimen-

sionale Kreaturen mit merkwürdiger Gestalt zum Vorschein, trotzdem konnten die Kursteilnehmer die Kreaturen teilweise mit Tieren aus unserer Welt identifizieren. Somit durften wir uns selbst in die Situation hineinversetzen, in der Höhle zu leben, was zu interessanten Diskussionen führte. Wir waren nun mit den Problemen der Menschen aus dem Höhlengleichnis von Platon besser vertraut.

Nachdem wir die Höhle verlassen hatten, fingen wir an, den Text über Platons Höhlen-, Linien- und Sonnengleichnis, welche im oberen Teil besprochen wurden, zu lesen. Diese Texte führten schließlich, wieder in unserem Kursraum, zu Diskussionen, welche insbesondere helfen, Platons Verständnis von Freiheit nachzuvollziehen.

Der Exkursionstag war ein voller Erfolg. Abschließend lässt sich sagen, dass der Ausflug sehr spannend verlaufen war und es uns sehr viel Spaß gemacht hat, gemeinsam die Ideenlehre von Platon nachzuvollziehen, aber auch darüber zu diskutieren. Außerdem brachte uns diese Exkursion noch mehr dazu, das scheinbar Selbstverständliche durch Fragen wie „Ist die Welt, in der wir leben, die einzige?“ oder „Wie können wir zur Wahrheit gelangen?“ zu hinterfragen.

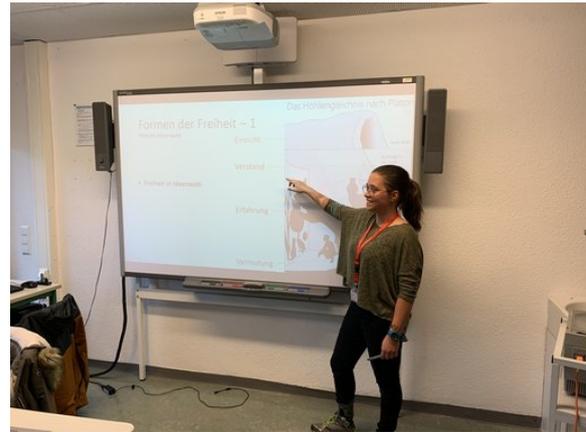
Nachdem nun die Theorie und die Praxis vorgestellt wurden, galt es nun für die Teilnehmer ihr Wissen, ihre Eindrücke und Meinungen auch den Gästen am Rotations- und Abschlussstag anschaulich und verständlich zu vermitteln.

Präsentationsschulung

ELISA

Schulreferate, Kurzpräsentationen und GFS – für viele Schüler sind diese Worte mit schlaflosen Nächten, nervenaufreibenden Recherchen im Internet oder in der Bibliothek und Herzrasen während des Vortrags verbunden.

Immer wieder ist der Referent mit den gleichen Fragestellungen konfrontiert: Wie kann das Thema und die dazugehörigen Informationen mithilfe von Medien vermittelt werden, ohne das Publikum in einen Tiefschlaf zu versetzen? Welches der vielen Medien sollte am besten verwendet werden bzw. welche Vor- und Nach-



Präsentationsschulung

teile bringen Tageslichtprojektor, PowerPoint & Co.? Wie sieht eine sinnvolle Vorbereitung aus? Und welche Regeln sollten für ein ruhiges und selbstbewusstes Auftreten beherzigt werden?

Mit diesen Fragen hat sich unser Kurs während der Vorbereitungen auf die Rotations- und die Abschlusspräsentation beschäftigt, denn erlangtes Wissen verliert an Bedeutung, wenn es nicht auf eine interessante Art vermittelt werden kann. Im Folgenden wird schrittweise nachvollzogen, welche Merkmale einen guten Vortrag ausmachen.

Wie heißt es so schön: Aller Anfang ist schwer. Aufgabe des Kurses war es, über die Frage, ob der Mensch frei ist, zu referieren, doch wie sieht eine gute Vorbereitung eigentlich aus? Die erste Überlegung dient der Zwecksetzung der Präsentation. Was soll erreicht werden? Dabei ist es wichtig, sich in die Lage des Zuhörers mit dessen Interessen und Vorwissen zu versetzen oder anders formuliert, einen an die Zielgruppe abgestimmten Vortrag als Ergebnis anzustreben. Was soll das Auditorium mit nach Hause nehmen, welche Informationen sollen haften bleiben? Das Ziel des Kurses war es, den Zuhörern verschiedene Theorien auf die Frage, ob der Mensch frei ist, zu vermitteln, damit diese sich nach dem Vortrag selbst eine Meinung darüber bilden können. Dabei wurden beispielsweise die einzelnen Theorien von den deterministischen zu den die Willensfreiheit bejahenden Ansichten geordnet, um einen roten Faden zu schaffen. Danach begann die Visualisierung der Kursinhalte. (Der Schritt des

Sammeln von Informationen kann an dieser Stelle übersprungen werden, da in den Kursstunden davor die Theorien schon erarbeitet wurden und nun nur noch anschaulich zusammengefasst werden mussten.)

Doch welches Medium eignet sich am besten für den Vortrag? Im Kurs existierte die Vorgabe, mit PowerPoint zu arbeiten, weshalb diese Frage nach der Wahl des Mediums obsolet war. Grundsätzlich ist aber die Antwort auf diese Frage dem Referenten überlassen, es gilt nur zu beachten, dass das Medium auf das Thema abgestimmt werden sollte und nicht das Thema auf das Medium, denn Tageslichtprojektor, Flipchart, Moderationswand und Bildschirmpräsentation sind je nach Vortrag, Publikum und Lokalität mehr oder weniger sinnvoll.

Ein Tageslichtprojektor ist heute so gut wie in jedem Klassenraum zu finden, leicht zu bedienen und sein Benutzen beziehungsweise das Vorbereiten der Folien mit wenig Aufwand verbunden. Bei den Folien gilt es aber zu beachten, dass sie einen einheitlichen Aufbau, eine lesbare Schrift ohne Serifen und nur Effekte, die zum Thema passen, besitzen. Wichtige Informationen, Schlussfolgerungen etc. sollten stichpunktartig und nicht in ganzen Sätzen auf den Folien festgehalten werden. Außerdem können die Folien nach dem Vortrag als Kopie dem Zuschauer als Handout dienen. Es gilt aber zu bedenken, dass der Tageslichtprojektor wenig Spielraum lässt, da Ergänzungen nur schwerlich aufgenommen werden können; dass er anfällig für technische Fehler ist und den Präsentierenden während des Vortrags dazu verführt, den Fokus nicht auf das Publikum, sondern auf die Folien zu richten.

Um während seines Vortrags die Ergebnisse kreativer darzustellen und Technik zu vermeiden, eignen sich ein Flipchart oder eine Moderationswand besser. Beide Medien können während des Vortrags mit erarbeitenden Ergebnissen vervollständigt werden. Beim Flipchart ist zu beachten, dass die Handschrift groß und gut lesbar ist. Außerdem ist der Einsatz dieses Mediums nur bei einer Präsentation mit relativ kleinem Publikum (ca. 30 Personen) sinnvoll.

Das zurzeit attraktivste und vom Zuschauer als professionellstes wahrgenommene Medium ist

die Bildschirm-Präsentation. Bei einer schlichten Foliengestaltung und dem Vermeiden eines Übermaßes an Effekten, lassen sich Informationen und Daten anschaulich vermitteln. Da aber dieses Medium sehr anfällig für technische Fehler ist, sollte ein Plan B zur Verfügung stehen, falls die Technik versagt, und immer im Bewusstsein sein, dass das Erstellen von Folien seine Zeit in Anspruch nimmt.

In der Vorbereitung ist nun, nachdem die Unterstützung des Vortrages mithilfe von Medien gewährleistet ist, der Punkt erreicht, endlich vor das Publikum zu treten.

Besonders wichtig ist nun, den roten Faden am Anfang der Präsentation aufzugreifen und ihn bis zum Ende anschaulich beizubehalten. Nach einer persönlichen Begrüßung und Vorstellung könnte beispielsweise mit einem Zitat begonnen werden, einer Frage oder einer Statistik, die das Interesse der Zuhörer wecken. Anschließend sollte das Thema oder das Ziel des Vortrags genannt und ein Überblick über den Aufbau des Vortrags gegeben werden. Im Kurs wurden zum Beispiel verschiedene Formen der Freiheit (wie die Religions-, Meinungs- und Pressefreiheit) aufgezählt, um dann zur Willensfreiheit, mit der sich die Philosophie u. a. beschäftigt, überzuleiten. Daraufhin wurde die Hauptfrage, ob der Mensch frei ist, vorgestellt. Auch der rote Faden, der Weg von deterministischen Ansichten zum freien Willen, wurde auf diese Weise präsentiert.

Am Schluss der Präsentation besteht die Möglichkeit, nach dem Zusammenfassen der Kernaussagen, auf die Einleitung Bezug zu nehmen, mit einem Appell, einem Zitat oder einer rhetorischen Frage den Vortrag abzurunden und zur Diskussion anzuregen. Im Kurs wurden die einzelnen Theorien mit ihren Kernaussagen abschließend auf einer Folie entlang eines Strahles aufgeführt, der von der Unfreiheit zunehmend zur Freiheit führte, und die Präsentation wurde mit einer Diskussion beendet.

Während des Vortrags galt es, auf Mimik, Gestik und unsere Sprache zu achten. Nur durch Blickkontakt, natürliche und selbstbewusste Körperhaltung („Scheinwerfer“), verständliche Sprechweise und angemessenes Sprechtempo bleibt die Aufmerksamkeit des Publikums be-

stehen. Bei der Sprache sollte auf die korrekte Verwendung der Fachausdrücke geachtet und die Begriffe gegebenenfalls erklärt werden. Während des Vortrags können Karteikarten unterstützend wirken, solange sie nicht den Blickkontakt zum Publikum verringern. Auch Stift oder Zeigestab können dazu dienen, den Händen während des Redens eine Aufgabe, in diesem Fall das Festhalten, zu geben, um eventuelles wildes Gestikulieren zu vermeiden.

Nun sollte einem gelungenen Vortrag nichts mehr im Wege stehen und wie immer gilt: Übung macht den Meister!

Mit den im Kurs erlernten Präsentationstechniken sollten zukünftige Präsentationen problemlos erfolgreich werden.

Fazit

FELICITY, LUEKAR

Philosophieren ist nicht nur eine Geisteswissenschaft, es ist eine Kunst, eine Lebensweise. Entgegen der geläufigen Meinung, Philosophie bedeute, unnötige Fragen aufzuwerfen und verkomplizierte Phrasen von sich zu geben, ist es eher der Fall, mit den elementaren Fragestellungen des menschlichen Daseins umzugehen.

Es geht somit nicht darum, einfache Themen kompliziert zu reden oder viel zu reden und zu keinem Punkt zu kommen, sondern um das Hinterfragen des Lebens an sich.

Die Frage, wer wir sind, woher wir kommen und was wir tun sollen, beschäftigt die Menschheit seit Anbeginn der Zeit. Die Aufgabe der Philosophie ist es, Antworten auf diese Fragen zu finden und unsere alltäglichen Vorstellungen zu hinterfragen, damit wir zu eigenen Haltungen finden können.

Antworten auf diese Fragen sind so mannigfaltig wie die Anzahl der Autoren selbst. Darüber hinaus macht es sich die Philosophie zu ihrem Anliegen, alltägliche Vorstellungen, die von uns als selbstverständlich angenommen werden, zu hinterfragen und uns mögliche Antworten auf die essentiellen Fragen unseres Lebens zu liefern.

Viele Menschen gehen durch ihr Leben, ohne sich tatsächlich mit dem Leben zu beschäftigen.

Es ist ebenso unlogisch, sich operieren zu lassen, ohne sich davor mit den Risiken beschäftigt zu haben. Es ist schwer und unangenehm, sich mit den eigenen Gewohnheiten kritisch auseinanderzusetzen. Dennoch: Es liegt in der menschlichen Natur, Dinge zu hinterfragen und verstehen zu wollen. Wieso sollten wir also nicht unser Leben hinterfragen? Ist es nicht sogar das Wichtigste? Immerhin ist doch unsere Existenz der persönlichste Gegenstand, mit dem sich der Mensch beschäftigen kann. Diese Reflexion über unsere Leben und die Beschäftigung damit, ist schlussendlich Philosophie. Damit ist sie das essenziellste Nachdenken über uns selbst.

Aber nicht nur im Nachdenken ist Philosophie wichtig, sondern sie hilft auch, sich mit anderen zu beschäftigen, oder besser gesagt, mit ihnen zu diskutieren, seine eigene Meinung zu begründen.

Es ist ersichtlich, dass Philosophie alle Menschen und zwar in vielen Lebensaspekten betrifft.

Unser Kursthema stammt aus dem Themengebiet der Anthropologie und besitzt als solches eine hohe Bedeutung für unser Selbstverständnis. Es ist daher schwierig, sich der Bedeutung der Theorien und deren Implikationen für die Praxis zu entziehen. Eine Haltung bezüglich der Willensfreiheit zu erlangen, hat daher weitreichende Konsequenzen für den Umgang mit den Mitmenschen, der Gesellschaft und dem eigenen Selbstverständnis.

Hierzu haben wir die Positionen verschiedener Philosophen und anderer Denker kennengelernt, welche in diesem Kursbericht dargestellt wurden. Für die Philosophie ist ein Aspekt von Freiheit von besonderer Relevanz: die Willensfreiheit; dies liegt daran, dass sie innerhalb der Anthropologie liegt. All unsere Handlungen basieren auf dem Willen, alle unsere Entscheidungen, Gedanken und Meinungen ebenso.

Hierbei sind wir nicht voreingenommen an die Theorien herangegangen und wir haben keine absolut allgemeingültige Lösung bekommen, sondern haben für uns die Meinungen, die wir uns erarbeitet haben, selbst gegeneinander aufgewogen und uns entsprechend unserer eigenen Meinung positioniert. Die Bejahung der Wil-

lensfreiheit lässt Raum für Eigenverantwortung und die Änderung der eigenen Persönlichkeit. Eine deterministische Haltung hingegen lässt den Begriff der Schuld problematisch erscheinen, mag aber zu einer größeren Toleranz der eigenen und fremden Fehler führen.

Bevor wir den Kurs besucht haben, hatten wir eine lediglich intuitive Meinung darüber, ob der Mensch frei ist. Für einige Teilnehmer war die Idee des Determinismus eine ganz neue Sichtweise, an die sie selbst niemals gedacht haben. Im Laufe des Kurses haben wir uns dann intensiv mit dem Thema beschäftigt und sind auf Vor-, bzw. Nachteile der verschiedenen Theorien gestoßen. Am Ende des Kurses hatte dann jeder eine Ahnung davon, wie er selbst zu dem Thema steht. Da das Thema Freiheit für das ganze Leben wichtig ist, sind die Ergebnisse, die wir uns erarbeitet haben, auch in der Zeit nach dem Kurs relevant und wir können die Ergebnisse des Kurses auch für unser weiteres Leben gebrauchen.

Und so hoffen wir, dass auch Sie sich, geehrter Leser, durch unsere Darbietung an Informationen eine Meinung haben bilden können.

Unser Kurs

Celine Cicero: *Stille Wasser sind tief*. Dieser Satz passt perfekt zu Celine.

Im Kurs hielt sie sich wegen ihrer introvertierten Art meist eher zurück und analysierte das Thema erst einmal gründlich in ihrem Kopf. Hatte sie dann aber was zu sagen, war dies immer genau auf den Punkt gebracht und zielführend. Dank ihr schafften wir es beispielsweise, eine exakte Definition für den Begriff der Person zu finden, was ohne sie wahrscheinlich unmöglich gewesen wäre. Sie ist durch ihre ruhige, nachdenkliche Art eben die geborene Philosophin.

Celine und Luisa bildeten während der Akademie ein unzertrennliches Duo. Neben dem gemeinsamen Kampf durch verzwickte Texte, verbrachten sie ihre Freizeit gemeinsam und erlebten viele lustige Momente. Es stellte sich außerdem heraus, dass Celine

eine äußerst begabte Tischtennisspielerin und eine noch begabtere Tänzerin ist, was sie u. a. beim Bergfest beweisen konnte.

David Descartes: Ohne David hätten wir wohl am Eröffnungswochenende niemals die Plane gedreht und auch während des Sommers waren seine Beiträge zielführend. Ioan und er rockten im Kurs mit einer humorvollen Battle-Rap-Show, waren vor allem während dem selbstständigen Erarbeiten der philosophischen Theorien ein eingespieltes und harmonisches Team und ergänzten sich gegenseitig perfekt.

David konnte den Speiseplan während der Akademiezeit auswendig, folglich war er der erste Ansprechpartner in diesem Themengebiet. Oftmals teilte er einfach so dem gesamten Kurs den Speiseplan für den Tag mit, was Alex immer ärgerte, da er sich von jeder Mahlzeit überraschen lassen wollte.

Elisa Epikur: Elisa ist einfach ein Sonnenstrahl, immer gut drauf, immer positiv (sogar bei einem mehrfachen Bänderriss)! Sie schaffte es, sich während des Bockspringens beim Wandertag die Verletzung zuzuziehen, was ihre hin und wieder auftretende chaotische Art unterstrich. Sie ist eine begeisterte Theaterspielerin, die SEHR viele Charaktere verkörpern kann. #Hawaiiichkomme!

Im Kurs fasste sie bei Gruppenarbeiten punktgenau unsere Ergebnisse zusammen. Wenn sie dabei ist, fühlt man sich sicher – das konnte auch Alex bestätigen, der Elisa als seine „Wing-Woman“ auserkoren hatte. Auch so ist Elisa höchst engagiert, zum Beispiel übernahm sie kurzerhand die Planung und Bestellung unseres kursinternen Pullis.

Elisa fand irgendwie die Zeit, einfach mal abends in einer KüA- Schiene schnell einen tollen und lustigen Tanzkurs zu organisieren und brachte den Teilnehmern nebenher Schritte bei.

Mit so einer motivierten, offenen und witzigen Kurspartnerin kann alles, sei es Lernen oder Sport, nur Spaß machen.

Felicity Frankfurt: Felicity ist die Ruhe in Person. In den Arbeitsphasen war sie immer konzentriert und glänzte durch ein enormes

Theorieverständnis. Außerdem bestand sie sehr auf ordentliches Arbeiten, sowohl bei sich als auch bei anderen. #markierenmitmarkerBITTE Ihre sehr aufgeweckte und hilfsbereite Arbeitshaltung half nicht nur in kleinen Gruppenarbeiten weiter, in denen sie anderen Leuten das Thema noch einmal besser erklärte, sondern auch in ihrer Präsentationsgruppe, indem sie alle Basisinformationen zusammentrug und netterweise manche Karteikarten für ihre Gruppenmitglieder verfasste. Bei der Rotation begeisterte Felicity mit ihrer Ruhe und Gelassenheit.

Egal zu welchem Anlass, Felicity war immer bereit zu einer Diskussion – darunter die Frage nach den Vorteilen des Vegetarierdaseins. Solche Diskussionen erblühten des Öfteren auch während des Essens. Manchmal ging es dann auch so weit, dass eine gewisse Person (Luek) sie so sehr genervt hat, dass sie sich nicht anders zu helfen wusste, als ihn (manchmal mehr und manchmal weniger) ernsthaft zu boxen.

Auch im Theater hat sie in der Rolle des Watson alle begeistert und mitgerissen.

Henri Hume: Henri stach in unserem Kurs mit seinem originellen (aber extrem coolen) Kleidungsstil hervor und vertrat eisern die Meinung, dass der Pulli der Science Academy 2019 in der Farbe pastellrosa sein sollte. #flowerpower. Seine impulsive, laute aber auch humorvolle und rücksichtsvolle Art bereicherte unseren Kurs ungemein. Seine Fähigkeit, immer gute Laune zu verbreiten, ist bewundernswert und hat ihm bei Alex den Titel „kleines Sonnenscheinchen“ eingebracht.

In den KüAs hielt er eine lustige improvisierte Präsentation und baute eine etwas seltsame Beziehung zum Geländespiel auf, die immer noch niemand so richtig versteht.

Henri war gefühlt die ganze Akademie über heiser, ließ es sich aber trotzdem nicht nehmen, hin und wieder zu reden wie ein Wasserfall und in voller Inbrunst unseren Schlachtruf mitzubrüllen – auch wenn abends von seiner Stimme meist nicht mehr als ein Flüstern übrig war.

Während der Mahlzeiten an unserem „Philosophen-Tisch“ packte er vom Schwäbischen bis zum Sächsischen diverse Dialekte aus, sodass wir vor lauter Lachen nicht mehr zum Essen kamen.

Ioan Andrei Aristoteles: Ioan ist ein hilfsbereiter, netter und lustiger Mensch, mit dem man sich sehr gut unterhalten kann. Er zeichnete sich im Bereich der Philosophie besonders durch enormes Hintergrundwissen aus, welches er durch zusätzliche Bücher erlangte. Dazu konnte er aber auch viele gute und logisch aufgebaute Beiträge zu unserem Kurs liefern. Während der Arbeitsphasen bildete er ein harmonisches Team mit David. Auch außerhalb der Kursschienen hat er keine Kosten und Mühen gescheut, hartnäckig an der Rotationspräsentation weiter zu arbeiten, vergaß aber im Eifer des Gefechts Freud. Er stellte nicht nur in der Philosophie seine Fähigkeiten unter Beweis, sondern zeigte auch viel Begeisterung im Bereich der Mathematik. Darüber hinaus wurden seine Schachkenntnisse allabendlich gefordert, doch der Deutsche Meister ließ sich nicht einmal BLIND schlagen. Er war immer für die anderen da, um sein fachlich kompetentes Wissen an die anderen weiterzugeben.

Karolina Kant: Karolina ist eine ausgeglichene, liebevolle, kreative und sympathische Person und überraschte mit ihren sorgfältig durchdachten Beiträgen und ihren inspirierenden Gedankengängen während der Diskussionen. Sie war Teil des ORGA-Teams für das Bergfest und steuerte durch ihre Teilnahme an der Moderation des Bergfestes erheblich dazu bei, dass der Abend unvergessen bleibt. Außerdem nahm sie als die Freundin des Gärtners, die einen Mord aus Eifersucht beging, erfolgreich an der Theater-KüA teil.

Karo mochte die von Farina organisierten Spiele im Kurs meistens nicht wirklich („Ich hasse das!“), ließ sich aber trotzdem nie unterkriegen.

#wirbekommenkeinekinderwegenderverantwortung (Freuds Psychoanalyse) #amazing #kleinaberoho

Leander Locke: Leander ist eine ausgeglichene und sympathische Person. Er brachte uns regelmäßig mit seinem trockenen Humor zum Lachen und riss sarkastische Witze mit philosophischem Hintergrund.

Auch Leander ist der geborene Philosoph, da er kritisch hinterfragt und Theorien miteinander verknüpfen und vergleichen kann. Bei unseren Gedankenexperimenten inspirierte er uns mit seinen originellen Ideen. Er war bekannt dafür, gute Beiträge zu liefern, die einfach, verständlich und durchdacht waren. Es ist sehr angenehm mit ihm zusammenzuarbeiten und das Wissen, dass die Arbeit zu einem erfolgreichen Ergebnis kommt, ist mit ihm gegeben. Er hat außerdem ein großes Herz für Tiere und ist Vegetarier, was er allerdings nie an die große Glocke gehängt hat. Aufgrund seines ruhigen und gut gelaunten Charakters war er in Stresssituationen ein Ruhepol.

Lucie Lao Zi: Lucie, wenn das zwei ist, ist das ...? Mit diesem Satz und Freuds Psychoanalyse („Ich will keine Kinder mehr!“) konnte man in Lucie filmreife Temperamentausbrüche auslösen, die sie dazu brachten bei Henri Nachhilfe im Boxen zu nehmen – was Henri das ein oder andere Mal entweder zum Verzweifeln oder zum Schmunzeln brachte. Lucies Motto: Aufgeben ist keine Option und die Welt gilt es zu verbessern. Sie liebte das Diskutieren über Themen wie Abtreibung, Tampons etc.

Elisa und Lucie waren/sind unzertrennlich und arbeiteten meist zusammen, was beispielsweise zu einem Schreikrampf im Treppenhaus vor dem Kursraum führte, da sie komplett euphorisch einen Text von Kant verstanden hatten.

Außerdem war Lucie unangefochtene Siegerin in diversen Spielen und beschloss selbstlos, Elisa mit ihrem kaputten Fuß unter keinen Umständen verhungern zu lassen, auch wenn das bedeutete, dass sie bei jeder Mahlzeit für sich und Elisa laufen musste. #Engel auf Erden.

Luek Leibniz: Da es während der Akademie nicht möglich war, an Kaffee zu kommen (außer man ging nach Adelsheim) glich Lue-

kar seinen Koffeinmangel tagtäglich mit mehreren Litern Tee aus (#koffeinjunkie).

Beim Eröffnungswochenende kam er auf die grandiose Idee, dass wir die Pläne vielleicht umdrehen könnten, indem wir hüpfen sollten. Diese Methode war zwar nicht ziel führend, aber wirklich amüsant.

Als Peter Bieri trat er den Wissenschaftlern mit seinen schön verpackten, spitzen Bemerkungen gehörig auf den Schlipps, ohne sich, beim Vorlesen seines Briefes an die Neurologen, das Recht nehmen zu lassen, zu stehen („Ich kann das im Stehen besser mit der Betonung und so“). Allgemein begeisterte Luek mit seinen komplexen Verknüpfungen der Inhalte und seinem Hinterfragen der Theorien.

Der Perfektionismus von ihm und Elisa brachte die beiden dazu, ewig über die Frage zu diskutieren, welche Inhalte für die Präsentation der Rotation sinnvoll sind.

Luisa-Marie Leukipp: Luisa war auch eher ein ruhigeres Mitglied in unserer Truppe. Interessiert beobachtete sie das Geschehen und hörte aufmerksam zu, bevor sie etwas sagte, was die anderen oft zum Nachdenken brachte. Sie hinterfragte die Dinge, die ihr zu Ohren kamen und brachte oft gute Gegenargumente und neue Sichtweisen ein, womit sie die Perspektiven der anderen Teilnehmer erweiterte. Sie steckt voller Geheimnisse und Talente, vor allem im Bereich der Logik. Beim gemeinsamen Rätsellösen sollte man nicht davon ausgehen, mit ihr mithalten zu können. Außerdem hat sie eine tolle Persönlichkeit und ist eine sehr gute Freundin. Sie hat immer eine lustige oder hilfreiche Antwort parat, deshalb war sie ein enorm wichtiger Bestandteil des Kurses und wir haben sie alle ins Herz geschossen.

Sofia Schopenhauer: Sofia ist ein sehr offener und lebenswürdiger Mensch. Durch ihre aufgeschlossene Art fand sie sich an der Akademie sehr schnell zurecht. Im Kurs selbst begeisterte sie immer wieder mit ihrer Diskussionsfreudigkeit, wobei sie die anderen jedoch keinesfalls außer Acht ließ. Komplexere Themen und Inhalte meisterte sie ohne Probleme und war sehr oft die Erste,

die sich dann meldete, um die Antwort oder eine Meinung zu verkünden. Ihre Leidenschaft ist das Tanzen, darum brachte sie bei ihrer Tanz-KüA den anderen Teilnehmern verschiedene Arten des Standarttanzes bei. Im Kurs sorgte sie mit Sprüchen immer wieder aufs Neue für Lacher und gute Stimmung.

Sofia ist geradeheraus und sagt ihre Meinung offen und vertritt sie auch standhaft, ohne aber starrköpfig zu sein.

Sofia war ein wichtiger Teil des ORGA-Teams für das Bergfest.

#kannichmalkurzdeineflaschehaben?!

Alex (Wille): Alex bezeichnete sich am Anfang unseres Kurses selbst als Demotivationstrainer (#gutelaunebär), doch spätestens beim Sportfest war jedem klar, dass er Motivation pur ist. Es ist echt unglaublich, wie Alex jeden Morgen mit einem strahlenden Lächeln beim Frühstück erschien und seiner guten Laune und zuversichtlichen Ausstrahlung scheinbar nichts und niemand etwas anhaben konnte. Er weckte in unkonzentrierten Momenten wieder unseren Fokus und brachte uns unermüdlich dazu, unsere geistigen Ketten zu sprengen.

Außerdem bewies Alex durchaus schauspielerisches Talent und brachte durch seine wirklich authentische Verkörperung des Aschenputtels alle zum Lachen. #ichbinso glücklich #okeee

Farina (Authentizität): Farina war der Ruhepol in unserem Kurs und zog im Hintergrund die Fäden. Ohne sie wären die gelegentlichen kleinen Pausen während des Kurses nicht so amüsant gewesen, da sie diese mit witzigen und abwechslungsreichen Spielen füllte.

Durch ihre ruhigere Art bildeten Alex und sie das perfekte Team, das immer harmonierte.

Während unserer Exkursion brachte uns Farina anschaulich durch ein Schattenspiel das Höhlengleichnis von Platon nahe.

Außerdem war Farina bei technischen Fragen wie beispielsweise diversen Word-

Problemen die erste Anlaufstelle. #walnüss-eisstniemand #kooperativseinzumsterben

Jakob (Wahrheit der Idee): Jakob musste als unser Schülermentor während des Sportfestes auf dem laufenden „A“ wirklich um sein Leben bangen. Wir Kursteilnehmer bescherten ihm nämlich ungewollt durch unsere eher wilde Art und Weise, das „A“ übers Spielfeld zu bringen, den ein oder anderen Schock und beinahe Knochenbrüche. Jakob war für uns unverzichtbar: Wir hätten am Ende der Tage, an denen wir mental immer völlig am Ende waren, ohne seine wahrhaft unglaublichen Fazite, die die kompliziertesten Theorien einfach und anschaulich darstellten, niemals den Durch- und Überblick behalten können. Doch noch viel wichtiger als seine fachliche Kompetenz ist die Tatsache, dass er wahrhaftig das Rückgrat unseres Kurses war und uns zusammenhielt. Er war immer für uns da – egal mit welchem Problem wir zu ihm kamen.

Insider des Kurses

Alex: Wer ist hier der Chef? – Lucie: Ich!

Alex: Wir waren im letzten Jahr der Kurs mit den meisten Verletzungen. Ich will, dass das dieses Jahr so bleibt!

Farina: Ihr müsst schon kooperativer sein zum Sterben!

Lucie: Der Determinismus nervt! Warum können wir nicht einfach frei sein? Punkt! Aus! Ende!

Leander: Wenn ich mein Leben lang nur Einhörner sehe, und dann ein Pferd, dann denke ich, das ist ein Einhorn ohne Horn.

Leander: Müssen wir nach Hume dann den schwarzen Schwan weiß färben?

Luekar: Ich bin ein Resultat von meinem eigenen Leben.

Alex: Der Text ist nicht schwer, aber halt Kant.

Leander: Ich habe Kant nicht geKAN(n)T

Henri: Kann man bei Kant überhaupt Spaß haben?

Alex: Das ist reine Spekulation! – Ioan: Nein, der weiß das a priori!

Sofia: Dann kommt ein Massenmörder und bringt die ganze Menschheit um.

(Jakob vollendet den Tafelaufschrieb, den Alex angefangen hat) Alex: Das Tafelbild ist nicht mehr stimmig – Jakob: Mimimi!

Felicity: Henri, bei Fuß!

Lucie: Kant sagt nichts, Kant schwafelt.

(Alex und Farina essen Studentenfutter) Farina: Walnüsse isst niemand – Alex: Doch, ich! – Farina: Also keiner!

Henris Antwort auf die Frage, welche Farbe seine liebste ist: Blume!

(Ioan hat die Folie über Freud im Vortrag versehentlich übersprungen) David kommentiert: Die haben sich alle auf Freud geFREUD!

Ioan: Wir können unser ES stoppen, indem wir einfach kurz innehalten . . .

Sofia: Ich dingsbumse mich mit Jogginghosen. – Alex: Ich identifiziere!

Henri: Du hast es ErKANT

Henri: Für mich ist es so, wie über den Teller-
rand hinaus zu schauen, das ist jetzt eine Meta-
pher – Alex: Ach wirklich, ich dachte du stehst
die ganze Zeit auf einem Teller und schaust
über den Rand!

David: Wir gründen ein Deterministisches
Deutsches Reich (DDR)

Lucie: Wir brauchen Bier!

Alex (zu Farina): Die Konfiguration ist falsch
. . . Also die vom Leander (Thema war eigent-
lich das Tablet)

Kurs 6 – TheoPrax: Kühlen mit Wärme



Aus heiß mach kalt

KAI, JONAS

Kühlen mit Wärme – wie kann das funktionieren? Dieser paradoxen Frage hat sich der diesjährige TheoPrax-Kurs gestellt. Fakt ist: Die Sommer werden zunehmend heißer und immer mehr Menschen nutzen eine Klimaanlage. Es ist ja auch angenehm, in einer kühlen Umgebung zu arbeiten bzw. in der Wohnung im Sommer eine angenehm kühle Temperatur genießen zu können. Das Problem an herkömmlichen Kompressionskältemaschinen ist allerdings, dass diese Maschinen sehr viel elektrische Energie benötigen: Laut Internationaler Energieagentur verbrauchen Klimaanlagen bereits ein Zehntel des weltweit erzeugten Stroms!

Unser Kurs hatte sich daher zum Ziel gesetzt, selbst eine stromsparende Kühlanlage in Form einer Adsorptionskältemaschine (AKM) zu bauen, die die Energie nicht aus elektrischem Strom bezieht, sondern aus Wärme. Wärme ist in vie-

len Bereichen noch ungenutzt, was sich mit Adsorptionskältemaschinen ändern ließe. Diese Form der Energie lässt sich zusätzlich sehr einfach mit Solarkollektoren gewinnen.

Unseren Auftrag zum Bau einer Modell-AKM für Ausstellungen und Messen erhielten wir von Herrn Christian Teicht, der am Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT) in Pfinztal arbeitet. In den zwei Wochen der Akademie haben wir uns – nach viel Theorie zu Projektmanagement und den Grundlagen einer AKM – dem Bau einer eigenen Anlage gewidmet. Wir haben uns in drei Gruppen aufgeteilt, die sich auf verschiedene Gebiete spezialisiert haben, und in denen wir Versuche zum Adsorptionsverhalten unseres Zeoliths gemacht haben. Wir haben gegrübelt, gesägt, geknetet, geschraubt, geflucht und gejubelt. In den zwei Wochen haben wir gemeinsam eine aufregende

Berg- und Talfahrt erlebt, und standen schließlich pünktlich zum Stichtag auf der Bergspitze vor unserem funktionstüchtigen Produkt.

14 Menschen – 1 Team

KARINA, BENEDIKT

Unser Team bestand zunächst aus elf Teilnehmenden, die wiederum in drei Gruppen eingeteilt wurden: Kernkomponenten, Vakuumtechnik und Messtechnik/Didaktik. Unterstützt wurde das Team von zwei Kursleitern und einer Schülermentorin.

Team Kernkomponenten

Das Team Kernkomponenten, bestehend aus Saskia, Kai, Simon, Jonas und Max, waren für unsere Hauptbauteile sowie deren Anordnung zuständig.

Saskia zeigte in jedem Bereich großes Engagement und Fleiß. Ihre Werkzeuge: die (Holz-)Säge und der 3D-Drucker. Durch ihre riesige Leistungsbereitschaft, ihr ermunterndes Lächeln und ihren unerschöpflichen Ideenreichtum wurden ausweglos scheinende Probleme kinderleicht und locker bewältigt. Ihre Motivation und Eigeninitiative steckten den gesamten Kurs an, sodass in ihrer Nähe eine entspannte und effiziente Arbeitatmosphäre entstand. Saskia scheute sich nie vor Arbeit und konnte ihre Begeisterung im Orchester als Violinistin und sogar als Dirigentin ausleben.

Kai war „die Ruhe selbst“ und behielt in jeder stressigen Situation einen kühlen Kopf sowie seinen unübertrefflichen Humor. Inzwischen hat er sogar einen eigenen Song. Zusammen mit ihm wuchs das Team zu einer Einheit mit den meisten Insidern innerhalb des Kurses zusammen. Seine sehr risikoreichen Ideen setzte er topmotiviert durch, sodass jeder am Abend über einen implodierten Versuchsaufbau aufgrund undichter Vakuumknete lachen konnte.

Simon punktete mit seiner immer fröhlichen Art und seinem ansteckenden Lächeln. Er zeigte sich als sehr hilfsbereites und fleißiges

Mitglied, sodass er immer um Hilfe gebeten werden konnte. Er war der geborene Macher und blühte besonders im praktischen Teil richtig auf. Auch er konnte bald den JESUS-Tanz performen und singen und pflanzte den Ohrwurm immer mehr Teilnehmenden ein.

Jonas brachte einen enormen Wissensstand in den Kurs ein. Mit seiner ruhigen Art und mithilfe seines bezaubernden Lächelns und angenehmen Redeweise konnte er die Herzen aller Teilnehmerinnen und Teilnehmer im Kurs erobern. Nicht nur im Kurs, sondern auch in der Zeitungs-KüA überzeugte er uns mit seinem Engagement und seinen Ideen.

Max zeigte im Kurs seinen Humor und mit ihm gab es immer etwas zu Lachen. Er brachte gerne Ideen ein und so erhielt unser Traumentwurf der Maschine nicht nur einen Schokobrunnen und ein Becken mit Würstchenwasser, sondern auch einen externen Wasserkreislauf. Mit seinem Talent zum Präsentieren konnte er nicht nur im Kurs, sondern auch beim PowerPoint-Karaoke glänzen.

Team Vakuumtechnik

Ellen, Benedikt und Karina bildeten das Team Vakuumtechnik. In Kooperation mit der Kernkomponentengruppe wurden die einzelnen Bauteile angefertigt und die Maschine abgedichtet.

Ellen zeigte schon vor Beginn der Akademie einen bemerkenswerten Fleiß in der Recherche. Unter ihren Fingern entstanden in Windeseile die Texte für den Abschlussbericht, an denen sie unermüdlich feilte. Während der Arbeit war ihre Begeisterung am Ausprobieren, Bauen und Messen an ihren leuchtenden Augen deutlich zu erkennen. Auch in der Theater-KüA hat ihre Leidenschaft zum Schauspielen das Publikum am Abschlussabend als Hercule Poirot, dem belgischen(!) Detektiv, begeistert.

Benedikt ist die Person, die den Kaffee wohl am zweitmeisten vermisste. Obwohl wir unter hohem Zeitdruck standen, schaffte der Meister der Satzzeichen es immer, eine Toffifeepackung leer zu essen oder einen Tee zu

sippen. Mit seiner lässigen Art und seinem durchgängigen Humor gingen Phrasen wie „Sheeshpringer“ durch die ganze Akademie, sodass Benedikt ein allseits bekannter Teilnehmer wurde. Während der Arbeit konnte jeder mit ihm neue Rumba-Figuren oder auch den Mathetanz lernen.

Karina konnte mit ihrer fröhlichen Art und ihrem großen Engagement überzeugen. Ob in der Arbeit in der Gruppe oder beim Zusammenbauen der Maschine war sie immer eifrig dabei und legte nicht selten ein Tänzchen aufs Parkett. Wenn sie nicht gerade dabei war die Kühlbox zu bauen, das Kurs T-Shirt zu designen oder an Maschine und Präsentation zu werkeln, war sie mit einem ordentlichen Lachflash vorzufinden, von dem zwangsläufig jeder angesteckt wurde.

Team Messtechnik und Didaktik

Zum Team Messtechnik und Didaktik gehörten Joelle, Lukas und Lukas. Zusammen bildeten sie ein harmonisch agierendes Team, welches das Unmögliche möglich machte: Am Ende der Akademie zeigten die Sensoren kaum abweichende Live-Messdaten in einer anschaulichen Präsentation an.

Joelle war ein ruhiges, sehr nettes, kluges und geschätztes Mitglied unseres Kurses. Ihre vorausschauende und überlegte Art brachte viel Ruhe und Ordnung. Sie war sowohl am Bau der Maschine, als auch am Programmieren der Sensoren immer fleißig dabei. So kam es, dass sie in der Regel weit vor der Deadline mit den Recherche- und Schreibaufträgen fertig war. Egal wo es hakte, sie war stets zur Stelle und half in jedem möglichen Bereich.

Lukas K. ist unser Retter, wenn es ums Thema Computer geht. Jeden Computer, jeden Beamer und jedes technische Gerät bekam er zum Laufen, egal wie aussichtslos der Blick auf den Bildschirm eines Laptops aussah. Er konnte jede Situation erklären und zusammenfassen.

Lukas G. erarbeitete in einer kurzen Zeit gemeinsam mit Lukas K. unglaubliche Ergeb-

nisse. Mithilfe seiner selbsterlernten Computerfähigkeiten erstellte er eine interaktive PowerPoint-Präsentation mit allen erdenklichen Animationen. Nicht nur bei der Didaktik unserer Maschine und mit seiner unvergleichlichen Art zu erklären, sondern auch als Gitarrist in der Jazzband und dem Orchester der Akademie konnten seine Fingerfertigkeiten gesehen werden und hören. Nebenbei sorgte Lukas immer für gute Laune, sei es durch Witze, einen albernen Tanz mit seinen Freunden oder ein Namensschildtausch mit dem anderen Lukas.

Kursleiter und Schülermentoren

Und zu guter Letzt kommen wir zu unseren Kursleitern, die uns durch die Arbeit und Probleme geführt haben. Ohne ihre Hilfe könnten wir jetzt nicht so stolz auf unsere dichte Maschine schauen:

Matthias war unsere gute Fee, der Fels in der Brandung, der die Mannschaft bei Sturm und Sonne sicher zum Ziel führte, falls wir uns mal wieder in unserem Übereifer verannten. Er war unser Hüter der Deadlines, die wir mit seiner Fürsorge sicher überwandten. Keine Frage war ihm zu kompliziert, keine Mittagspause war ihm zu schade für zusätzliche Arbeit. Bei seiner kreativen Art wurde aus dem ägyptischen Schwebelholz schon mal ein australisches Wackelholz. Mit der Fotokamera in seiner Hand hielt er alle schönen und vor allem witzigen Schnappschüsse während der Projektarbeit, im Kurs oder auch während der Teambuilding-Übungen für die Ewigkeit fest.

Moritz konnte uns mit seinem Fachwissen zum Thema Projektmanagement super in das Thema einführen. Auch seine konstruktive Kritik und sein Lob erzielten stets ihre motivierende Wirkung. Sein Sinn für Humor, seine spontane Art, sein Musikgeschmack und auch seine Sprüche lockerte die Projektarbeit noch weiter auf. Und falls wir vor lauter Arbeitseifer mal wieder die Zeit aus den Augen verloren, erinnerte er uns mit einem beschwingten „Kinder, liebe Kinder,

kommt ihr bitte“ daran, dass auch TheoPraxler hin und wieder pünktlich zu den Mahlzeiten erscheinen sollten – Blupp nice.

Lorina ist unsere Stimmungsmacherin, denn egal was sie sich für Spiele ausdachte, was sie als nächstes bastelte, machte oder sagte, es wirkte sich sehr positiv auf die Atmosphäre im Kurs aus. Ihr gezeichnetes Rama-Lama-Ding-Dong-Einhorn schaffte es nicht nur an unsere Kurstür, sondern auch auf das Akademie-T-Shirt. Ihre erfrischende und witzige Art erheiterte jeden Tag den Kursraum. Bei ihr war in jeder komplizierten Situation ein offenes Ohr, eine ermunternde Phrase oder ein belebendes Lächeln zu finden.



Der Kurs TheoPrax und die fertige Maschine

Was ist TheoPrax?

JONAS, SASKIA

Der Name lässt erraten, dass bei TheoPrax Theorie und Praxis gleichermaßen vertreten sind, allerdings steckt noch viel mehr dahinter: TheoPrax ist eine Lehr- und Lern-Methodik, die vom Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (Fraunhofer ICT) entwickelt wurde. Das Ziel ist, bei Jugendlichen die Motivation zum Lernen vor allem in naturwissenschaftlichen und technischen Themengebieten zu steigern. Dafür bearbeiten die Jugendlichen im Team ein Projekt mit Ernstcharakter zu einem aktuellen wissenschaftlichen Anliegen und agieren wie eine kleine Firma. So arbeiten sie im Angebots- und Auftrags-Verhältnis zusammen mit einem Auftraggeber. Dabei wird

zunächst ein Angebot an den Auftraggeber, in unserem Fall das Fraunhofer ICT erstellt. Nach erfolgter Beauftragung geht es sofort in die Realisierungsphase. Um ihr Projekt erfolgreich abzuschließen zu können, erlernen die Teilnehmenden zunächst die Grundlagen eines erfolgreichen Projektmanagements, da dies ein wichtiger Bestandteil der Projektarbeit ist. Auch die wissenschaftlichen und technischen theoretischen Grundlagen des Projekts müssen zunächst erlernt und berücksichtigt werden. Dann können die erlernten einzelnen Arbeitsschritte direkt in die Praxis umgesetzt werden: Zunächst wird das Projektmanagement abgeschlossen, dann geht es an die praktische Umsetzung, in unserem Fall den Bau der Ad-sorptionskältemaschine.

Durch die Vielfältigkeit der Aufgaben zur Bewältigung eines Projektes lernen die Schüler und Schülerinnen, in Zusammenhängen zu denken, zu handeln und sich selbständig Wissen anzueignen. Dadurch können sie ein problemorientiertes Arbeiten in der Praxis ausführen, denn in der Projektarbeit werden die überfachlichen Kompetenzen gestärkt und das unternehmerische Denken und Handeln gefördert.



Produktiver Ideenaustausch.

Eröffnungswochenende – das erste Treffen

LUKAS

Der Startschuss der Sommerakademie fiel bereits einige Wochen vorher. Das Eröffnungswochenende fand vom 28.–30. 6. 2019 statt. Dort

haben wir uns zum ersten Mal getroffen, uns kennengelernt und wurden mit unserer Aufgabe vertraut gemacht.

Nach dem allgemeinen Einführungsteil trafen wir uns in den einzelnen Kursen und konnten die anderen TheoPraxler und TheoPraxlerinnen im Rahmen toller Spiele kennenlernen. Das war besonders interessant und bedeutend für uns, denn gemeinsam sollten wir zwei Wochen der Sommerferien miteinander verbringen.

In der abendlichen Kurs-Schiene erklärten uns unsere beiden Kursleiter Mattias und Moritz, was auf uns zukommen würde und vor allem, was „TheoPrax“ überhaupt bedeute.

Am nächsten Tag kam unser Auftraggeber Christian Teicht vom Fraunhofer ICT vorbei und erklärte uns das Konzept „Kühlen mit Wärme“. Im Anschluss daran haben wir uns im Labor durch diverse Experimente mit dem Idealen Gasgesetz, der Ad-/Desorption, und mit Zeolithen auseinandergesetzt. Am Samstagnachmittag ging es weiter mit dem Thema Teamarbeit, wobei es wichtig war, Teamrollen kennenzulernen und die Teameinteilung zu erarbeiten. Dazu kam noch ein bisschen Theorie, die sich am Sonntagmorgen fortgesetzt hat.

Zusätzlich wurde uns ein Termin bekanntgegeben, die Exkursion zum Fraunhofer ICT. Dort würden wir die physikalischen und chemischen Prinzipien, die hinter unserem Thema bzw. Auftrag standen, besser verstehen und dem Auftraggeber weitere Fragen stellen können.

Mit Vorfreude auf die Akademie, aber auch mit einem etwas mulmigen Gefühl, fuhren wir wieder nach Hause, da noch viel Arbeit auf uns wartete: So sollten wir uns zu Hause einen Großteil der Theorie selbst aneignen und den Bauplan für unsere spätere Adsorptionskältemaschine entwerfen. Außerdem sollten wir in drei Untergruppen eine jeweils 30-minütige Präsentation vorbereiten, um alle anderen im Kurs auf den gleichen Wissensstand zu bringen.

Exkursion zum Fraunhofer ICT

ELLEN, JOELLE

Kaum war das Eröffnungswochenende verstrichen, trafen sich die Teilnehmer des TheoPrax-

Kurses am 15.07.2019 auch schon wieder zur kurseigenen Exkursion am Fraunhofer ICT. An diesem Tag machten sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer unseres Kurses meist schon früh morgens auf den langen Weg zum Fraunhofer Institut auf dem Hummelberg in Pfinztal. Während einige von uns den Komfort genießen konnten, mit dem Auto gefahren zu werden, gab es andere, die sämtliche Hürden und Unannehmlichkeiten der Bahn auf sich nehmen mussten und schon bei der Ankunft an der niedlichen S-Bahn-Station Berghausen Hummelberg genug Abenteuer für einen Tag erlebt hatten. Als alle Teilnehmenden nach gewissen Zugausfällen, Verspätungen und spontanem Sprinten durch Bahnhofshallen angekommen waren, konnte die eigentliche Exkursion endlich beginnen.

Während des Aufstiegs auf den Berg, auf dem das Fraunhofer ICT thront, stach uns als Erstes das große Windrad ins Auge. Angetrieben von diesem Ziel schafften wir die letzten Meter „mit Klacks“ und es ging ohne Umwege ins Labor unseres Auftraggebers Herrn Christian Teicht. Er erklärte uns eine riesige Maschine zur Druckmessung, und stellte erste Materialien und Geräte vor, die für die Umsetzung unseres Projekts eine Rolle spielen würden. So zeigte er uns beispielsweise Bauteile des Kleinflansch-Systems, erläuterte Möglichkeiten für die Umsetzung eines Kondensators und für die Befestigung der einzelnen Komponenten unserer Maschine.

In der Mittagspause konnten wir uns mit einigen Stücken Pizza stärken. Bei den dabei entstandenen Gesprächen lernten wir uns als Gruppe besser kennen und tauschten uns über die bevorstehende Akademie und die anstehenden Vorbereitungen aus. Nach einem spontanen Pizzawettbewerb konnte die Besichtigung des Instituts weitergehen.

Wir wurden von weiteren Mitarbeitern des Fraunhofer ICT durch große Hallen geführt, die noch immer für den Tag der offenen Tür am Tag zuvor hergerichtet waren. Anhand riesiger Maschinen wurde uns der Herstellungsprozess von Polystyrol nähergebracht und wir konnten beobachten, wie kleine, bunte Kreisel spritzgepresst und auf dem Laufband in

Kisten transportiert wurden. Als Andenken durfte schließlich jeder einen Kreisel und eine ebenso spritzgepresste Frisbee mit nach Hause nehmen.

Zu guter Letzt wurden wir in die neuste Forschungsabteilung des Instituts geführt, die noch nicht vollständig ausgebaut, aber trotzdem sehr interessant war. In meterlangen Rohren wurden dort extrem hohe Drücke erzeugt und die Sicherheit und Druckbeständigkeit von Bauteilen geprüft.

Am Ende der Exkursion tauschten wir uns noch über unsere bisherigen Rechercheergebnisse aus, bevor wir uns schließlich alle wieder auf den Rückweg machten.

Da die Exkursion im Gegensatz zu den Exkursionen der anderen Kurse nicht während der Akademiezeit stattfand, bot sie eine sehr gute Möglichkeit zum besseren Kennenlernen und Austauschen und hat somit die Vorfreude auf die eigentliche Sommerakademie nochmal gesteigert.



Motivation bei der Exkursion.

Projektmanagement

JOELLE, BENEDIKT

Unsere Aufgabe im TheoPrax Kurs war es, eine Adsorptionskältemaschine unter realen Bedingungen zu bauen und in Betrieb zu nehmen, die bei Messen zu Demonstrationszwecken eingesetzt werden kann. Dazu zählten nicht nur die Praxis, also das Schrauben, Sägen, Kleben, Löten, Verkabeln und Abdichten der Maschine mit ihren Komponenten und Elektronikbestandteilen, sondern auch die zweite Hälfte

der TheoPrax-Methode: Die Theorie. Darunter verstanden wir neben den theoretischen, physikalischen Grundlagen der Adsorptionskältemaschine unter anderem auch das Projektmanagement.

Planen, planen, planen . . .

Bei einem Projekt steht eine ordentliche Planung an oberster Stelle, und nimmt viel Zeit in Anspruch. Das Projektmanagement beschäftigte uns über die ganze Akademiezeit hinweg, vor allem aber am Eröffnungswochenende, bei der Exkursion und an den ersten Tagen der zwei Sommerwochen.



Projektstruktur ist immer wichtig

Risikoanalysen, Projektstrukturpläne und Co.

Wir erstellten Risikoanalysen, in denen verschiedene Risiken in Wahrscheinlichkeiten des Eintretens („kaum“, „möglicherweise“ und „ziemlich sicher“) und auch in deren Auswirkungen im Falle des Eintretens („Verkraftbar“, „Rückschlag“ und „Erfolgsgefährdend“) eingestuft wurden. Ein Beispiel dafür wäre, dass wir das Risiko, dass ein Teammitglied ausfällt, in die Kategorien „verkraftbar“ und „ziemlich sicher“ einstuften. Unter Berücksichtigung dieser Risiken konnten wir dann Vorsichtsmaßnahmen einplanen. Es stellte sich aber heraus, dass wir einige Risiken falsch bewertet hatten, denn ironischerweise sind vier Teammitglieder gleichzeitig ausgefallen, sodass die Auswirkungen eher in die Kategorie „Rückschlag“ gehört hätten.

Außerdem erstellten wir einen Projektstrukturplan, in dem genau beschrieben wurde, welche Arbeitspakete von wem, zu welchem Zeitpunkt

erledigt werden sollten. Hierzu mussten wir feststellen, dass wir den Plan am Anfang der zwei Sommerferienwochen nicht ernst genug nahmen, bis wir nach ein paar Tagen merkten, dass noch sehr viele Arbeitspakete erledigt werden mussten und die Zeit dafür immer knapper wurde. Außerdem legten wir unsere Ziele, eingeteilt in „Muss“- , „Soll“- und „Kann“-Ergebnisse, fest.



Das sind ziemlich viele Ziele für zwei Wochen . . .

Wenn die „Muss“-Ergebnisse nicht erreicht worden wären, wäre unser Projekt fehlgeschlagen. Die „Kann“-Ergebnisse dagegen waren nur „schön zu erreichen“, wenn noch sehr viel Zeit übriggeblieben wäre. Unter „Muss“-Ergebnissen waren die Veranschaulichung der Funktionsweise einer Adsorptionskältemaschine zu finden und unter „Kann“-Ergebnissen, die Abwärme mit einem Schokobrunnen zu nutzen oder den roten Knopf (DRK) einzubauen, um das Interesse der Messeteilnehmer zu wecken. Noch dazu schrieben wir unsere Aufgabenstellung genau auf.

Angebot und Auftrag – Meilensteine des Projektmanagements

Das wichtigste Ziel des Projektmanagements war jedoch das Angebot und der Auftrag. Da wir wie eine „kleine Firma“ arbeiten wollten,

mussten wir, bevor wir mit dem Aufbau beginnen konnten, ein Angebot an unseren Auftraggeber schreiben. Dieses beinhaltete den Projektstrukturplan, die Risikoanalyse, unsere Zielergebnisse und die genaue Aufgabenstellung. Zusätzlich übergaben wir dem Auftraggeber weitere Informationen in Form unserer Messdaten und des Kostenplans. Da die Kosten für das Material und die Teile der Adsorptionskältemaschine von unseren Sponsoren getragen wurden, spielten sie zwar für uns keine Rolle, allerdings wollten wir das Projekt so gestalten, wie es auch in der realen Wissenschaft/Wirtschaft ist, und dort sind die Kosten in der Regel ein wesentlicher Faktor. Nachdem wir das Angebot abgeschickt hatten, erhielten wir schon einen Tag später den Auftrag. Das bedeutete, dass wir nun endlich mit der Praxisarbeit, dem Zusammenbau der Maschine, beginnen konnten. Doch das hieß nicht, dass der Praxisteil ohne Planung und Struktur auskam. An fast allen Tagen, an denen wir ins Labor oder die Werkstatt gehen wollten, musste vorher ein aktualisierter Plan gemacht werden, was erledigt werden musste. Das war notwendig, weil wir bemerkten, dass manche Arbeitsschritte länger dauerten, als geplant, oder wir doch weniger Zeit zur Verfügung hatten, als vorher angenommen.

Theoretisch kommunizieren – praktisch präsentieren

Zusätzlich zum Projektmanagement behandelten wir im Theorieteil auch mehrmals Kommunikationstheorie und Präsentationstechniken. Diese hatten das Ziel, uns zu helfen, gut als Team zusammenzuarbeiten und die Rotations- und Abschlusspräsentation in einer Weise zu gestalten, die für die Zuhörenden interessant und lehrreich war. Ein Beispiel für die Kommunikationsübungen war der gemeinsame Zeltaufbau im Freien, bei dem zwei Teilnehmende blind ein Zelt aufbauen mussten und ein Koordinator ihnen beschrieb, an welchem Ort.

Wir bemerkten dabei, dass die Anweisungen, die der Koordinator den Montierenden gab, nicht immer so verstanden wurden, wie sie vom Koordinator gemeint waren. Wir lernten also, dass es bei einer guten Kommunikation darauf



So hat noch niemand ein Zelt aufgebaut! Zum Glück hat es nicht geregnet.

ankommt, sich möglichst präzise und sachlich auszudrücken und sich in die Rolle des anderen hineinzusetzen.

Am Ende der zwei Wochen hatten wir die „Muss“-Ergebnisse sowie ein paar der „Kann“- und „Soll“-Ergebnisse erreicht. Wir können sicherlich sagen, dass dieses Resultat ohne den Einsatz der praktizierten Projektmanagement-Methoden nicht erreichbar gewesen wäre.

Theoretische Grundlagen

LUKAS, ELLEN

Adsorption/Desorption

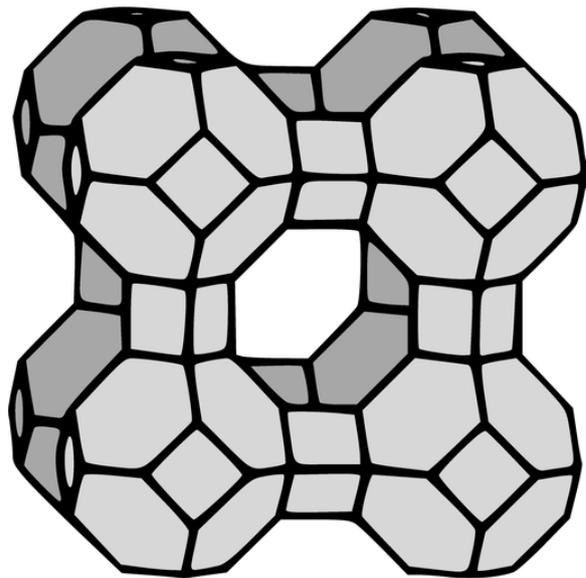
Adsorption bezeichnet die Anlagerung von flüssigen oder gasförmigen Stoffen an Oberflächen. Für dieses Prinzip sind zwei Arten von Stoffen verantwortlich. Das Adsorbat (in unserem Fall Wasser) lagert sich am Adsorptionsmittel (in diesem Fall Zeolith) an. Bei der Adsorption wird das Adsorbat durch Van-der-Waals-Kräfte bzw. elektrostatische Wechselwirkungen an der Oberfläche des Zeoliths gehalten. Dabei werden Adsorptionenthalpie sowie die Verdampfungsenthalpie des Wassers frei. Dieser Vorgang ist exotherm, daraus folgt, dass der Zeolith in der AKM warm wird.

Die Desorption bezeichnet den Umkehrvorgang der Adsorption, bei dem sich das Wasser wieder von der Oberfläche des Zeoliths löst. Um dies zu erreichen, muss Energie zugeführt werden, damit sich die physikalischen Bindungen aufheben und das Wasser verdampfen kann. Der Vorgang ist somit endotherm.

Zeolith

Zeolithe sind kristalline Alumosilikate. Sie bestehen demnach hauptsächlich aus Aluminium, Silizium und Sauerstoff. Kristallin bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Ionen (geladene Teilchen) in regelmäßiger Form angeordnet sind (Gitterstruktur). Zeolithe kommen natürlich vor, werden aber auch synthetisch hergestellt. Sie finden beispielsweise Verwendung in Waschmittel, um das Wasser zu enthärten.

Zeolith hat eine sehr große Oberfläche, im Fall von Zeolith A sind dies 900 Quadratmeter pro Gramm. Verantwortlich dafür sind vor allem zwei Gründe: Einerseits sind Zeolithkügelchen makroskopisch porös, andererseits sind Zeolithe auf mikroskopischer Ebene gitterförmig strukturiert. Diese Eigenschaft ist entscheidend für die Adsorptionsfähigkeit des Stoffes.



Schematische Gitterstruktur des Zeoliths

Funktionsprinzip einer Adsorptionskältemaschine

Damit ein Stoff in den gasförmigen Aggregatzustand überführt werden kann, muss Energie (die Verdampfungsenthalpie) zugeführt werden. Bei Normaldruck (1013,25 hPa) verdampft Wasser bei einer Temperatur von 100 °C, zum Beispiel beim Nudelkochen.

Um einen kühlenden Effekt zu erzielen, nutzen wir folgendes Prinzip: Die Energie, die für das

Verdampfen des Wassers benötigt wird, führen wir nicht aktiv zu, sondern entziehen sie der Umgebung, die dabei abkühlt. Dafür muss im System aber ein Unterdruck (Vakuum) herrschen, damit das Wasser so schon bei (unter) Raumtemperatur verdampft und die Temperatur in der Umgebung abnehmen kann.

Der entstandene Wasserdampf gelangt zum Zeolith und adsorbiert dort. Dabei wird sowohl die vorher aus dem Verdampfer entzogene Verdampfungsenthalpie, als auch zusätzliche Bindungsenergie durch die Van-der-Waals-Kräfte zwischen Wasser und Zeolith frei.

Für die Desorption wird Hitze genutzt, die im realen Leben beispielsweise durch die Abwärme eines Motors anfällt. Durch diese werden die Van-der-Waals-Kräfte überwunden und die Wassermoleküle lösen sich vom Zeolith.

Anschließend wird das Wasser durch Wärmeabfuhr im Kondensator wieder in den flüssigen Zustand überführt und kann zurück zum Verdampfer geleitet werden, wodurch sich der Kreislauf schließt.

Konzept

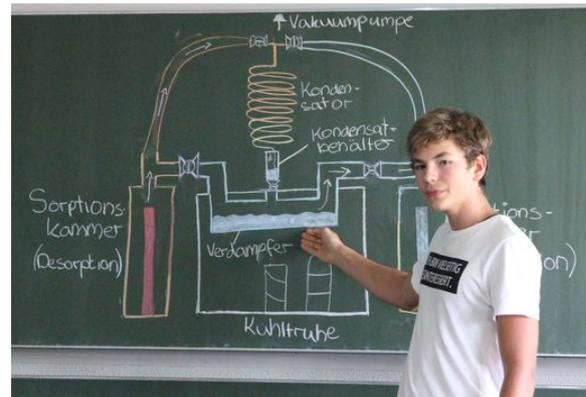
SASKIA, ELLEN

Planung

Ein entscheidender Teil für das Gelingen des Projektes war das Erstellen eines Konzeptes für die Maschine.

Damit wir beim Zusammenbauen der Adsorptionskältemaschine während der Akademiezeit alle benötigten Teile zur Verfügung haben würden, musste diese schon mehrere Wochen vor Akademiebeginn fertig geplant sein und alle Komponenten aufgelistet werden. Das forderte von uns einiges an Recherche, Geduld, viele Diskussionen im Forum und Gruppentelefonate. Das Konzept der Maschine sollte sowohl die volle Funktionstüchtigkeit der Anlage als auch gute Umsetzbarkeit und Anschaulichkeit bieten. Zudem war es ein Ziel für uns, die Funktionsweise der Maschine anhand eines Bildschirms zu erklären. Unser Auftraggeber, das Fraunhofer ICT möchte diese nämlich auf Messen ausstellen. Die größte Herausforderung stellte das

benötigte Vakuum innerhalb der Adsorptionskältemaschine dar. Für den Bau konnten wir also nur vakuumgeeignete und -dichte Teile verwenden. Deshalb war ein gutes Konzept auch so wichtig, denn das Improvisieren bei einer Anlage mit Vakuum hat sich doch als ziemlich schwierig erwiesen – vor allem, da Panzertape nicht luftdicht ist. Zunächst erstellten alle gemeinsam ein Gesamtkonzept, das im Folgenden kurz erklärt wird.



Präsentation unseres Konzeptes bei der Rotation

Funktionsweise unserer Maschine

Adsorptionskältemaschinen arbeiten mit den Prinzipien des Verdampfens und Adsorbierens eines Kältemittels, in unserem Fall Wasser. In einem Gefäß, dem Verdampfer, befindet sich flüssiges Wasser. Wasser verdampft bei Normaldruck erst bei 100 °C. Da wir aber mit unserer Maschine Kälte erzeugen wollen, können wir das Wasser natürlich nicht erhitzen. Wird die Luft aber aus dem Verdampfer evakuiert und ein Unterdruck erzeugt, verdampft das Wasser schon bei Temperaturen unter 100 °C – und entzieht der Umgebung dabei Energie in Form von Wärme. Dadurch wird die Umgebung kälter, der Verdampfer ist also letztendlich der Teil der Maschine, der kalt wird.

Dies wollten wir ausnutzen und ihn in eine kleine Kühlbox aus Styropor setzten, in die auf Messen die zu kühlenden Getränke gestellt werden. Normalerweise würde sich im Verdampfer nach einiger Zeit ein Gleichgewicht aus flüssigem und gasförmigem Wasser bilden und kein weiteres Wasser verdampfen. So würde nach kurzer Zeit gar nicht mehr gekühlt wer-

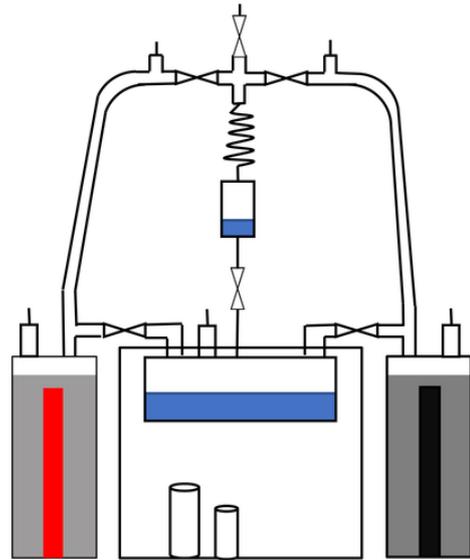
den. Wenn aber in dem Vakuum, in dem sich der Wasserdampf befindet, auch Zeolith vorhanden ist, adsorbiert das gasförmige Wasser an diesem. Deswegen ist wieder weniger Wasserdampf vorhanden und es verdampft immer mehr Flüssigkeit, wodurch die Umgebung des Verdampfers kontinuierlich herabgekühlt wird. Dieser Vorgang stoppt idealerweise erst, wenn der Zeolith vollständig beladen ist, d.h. die komplette Oberfläche komplett mit angelagerten Wassermolekülen belegt ist.

Der Zeolith befindet sich in unserem Fall in einem Sorptionsturm an der Seite der Kühlbox. Die Sorptionstürme bestehen aus je einer Sorptionskammer, die je etwa 1kg Zeolith enthält, und Anschlüssen für die Heizstäbe, Sensoren und Schläuche, die zum Verdampfer und zum Kondensator führen. Die Heizstäbe dienen in der Desorptionphase dazu, den Zeolith auszuheizen und somit das Wasser wieder von dessen Oberfläche zu lösen.

Während der Desorption kann allerdings kein Wasser adsorbieren, und somit kann nicht gekühlt werden. Um einen kontinuierlichen Kühlprozess zu erreichen, entschieden wir uns, zwei Sorptionskammern einzubauen, damit der Wasserdampf immer in einer Kammer adsorbieren und parallel dazu das Wasser in der anderen desorbieren kann. Während der Desorption steigt der Wasserdampf aus den Sorptionskammern durch einen Schlauch zum Kondensator, einer Rohrwendel im Inneren eines großen Rohres, der mithilfe von Lüftern gekühlt wird. Hier kondensiert das Wasser, das heißt, es wird flüssig. Danach kann es wieder in den Verdampfer gelassen werden. Somit konnten wir einen kontinuierlichen Betrieb gewährleisten, obwohl der Prozess eigentlich diskontinuierlich (bei einem Sorptionsturm) in zwei Phasen mit unterbrochener Kühlung abläuft.

Detailfragen

Auch die Positionen von Ventilen, Sensoren, der Vakuumpumpe und weiteren Bauteilen mussten genau festgelegt werden. Die einzelnen Gruppen, die wir am Eröffnungswochenende gebildet hatten, übernahmen nun verschiedene Aufgaben.



Ursprüngliches Konzept der Maschine: Dargestellt sind die Sorptionstürme mit Heizstäben (links und rechts), die Kühlbox mit Getränken (unten Mitte), der halb mit Wasser gefüllte Verdampfer (in der Kühlbox) sowie die Kondensatorspirale mit Kondensatbehälter (oben Mitte).

Die Gruppe „Messtechnik und Didaktik“ mit Joelle, Lukas G. und Lukas K. suchte intensiv nach vakuumgeeigneten Sensoren für hohe Temperaturen von bis zu 250 °C. Sie überlegten sich auch, auf welche Weise die Maschine am besten autark erklärt werden kann. Ihre Wahl fiel auf eine interaktive PowerPoint-Präsentation, die unter anderem die einzelnen Teile der Maschine erklären und Live-Messdaten der Sensoren anzeigen sollte.

Die Gruppe „Vakuum und Dichtungskonzept“, bestehend aus Karina, Benedikt und Ellen, hatte die Aufgabe, alle Teile, die vakuumdicht sein müssen, herauszusuchen. Mit Hilfe unserer Kursleiter fiel am Ende die Entscheidung, für den Kondensator Teile der Firma „Swagelok“ und für den Rest der Maschine Bauteile aus dem Kleinflansch-System (KF-System) zu verwenden. Kleinflansch ist ein Baukastensystem mit aufeinander abgestimmten Teilen speziell für Vakuumanlagen, auch als „LEGO der Vakuumtechnik“ bezeichnet.

Die Gruppe „Kernkomponenten“, der Saskia, Jonas, Kai, Simon und Max angehörten, zeichnete genaue Entwürfe aller Teile, die eigens für das Projekt angefertigt werden mussten – zum



Kleinflansch-Bauteil mit Dichtung und Klemmring

Beispiel der Verdampfer und die Sorptionstürme. Auch mit der Frage der Befestigung der Maschine wurde die Gruppe konfrontiert. Sie entschieden sich schließlich für ITEM-Profile, standardisierte Aluminium-Profile, mit denen sich sehr einfach stabile Gerüste bauen lassen und an denen sich auch die Teile der Maschine gut befestigen ließen.

Ein Erfolgreiches Konzept

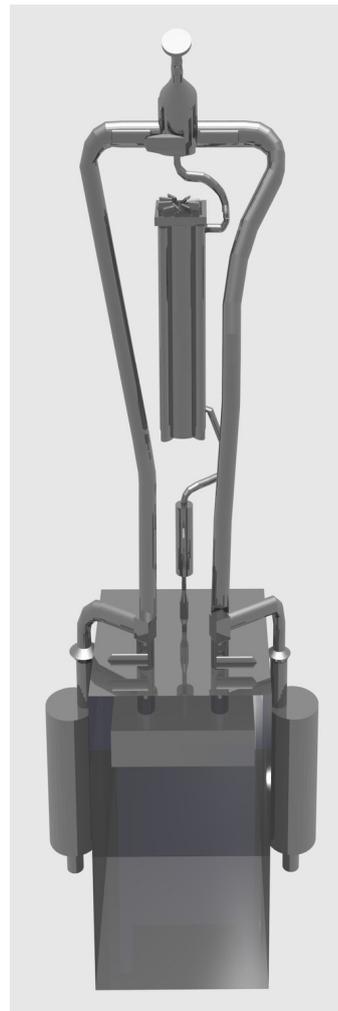
Obwohl wir während der Akademie feststellen mussten, dass unser Konzept nicht so gut durchdacht war wie anfangs erwartet, war es ein unerlässlicher Leitfaden, und hat und den Bau der Maschine erst möglich gemacht.

Aufbau der Adsorptionskältemaschine

LUKAS, KAI

Der Bau unserer Maschine wurde in verschiedene Bereiche aufgeteilt und parallel bearbeitet. Dazu gehörten der Bau eines Gestells aus Alu-Profilen, der Zusammenbau des Kondensatorrohres sowie der Sorptionstürme und das Konstruieren einer wärmeisolierenden Kühlbox, in die später Getränke gestellt werden sollen. Außerdem musste der Arduino mit den Sensoren verkabelt, die Sensoren richtig kalibriert und dazu noch ein Programm geschrieben werden, an das der Arduino die erhaltenen Daten senden konnte. Zur Visualisierung der

Grundprozesse in der Maschine wurde noch eine PowerPoint-Präsentation mit entsprechenden Animationen und erklärenden Texten erstellt. Um die mit Strom betriebenen Bestandteile wie z. B. die beiden Heizstäbe in der Maschine zu betreiben, wurde zudem ein Schaltschrank benötigt, der die entsprechenden Teile mit Strom versorgt.



Modell unserer Maschine

Schließlich montierten wir die einzelnen Komponenten durch vakuumdichte Ventile und Verbindungsstücke aneinander und befestigten sie am Gerüst. Bei der Montage wurden wir allerdings vor unerwartete Herausforderungen gestellt:

Zu Beginn stellten wir fest, dass unsere beiden Heizstäbe fehlten. Da ohne eine funktionierende Wärmequelle unsere Maschine nicht in der Lage gewesen wäre, dauerhaft zu kühlen, konnten wir nur hoffen, die Heizstäbe noch



Reinigung der Kleinflanschteile mit Aceton im Labor

im Verlauf der Akademie zu erhalten. Glücklicherweise wurden die Heizstäbe während der ersten Woche doch noch geliefert. Außerdem fehlte ein Thermoelementeinschrauber, der für den Verdampfer vorgesehen war. Dort sollte ein Thermoelement eingeführt und abgedichtet werden. Ohne diesen Adapter hatten wir allerdings ein Loch von ca. 2 mm Durchmesser im Verdampfer. Dieses abzudichten gestaltete sich sehr schwierig, da die Vakuumknete, die dieses Loch hätte abdichten sollen, dem Druck nicht standhielt und in die Maschine hinein gesogen wurde. Letztendlich erwies sich eine kleine Metallplatte, die mit Epoxidharz auf das Loch geklebt wurde, als die beste Lösung. Die ITEM-Profile haben wir für das Gerüst verwendet, da sie leicht zu bearbeiten und auch entsprechend stabil waren. Um einige Teile an ihnen zu befestigen, die sich nicht so einfach festschrauben ließen, haben wir Universalhalterungen designt und mit einem 3D-Drucker (Ultimaker 3) aus schwarzem ABS-Kunststoff gedruckt. ABS schrumpft jedoch beim Abkühlen, weswegen die Halterungen zuerst nicht auf die ITEM-Profile passten. Aus diesem Grund mussten die Teile erneut etwas größer gedruckt werden, sodass sie sich einfach auf die ITEM-Profile stecken ließen und einige Teile daran befestigt wurden.

Parallel wurden auch die Sensoren erstmals mit dem Arduino verkabelt und getestet. Dabei traten einige Schwierigkeiten bei der Kalibrierung der Sensoren auf, die wir später allerdings noch überwinden konnten. Zusätzlich schrie-

ben wir ein Programm, das es dem Arduino ermöglicht, mit dem Computer zu kommunizieren und die Messdaten anzuzeigen. Da wir die Entwürfe für die Teile, die eigentlich von unserem Auftraggeber gefertigt werden sollten, erst sehr spät erstellt hatten und die Werkstatt des Fraunhofer ICT zu diesem Zeitpunkt umgebaut wurde, ließen wir die benötigten Teile nun in einer anderen Werkstatt fertigen. Dafür mussten wir einige Teile ändern: So fehlten den Sorptionstürmen beispielsweise spezielle Kühlrippen. Die Kondensatorspirale wurde in ein großes Außenrohr gesteckt, welcher erst noch von der Länge angepasst, und deswegen vor Ort, in der Werkstatt des LSZU gesägt werden musste. Aber erst nach einer halben Stunde Sägen, in der es extrem langsam voranging, fiel uns auf, dass wir eine Holzsäge benutzt hatten. Zu unserer Verteidigung ist zu sagen, dass diese fälschlicherweise in einer Kiste mit der Beschriftung „Metallsägen“ lag.



Bearbeitung des Metallrohrs für den Kondensator

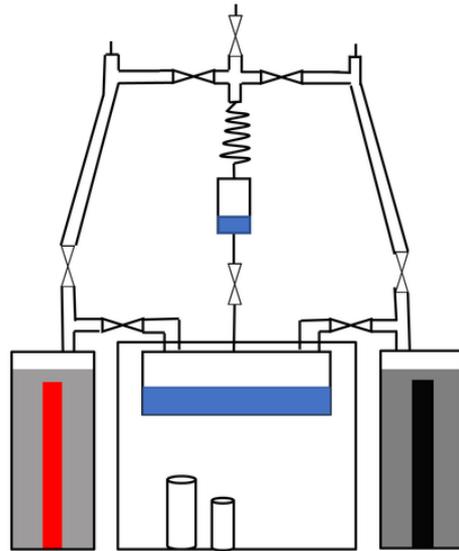
Um den Kondensator entsprechend zu kühlen, wurden an der Ober- und Unterseite Lüfter montiert, die einen Luftstrom an der inneren Rohrwendel entlang erzeugten. Zusätzlich haben wir seitlich in das Außenrohr Löcher gebohrt und dort kleine Lüfter angeklebt. Diese sollten den Luftstrom im Kondensator zusätzlich verwirbeln, um die Kühlung zu verbessern. Außerdem mussten wir noch eine Kühlbox bauen, die dafür sorgte, dass die Kälte des Verdampfers nicht verloren ging. Hierfür haben wir Polystyrol verwendet, da dies durch seine geringe Leitfähigkeit ein geeignetes Material ist. Zusätzlich wurde die Kühlbox innen noch mit Alufolie ausgekleidet, um Wärmestrahlung zu reflektieren.

In die beiden Sorptionstürme haben wir anschließend die beiden mittlerweile angekommenen Heizstäbe eingebaut, abgedichtet und mit Zeolith fast randvoll gefüllt, um ihre Wärmeleistung optimal zu nutzen. Zur Regelung der Temperatur der Heizstäbe wurde außerdem noch ein eigener Schaltschrank gebaut, der für die gesamte Stromversorgung in der Maschine (Heizstäbe, Vakuumpumpe, Lüfter) verantwortlich ist. Unter anderem können wir mit zwei Schaltern die Lüfter ansteuern, die für die Kühlung der Sorptionstürme verantwortlich sind.

Währenddessen haben andere Teammitglieder noch Löcher in die Blindflansche gebohrt, die Drucksensoren und Thermoelemente mit Epoxidharz darin festgeklebt und eingebaut. Die Drucksensoren und Thermoelemente wurden benötigt, um Druck- und Temperaturmessungen in mehreren Teilen der Maschine durchzuführen und die Ergebnisse anzuzeigen. Epoxidharz wurde nicht nur wegen seiner guten Klebfähigkeit verwendet, sondern auch, weil es verhältnismäßig gasdicht ist.

Als die Teile erstmals an dem Gerüst befestigt und zusammengebaut werden sollten, stellte sich heraus, dass die Schläuche, die die Sorptionstürme mit dem Kondensator verbinden sollten, zu kurz bzw. die Maschine zu hoch war. Deshalb mussten wir das ursprüngliche Konzept noch einmal überarbeiten. Um die fehlenden 10 cm zu überbrücken, haben wir weitere Ventile zwischen dem Schlauch und dem Sorptionsturm eingebaut.

Diese Ventile erwiesen sich jedoch später als sehr praktisch, als beim ersten Drucktest die Maschine undicht war. Es konnten damit nämlich einzelne Bereiche der Maschine separat auf ihre Dichtigkeit überprüft werden. Die Maschine war zunächst undicht aufgrund des oben genannten Lochs im Kondensator, da die Vakuumpumpe nicht hielt. Später stellte sich heraus, dass zusätzlich noch Undichtigkeiten dadurch entstanden waren, dass der Verdampfer mit seinem Gewicht zu sehr an den Übergängen zog, um eine vakuumdichte Verbindung zu gewährleisten. Dies kam dadurch zustande, dass wir im ursprünglichen Konzept vergessen hatten, eine Halterung für den Verdampfer einzuplanen, was im Nachhinein eine größere Herausforderung,



Letztendliche Umsetzung der AKM

da wir nicht einfach ITEM-Profilen seitlich in die Kühlbox einführen oder den Verdampfer verschrauben konnten. Deren Materialien sind nämlich sehr gute Wärmeleiter und hätten die Wärme des Raumes in die Kühlbox geleitet. Darum hängten wir ihn erst einmal an Kordeln auf. Da der Zug des Verdampfers trotzdem zu groß war, wurde noch ein weiteres Gestell aus ITEM-Profilen gebaut, das in die Kühlbox gestellt wurde und den Verdampfer trug.

Messtechnik und Didaktik

LUKAS G., LUKAS K.

In der Gruppe Messtechnik und Didaktik haben wir uns damit beschäftigt, die Maschine anschaulich und verständlich zu erklären. Zusätzlich war es unsere Aufgabe, Messdaten aus der Maschine in Echtzeit anzuzeigen.

Unsere Gruppe bestand aus drei Teammitgliedern, unter denen die Aufgaben innerhalb der Gruppe aufgeteilt waren. Die drei Hauptaufgaben waren einmal das Programmieren und Anschließen eines Arduinos (Microcontroller, der Befehle verarbeiten kann) um Sensordaten aus der Maschine auszulesen. Zum anderen erstellten wir eine interaktive PowerPoint-Präsentation, um den auf der Messe anwesenden Personen die Adsorptionskältemaschine (AKM) genau zu erklären. Die dritte Aufgabe war das Entwickeln eines Programms, das

die Kommunikation zwischen PowerPoint und Arduino ermöglichte.

Geplant war, je einen Luftfeuchtigkeitssensor, einen Drucksensor und einen Temperatursensor pro Sorptionsturm anzubringen. Leider waren kaum Sensoren für unsere Anforderungen verfügbar – sie mussten mit dem Arduino steuerbar sein, einen Unterdruck von bis zu 8 mbar und Temperaturen von bis zu 200 °C aushalten.



Arbeit am Programm für den Arduino

Der zunächst vorgeschlagene Luftfeuchtigkeitssensor konnte nicht bestellt werden, da er die in der Maschine vorherrschenden Verhältnisse nicht aushielt letztendlich kein Nutzen von ihm ausgegangen wäre. Auch der Temperatursensor wurde nicht wie zuvor geplant verwendet, da auch dieser die Temperaturen in den Sorptionstürmen nicht aushielt. Aus diesem Grund haben wir Thermoelemente bestellt, die wesentlich höheren Temperaturen standhielten. Diese konnten zwar gut eingebaut und benutzt werden, brachen jedoch bei späteren Arbeiten an der Maschine ab, weswegen letztendlich leider keine Live-Messdaten aus den Sorptionstürmen verfügbar waren. Deshalb entschieden wir uns zum Schluss dafür, lediglich die zwei Temperatursensoren, die wir für kühlere Bereiche an der Maschine bestellt hatten, in der Kühlbox zu installieren.

Auch die Drucksensoren hielten den Temperaturen in den Sorptionstürmen nicht stand. Daher wurden diese ininigem Abstand der Sorptionstürme neben dem Anschluss der Vakuumpumpe installiert. Die Feinkalibrierung der Drucksensoren konnte aus Zeitmangel nicht mehr vollendet werden.

Das Team erstellte ein Programm, das die Messdaten vom Arduino empfing und auf dem Computerbildschirm darstellte. Wir haben dieses mit Hilfe der Programmiersprache C# erstellt. Es stellt eine Verbindung über USB mit dem Arduino her. Auf dem Bildschirm wird eine vereinfachte Grafik angezeigt, die mit Hilfe des CAD-Programms „Blender“ (ein Programm zum Erstellen von 3D-Modellen) erstellt wurde. Die Messdaten, die im Abstand von einer halben Sekunde aktualisiert wurden, werden an den entsprechenden Stellen der Grafik dargestellt.

Es besteht die Möglichkeit, aus der PowerPoint das Programm aufzurufen und die Messdaten anzeigen zu lassen.

Die PowerPoint-Präsentation wurde in kurzer Zeit mit Inhalt gefüllt. Da nun nur noch das Testen der Sensoren und der Feinschliff an der Präsentation fehlten, teilte sich die Gruppe auf und unterstützte zusätzlich die Montagearbeiten der Kernkomponenten-Gruppe. Sobald die PowerPoint gestartet wird, gelangt der Besucher zu einem Menü, in dem der Nutzer zwischen drei Optionen wählen kann: Die erste Option ist das Erkunden der Maschine. Hier gelangt der Besucher zu einer Grafik der Maschine und kann mit der Maus einen bestimmten Teil der Maschine auswählen, der dabei stets farblich hervorgehoben wird. Danach werden generelle Informationen zur Verwendung bzw. zum Zweck des gewählten Bauteils angezeigt.



PowerPoint-Erklärungsfolie zum Thema Desorption

Als zweite Option war ein Erklärvideo geplant, um die genaue Funktionsweise der AKM zu veranschaulichen. Dieser Teil wurde jedoch auf Grund von Hyperlinks, die zu Erklärungsseiten für bestimmte Begriffe führten, überflüssig.

Als dritter Eintrag steht das Betrachten der Live-Messdaten zur Auswahl. Wird diese Schaltfläche angeklickt, so öffnet sich ein Programm, das die Messdaten der Sensoren anzeigt.

Alle Folien wurden mit vielen, aufwändigen Animationen unterlegt, die die gesamte Präsentation zu einer Art interaktivem Film werden ließen.

Der Laptop wurde mit all den Makros in der PowerPoint-Präsentation, die für Hovereffekte (das farbige Hervorheben einzelner Bereiche einer Folie, sobald die Maus über diese Bereiche bewegt wird) und das Anzeigen des Programms verantwortlich sind, eingerichtet, sodass die Funktionsweise der Maschine später von den Besuchern der Messe selbstständig erkundet werden kann.

In der zweiten Woche mussten dann noch die Sensoren in die Blindflansche eingeklebt werden, um sie mit dem KF-System zu verbinden.

Beim Umgang mit dem Epoxidharz, das zum Einkleben der Sensoren benutzt wurde, bekam das Team von der Kernkomponenten-Gruppe Unterstützung. So konnten letztendlich alle Sensoren eingebaut und angesteuert werden.

Der lange Weg zu einer funktionierenden Maschine

KAI, SASKIA

Kaum waren alle Teile angeschlossen, da begannen wir auch schon mit den ersten Tests auf Dichtigkeit.

Das heißt, die Anlage wird mithilfe einer Vakuumpumpe evakuiert, gleichzeitig strömt immer ein bisschen Luft von außen nach, denn es gibt keine absolute Dichtigkeit. Wenn die Pumpe allerdings leistungsfähig ist und die Undichtigkeit gering, kann ein hohes Vakuum erreicht werden. Falls nicht, so stellt sich ein Gleichgewicht ein und die Pumpe pumpt (bei höherem Druck) gerade so viel weg, wie nachströmt. Wenn der erreichte Druck für gut genug befunden wird, kann die Vakuumpumpe abgestellt und mit einem Ventil von der Anlage getrennt werden. Dann wird gemessen, wie stark sich der Druck in welcher Zeit erhöht. Um die Undichtigkeit

der Anlage messen zu können, wurde der Begriff der Leckagerate eingeführt.

Die Leckagerate ist definiert als das Produkt aus Druck und Volumen einer bestimmten Menge eines Gases, welches in die Anlage strömt, geteilt durch die Zeitspanne der Messung.

Da der obere Teil der Maschine mitsamt dem Kondensator einen Druck von etwa 8 mbar recht zuverlässig erreichte und auf diesem Niveau hielt, waren schon viele strahlende Gesichter zu sehen. Das wurde kaum dadurch gemindert, dass die Sorptionstürme offensichtlich weniger dicht waren. Als wir dann aber die Ventile zum Verdampfer hin öffneten, sank die Laune noch erheblich: Ein leises Pfeifen war zu hören und das Vakuum war nicht mehr existent. Die Vakuumnete hält dem Unterdruck anscheinend nicht stand, wenn sie einfach über ein 2 mm großes Loch gelegt wird. Es entstand ein Loch in der Knete, die förmlich in die Anlage gesaugt wurde.

Die Lüfter zur äußeren Kühlung des Kondensators und der Sorptionstürme drehten sich immerhin schon, also hofften wir, dass sie ihren Zweck erfüllen würden, auch wenn wir keinen spezifischen Test zur Bestimmung der Kühlleistung gemacht hatten. Die übrigen Komponenten, inklusive Heizzürme und Sicherungskasten, funktionierten aber schon und erfüllten ihre Aufgaben sehr gut.

Der nächste Dichtigkeitstest, bei dem das Loch im Verdampfer statt mit Vakuumnete nun mit einem Metallplättchen und Epoxidharz abgedichtet war, verlief schon erfolgreicher, denn es gab keine optisch oder akustisch erkennbaren Lecks mehr. Doch der Druck entwich immer noch zu schnell. Das Problem: Wir standen unter Zeitdruck und konnten es uns nicht leisten, weiterhin als ganze Gruppe an der Maschine zu arbeiten.

Es fanden sich also zwei Freiwillige, die zusammen mit Matthias sämtliche Klemmringe noch einmal entfernten und Kleinflansche reinigten und festdrehten. Außerdem wurde das Aufhängungssystem erneut überarbeitet und akribisch genau justiert, um die Flansche mechanisch spannungsfrei einbauen zu können. Zuvor hatten wir festgestellt, dass das Gewicht des Verdampfers bzw. der Sorptionstürme auf-



Wenn sich alle im Weg stehen, sind viele beschäftigt

grund der mangelhaften Aufhängung an manchen Flanschen zog. Ungünstigerweise kann selbst eine kleine Kraft, die senkrecht auf die Dichtfläche wirkt, dazu führen, dass der Dichtring an einer Seite gequetscht wird und an der anderen Seite zu viel Platz hat und damit seine Dichtwirkung verliert.

Unsere Anstrengungen waren anfangs leider nur sehr mäßigen Erfolges – die Hoffnung auf eine dichte Maschine sank immer weiter. Unermüdlich wurde weitergearbeitet, zeitweise allerdings unter Flüchen, von denen die Teilnehmenden des einen Stock höher befindlichen Biologiekurses noch ihren Enkeln erzählen können (es fielen einige, hier ungenannte, Bezeichnungen für die Maschine oder wahllose Gegenstände im Raum, auf die wir unseren Frust projizierten). Ab und zu wurde auch eine andere Person, die den Fehler beging, sich in einem ungünstigen Moment ins Labor zu begeben, zum Opfer der aufgeheizten Stimmung.

Eigentlich war es ein Wunder, dass aus dieser Arbeitsweise am Ende sogar ein richtiger Erfolg hervorging: Wie durch ein Wunder war die Anlage nach erneutem Zusammensetzen tatsächlich so dicht, dass der Druck in der Ma-

schine innerhalb von zwei Stunden um weniger als ein Millibar anstieg.

Siegesgesänge wurden angestimmt, denn nun war die Maschine einsatzbereit, gerade noch pünktlich zum Stichtag und es kam sogar noch besser: In einem Kühl-Test funktionierte sie so gut, dass wir eine Temperatur von 20 °C am Verdampfer erreichten, die am nächsten Tag dann sogar von unter 15 °C unterboten wurde. Auch das Ausheizen des Zeoliths funktionierte und die Sensoren waren einsatzbereit für Live-Messdaten. Damit stand unserer Adsorptionskältemaschine nichts mehr im Wege – wir haben unseren Auftrag erfolgreich abgeschlossen!

Fazit

BENEDIKT, JONAS

Nachdem wir uns zwei Wochen intensiv mit dem Thema und der Adsorptionskältemaschine an sich auseinandergesetzt hatten, möchten wir das Projekt resümieren.

Der Punkt, der mit Abstand am besten lief, war das Entstehen eines Teamgeists, sodass alle mit Spaß und Freude mitarbeiteten. Dabei entwickelte sich jedes Teammitglied weiter, lernte vieles dazu und konnte sich auf seine Art einbringen. Direkt am Anfang wurden von allen Teammitgliedern bereits fachlich tiefgreifende Präsentationen gehalten, die essentiell für das Verständnis der Anlage waren und damit das Fundament setzten. Dazu sammelten wir sehr viele Einblicke in das reale Arbeiten in Form von Angebot-Auftrags-Verhältnissen, Risikoanalysen, dem Erstellen von Zeitplänen und weiteren, das Projektmanagement betreffenden Theorieeinheiten. Einer der interessantesten Teile des Projekts war mit Sicherheit auch die Exkursion zum Fraunhofer ICT, wo uns viele spannende Einblicke in die Arbeit einer wissenschaftlichen Großorganisation geboten wurden. Besonders gelungen ist auch der didaktische Teil des Projekts, in dem über eine interaktive PowerPoint-Präsentation alle wichtigen Informationen über die Maschine sehr anschaulich dargestellt werden. Nicht zu kurz kam auch die Kreativität der Teilnehmenden: Für (fast) jedes Problem fanden wir eine Lösung, selbst

für den partout nicht dicht werden wollenden Verdampfer, sodass nach vielen Überstunden eine funktionstüchtige Adsorptionskältemaschine im Labor stand.

Natürlich warteten bei so einem Projekt auch zahlreiche Herausforderungen auf uns: In jedem Arbeitsschritt musste unter extrem hohem Zeitdruck gearbeitet werden, sodass kaum Zeit zur Verfügung stand, die Maschine in Ruhe aufzubauen und zu testen. Leider fielen im Laufe der Akademie auch noch mehrere Teammitglieder krankheitsbedingt aus. Hinzukam, dass wir uns in kürzester Zeit ein vollkommen unbekanntes Thema aneignen mussten. Eine Folge daraus war, dass wir die Materialliste zum gesetzten Zeitpunkt noch nicht fertig ausgearbeitet hatten und zwei Wochen zu spät abschickten. Infolgedessen waren nicht alle Teile aufeinander abgestimmt, und alternative Lösungen mussten gefunden werden. Eine weitere Zeitverzögerung war der Aufbau der Kühlbox, für die wir schon vor der Akademie die Maße etc. hätte kennen sollen, damit sie schon vorher maschinell gefertigt hätte werden können, was uns sehr viel Knobelei und Zeit eingespart hätte.

Trotz all dieser Probleme lässt sich jedoch sagen, dass das TheoPrax-Projekt „Kühlen mit Wärme“ durchaus erfolgreich war – die Maschine war bei der Projektvorstellung voll funktionsfähig – und rief bei allen Beteiligten großes Interesse hervor.

Am Ende der zwei Wochen waren wir stolz, das gesteckte Ziel erreicht zu haben.

Abschlusspräsentation

KARINA, LUKAS

Mit der Abschlusspräsentation am vorletzten Akademietag stellten wir unsere Ergebnisse Eltern, Teilnehmenden und Ehemaligen vor, um ihnen einen Einblick in das Akademieleben der vergangenen zwei Wochen und natürlich unser Projekt zu geben. Wir begannen unsere Präsentation mit einer Vorstellung des TheoPrax-Konzepts. Dabei gingen wir auf die Lernmethode, das Angebot- Auftrags-Verhältnis sowie auf das Projektmanagement ein. Darüber hinaus erklärten wir im Anschluss an ein Experiment das Funktionsprinzip und das Konzept unse-



Der erste große Auftritt der AKM

rer Maschine, sowie die Durchführung des Aufbaus. Hierbei gingen wir auf Erfolge genauso wie auch auf Probleme ein. Ein wichtiger Teil der Präsentation war die Präsentation der Maschine mit PowerPoint-Folien zur Erklärung, die zusätzlich Live-Messdaten in Echtzeit aus der Maschine anzeigten.

Die Abschlusspräsentation basierte auf einer vorher erarbeiteten Vorstellung für die sogenannte „Rotation“. In dieser Rotation stellten sich die Kurse gegenseitig ihre Arbeit der ersten Woche vor. Durch die Rotationspräsentation mussten wir nicht von null anfangen und hatten schon viel Erfahrung mit Präsentiertechniken erworben.

Natürlich präsentierten wir nicht alle gleichzeitig: Wir teilten uns in vier Gruppen auf und stellten den Kurs und das Projekt nacheinander vor. Auf diese Art und Weise hatten wir selbst die Möglichkeit, andere Kurse zu besuchen. Erfreut konnten wir dann feststellen, dass unser Kursraum bis auf den letzten Platz gefüllt war.

Nach unserer humorvollen und informationsreichen Präsentation überreichten Matthias und Moritz jedem Einzelnen von uns ein Zertifikat, das unsere Teilnahme am TheoPrax-Kurs und die damit verbundenen Kenntnisse bestätigte.

Welche Rolle spielt unser Projekt in der Zukunft?

JONAS, ELLEN

In dem Moment, in dem dieser Text geschrieben wurde, hat die breite öffentliche Masse noch

nie von der Technologie gehört, mit der wir uns in unserem Projekt beschäftigt haben. Für die immer strengeren Anforderungen und Gesetze gegen Kältemittel und CO₂-Emissionen könnten die Adsorptionskältemaschinen in der Zukunft allerdings eine größere Rolle spielen. An allen Orten, an denen überschüssige Energie in Form von Abwärme anfällt und außerdem etwas gekühlt werden soll, wären derartige Kältemaschinen ideal geeignet, um zukünftig elektrische Energie zu sparen.

Schon heute gibt es bereits einige Modelle wie beispielsweise eine Maschine der Fahrenheit GmbH die für die Kühlung von Serverräumen genutzt wird. Als Wärmequelle dient hier ein firmeneigenes Blockheizkraftwerk. Auch die Firma Invensor baut bereits Adsorptionskältemaschinen, diese werden bisher zur Kühlung von Büroräumen genutzt. In diesem Fall liefert ebenfalls ein Blockheizkraftwerk die benötigte Wärmeenergie.

Bei sorgfältiger Planung und richtiger Anwendung haben Adsorptionskältemaschinen große Vorteile gegenüber der konventionellen Kühltchnik und werden in der Zukunft wahrscheinlich vermehrt eingesetzt werden. Deshalb freut es uns besonders, mit unserer Demonstrationsmaschine dazu beitragen zu können, dieses Kühlprinzip der Öffentlichkeit ein wenig vertrauter zu machen.

Zwischen den Zeilen

SIMON, LUKAS, KAI, JOELLE

Auflockerung

Zur Auflockerung, zur Kommunikationsübung und nicht zuletzt zum Teambuilding haben wir neben der Arbeit auch verschiedenste Spiele gespielt.

So mussten wir in „Evolution“ durch Schnick-Schnack-Schnuck-Siege, die entsprechende Figur nachahmend, von einer Amöbe über Huhn, Affe und Tyrannosaurus-Rex (über die evolutionär korrekte Abfolge lässt sich streiten) bis hin zum edelsten aller Geschöpfe aufsteigen: zum Einhorn.

Wir bezwangen in großartiger Teamarbeit das „Ägyptische Schwebeholz“, das heißt: ein Meinungsverstärker (auch Zollstock genannt) wird von allen mit einem Finger berührt und muss auf den Boden abgesenkt werden. Klingt leicht, aber die Umsetzung ist ganz schön knifflig!



Das „Ägyptische Schwebeholz“

Sich auf immer weniger werdenden Stühlen nach Geburtsdatum oder Postleitzahl zu ordnen und dabei weder zu reden noch den Boden zu berühren, war eine weitere Herausforderung, die uns bevorstand. Das größte Problem dabei: die Angst, dass die Stühle krachen.



Ob die Stühle das wohl halten? #sindwirzuschwer?

Eine Maßnahme zur Verbesserung der Kommunikationspräzision war es, dass wir alle koordiniert von Instruktoren ein Zelt mit verbundenen Augen aufbauen sollten.

Diese Maßnahmen hatten einen nicht unbedeutenden Anteil an unserem Sieg im Sportfest, den wir trotz Widerstand durch die anderen Kurse, sicher nach Hause tragen konnten.

Zwei Wochen vergehen wie im Flug

Nie haben wir zwei so kurze Wochen erlebt wie die, die hinter uns liegen. Wer hätte gedacht, dass aus einer so bunt zusammengewürfelten Gruppe in so kurzer Zeit ein Team zusammenwächst, das ein solches Projekt zustande bringt? Nicht ein einfaches Schulprojekt, vom Lehrer durchgeplant und koordiniert – Nein, wir haben ein Forschungsprojekt mit Ernstcharakter geplant, durchgeführt und präsentiert. Viele Stunden in langer Hose und festen Schuhen verbrachten wir dabei im Labor, um Versuche durchzuführen und unsere Maschine zusammenzubauen. Unsere stärksten Waffen? Holz-säge, Epoxidharz und Vakuumknete. Nach einem intensiven Kampf gegen Thermo-elemente, Ventile und diversen Lecks waren es genau zwei Sätze, die uns in die höchste Euphorie versetzten: „Sie ist dicht!“ und „Es wird kalt!“ Genauso wichtig für das Gelingen unseres Projektes war auch die Zeit in unserem liebevoll mit bunten Notizkärtchen und Lamas dekoriertem Kursraum, wo wir die theoretischen Grundlagen lernten und über Projektmanagement, Teambuilding, sowie Kommunikation aufgeklärt wurden.

Neben Strukturlegetechniken und Risikoanalysen wurden Zelte blind unter der Anleitung eines Sehenden aufgebaut (es ist nun bewiesen, dass zwei Kursleiter und eine Schülermentorin in ein Kinderzelt passen) und selbst das ägyptische Schwebholz schwebte am Ende sanft auf den Boden. Natürlich durfte es im TheoPrax-Kurs auch nicht an Tee und Snacks mangeln, welche die Stimmung und Konzentration aufrechterhielten. So ein Tag im Labor macht ganz schön hungrig, wenn man zwischendurch auch noch die komplette Evolution von der Amöbe zum Einhorn durchläuft.

Auch die motivierende Musik war von größter Bedeutung für das Gelingen unserer Aufgabe; obwohl es eine Weile dauerte, bis wir einen Kompromiss für die Liederauswahl fanden. Doch inzwischen gehören wir zu dem kleinen Kreis an Gruppen, die trotz verschiedener Geschmäcker gemeinsam Musik hören können. Unser aller Lieblingssong? Natürlich der von Lukas gemixte Kai-Song! Auf den Fluren, im Treppenhaus, überall hörte man tagelang das

bekannte „Nein! Nein! Das kann einfach nicht sein!“ – „Ich hasse Stacheln!“ oder schlicht und einfach ein lautes „Raaaaaah!“.

Und sank die Motivation trotz all dieser Faktoren einmal zu stark, ging es nach draußen, um ein bisschen in Bewegung zu kommen. Da rann-ten die Omas, sprangen die Toastbrote, wierten die Einhörner und nicht selten schallten neben dem Schlachtruf die Anfeuerungsrufe der größten Fans über das Gelände und ein fröhliches „Ramalama ding dong“ durch den Kursraum.



Was aussieht wie ein fremdartiger Paarungstanz, war eigentlich unsere Aufwärmübung fürs Sportfest.

In den weniger produktiven Phasen haben wir zum Beispiel den Hühnchen-Tanz eingeübt, Funktions-Thai-Chi praktiziert oder eine spontane Tanzstunde von Benedikt und Lorina bekommen.

Diese intensive Zeit mit Gleichaltrigen und Gleichgesinnten zu verbringen, hat eine Atmosphäre geschaffen, die wohl keiner so schnell vergessen wird. Nicht nur am Sportfest haben wir alle an einem Strang gezogen. Selbst wenn wir in drei Gruppen aufgeteilt waren, haben wir alle zusammen ein Ziel verfolgt und die Aufgabe gemeistert.

Die Kursleiter und unsere Schülermentorin stellten weniger die pädagogische Hand dar, die über das Projekt wacht, sondern standen uns vielmehr als Ratgeber und Unterstützer zur Seite. So kam es, dass unsere allseits be- und geliebte, autoritäre, nette, humorvolle Schülermentorin nicht nur hilflos viele Meter über dem Boden hing (an einem Basketballkorb), sondern auch nachts, in dunkler, kalter Wildnis von ihren frechen, aufmüpfigen „TheoPraxelnden“ an einen Laternenpfahl gepanzertaped wurde.

Egal, wie verschieden wir waren, jeder fand seinen Platz – in nur 14 Tagen sind alle Teil-



Hilfos, ihrer Autorität beraubt: Eine Schülermentorin in ihrem natürlichen Habitat

nehmenden, Leitenden und unsere Mentorin zu einer Einheit geworden, die selbst in heißen Phasen cool bleibt.

Danksagung

ELLEN

Die zwei Wochen in Adelsheim werden wir alle in wunderbarer Erinnerung behalten und noch oft an diese schöne Zeit zurückdenken. Diese Akademie wäre niemals ohne tatkräftige Unterstützung zustande gekommen.

Deshalb möchten wir uns bei allen Sponsoren und Förderern der Science Academy Baden-Württemberg herzlich bedanken. Ein großer Dank gebührt außerdem dem Fraunhofer ICT und dem Verband der Chemischen Industrie für die großzügige finanzielle Unterstützung unseres Kurses. Vor allem auch unserem Auftrag-

geber, Herrn Christian Teicht vom Fraunhofer ICT sind wir sehr dankbar für die Ermöglichung dieses Projekts und die fachliche Unterstützung. Auch wäre unser Projekt ohne die Unterstützung einiger Firmen nie gelungen. Deshalb wollen wir uns sehr herzlich bei den Firmen Horst GmbH für die Bereitstellung der Heizstäbe, Kurt Obermeier GmbH & Co. KG für den Zeolith, AZO GmbH + Co. KG für das Material und die Fertigung der Sorptionstürme sowie des Verdampfers, Vacuubrand GmbH + Co. KG für verschiedene Kleinflansch-Komponenten sowie B.E.S.T Fluidsysteme GmbH für die Swagelok-Komponenten bedanken.

Unsere Kursleiter Matthias, Moritz und Lorina sind wir unendlich dankbar für ihr Engagement, ihre Geduld und Motivation. Ohne sie hätten wir das alles nie geschafft.

Dem Eckenberg-Gymnasium mit dem Landes-schulzentrum für Umwelterziehung gebührt ein besonderer Dank für unsere Unterbringung, die Bereitstellung von Räumlichkeiten sowie der wunderbaren Verpflegung. Wir alle haben uns hier sehr wohl und willkommen gefühlt.

Insider

Lukas: „600 °C Raumtemperatur.“

Saskia, nachdem sie eine Metallplatte durchgesägt hat: „Ach, das war eine Holzäge?“

Moritz: „Bitte sag Matthias nichts davon!“

Moritz: „Blubb, nice.“

Max: „Das haben wir als verkraftbar eingestuft.“

Matthias über die Rotationspräsentation: „Die gelben Kästen müssen aber schon einheitlich sein.“

Benedikt: „DJ Heartfeelings.“

Max: „DRK. Der rote Knopf.“

Kai: „Eine exzellente Frage ...“

Kai: „Fertig. Das fast lasse ich jetzt einfach mal weg.“

Benedikt: „Hallol.“

Benedikt: „Ich feier’ Backsteine schon richtig hart.“

Lorina mit unschuldigem Blick: „Ich habe gehört, du möchtest mir ein Toffifee geben.“

Kai: „Ich hasse Stacheln.“

Kai: „Raaah!“

Kai: „Ja! Chips.“

Lukas: „Just trust me!“

Mathias: „Kabelsalat.“

Kai über die Lama-Kekse: „Mmmh, schmeckt ja gar nicht mal so gut!“

Moritz: „Kinder, liebe Kinder.“ Alle: haben einen Ohrwurm

Kai: „Es ist Obst im Haus!“

Saskia: „Kotzendes Känguru.“

Kai: „Lass mal Holzschrauben verwenden.“

Lorina (tanzend): „Kreuzen, Geodreieck, Hühnchen.“

Lorina: „THEO!“ Alle: „PRAX, GEWINNT MIT KLACKS!“

Lorina: „UNSER KURS IST GUT WIE NIE!“

Alle: „NICHT NUR IN DER THEORIE!“

Lorina: „ZICKEZACKE ZICKEZACKE!“

Alle: „HORST HORST HORST!“

Karina: „Oh James.“

Lorina: „Rama Lama“ Alle: „Ding Dong.“

Bananadikt: „Sheesh(springer).“

Moritz: „St(e)ak(e)holder“

Kai: „Ja man! Mittagessen!“

Benedikt: „Möchtegern gehoben.“

Matthias: „Nach euren Plänen schwebt die Vakuumpumpe also.“



Der etwas andere Umgang mit Labormaterialien.

Kai: „Nein, nein, das kann einfach nicht sein.“

Lorina: „Vom Dino zum Einhorn.“

Simon: „Welche ist ein schönes Wort.“

Max: „Wie wär’s mit Würstchenwasser?“

Moritz (bemerkt erstaunt): „Wir haben ja zwei Lukasse?!“

Max: „Wir kühlen einfach mit einem externen Wasserkreislauf.“

Kursübergreifende Angebote und weitere Veranstaltungen

Theater

THE LONDON POST – JULIA
ARNEGGER

„Hallöchen Popöchen!“ Mit dieser ziemlich abstrusen, humorvollen und einzigartigen Zeile würde wahrscheinlich meine eigene Theaterrolle, Reporterin Barbara Harrington von der London Post, diesen Artikel eröffnen; doch zugleich könnte man mit genau den gleichen drei Adjektiven – abstrus, humorvoll und einzigartig – auch unsere gemeinsame Theater-KüA-Zeit beschreiben:

Und hierbei verwende ich den Begriff „abstrus“ im mir besten nur erdenklichen Sinne, dessen Begriff man von der eigentlichen Handlung des Stückes über die Kreativität für benötigte Requisiten bis hin zu unserer persönlichen und individuellen Inszenierung jedes einzelnen Charakters ausweiten könnte.



Doch beginnen wir diese Geschichte bei der Geburtsstunde unseres Stückes, auf einem kleinen Grillplatz neben der Sporthalle auf dem Adelsheimer Akademie-Campus: Statt den von unserem KüA-Leiter Thorsten eigentlich einkalkulierten 15 Personen hatte das Theaterfieber die Akademieteilnehmer doch stärker infiziert als erwartet, und so hatten sich auf einmal 20 begeisterte und motivierte Jugendliche versammelt, um gemeinsam ein Stück für unseren Ab-

schlussabend einzustudieren. Jedoch war das geplante Stück „Oha, eine Leiche“ für eine Besetzung von gerade einmal 15 Personen ausgelegt, und so standen wir also, gerade erst vereint, bereits schon vor unserer ersten großen Herausforderung: Irgendwo mussten fünf weitere wichtige Rollen her!

Doch wie sich bald herausstellte, sollte es in unserer Gruppe an Kreativität und Phantasie nicht mangeln, wodurch wir bereits nach Abschluss unseres ersten KüA-Treffens erste Erfolge verzeichnen konnten und zugleich klar war: Am Originalscript musste noch einmal ordentlich die Schreibfeder gezückt werden, um uns allen einen Platz im Stück zu ermöglichen. Thorsten lies sich nicht lange bitten und überarbeitete das gesamte Stück mit viel Eifer und Passion einmal komplett bis ins kleinste Detail, wovon auch seine Mitmenschen am Frühstückstisch nicht von seiner Suche nach „möglichst abstrusen Mordfällen“ oder „verschiedenen und vielseitigen Mordwaffen“ verschont blieben.

Nachdem ein paar Tage ins Adelsheimer Land gezogen waren, konnte uns Thorsten schon bald stolz und voller Elan sein neues „Baby“, oder wie es üblicher in Gebrauch war, sein neues Script, mit dem Titel „Dead Body Inn“ präsentieren, dessen zentraler Kern ein ominöser Mordfall in einer bankrottierenden, altmodischen, aber dennoch vor Charme sprühenden Pension an der Westküste Englands im Jahre 2019 bildet, der die Aufmerksamkeit von gleich mehreren Detektivgruppierungen erregte, deren Bekanntheitsgrad vom stereotypen, Donut liebenden Polizisten über die scharfsinnige Miss Marple, den französischen Belgier Hercule Poirot bis hin zu den Detektivsternchen Sherlock Homes und Dr. Watson reicht

Das Stück wuchs durch einen trockenen britischen Humor – verknüpft mit knackiger, gesellschaftspolitischer Kritik angereichert mit

pfiffigem Scharfsinn und abgeflachten Witzen – und dem unermüdlichen Engagement aller Teilnehmer zu einer einzigartigen und unvergesslichen Kriminalkomödie heranwachsen lies.

Von den kleinen täglichen Erfolgen und der lockeren, enthusiastischen Atmosphäre motiviert, kombiniert mit leidenschaftlich-intensiven, aber dennoch humorvollen Proben, die zeitweise sogar die Grenzen unserer KüA-Zeit sprengten, konnten wir gemeinsam beobachten, wie das anfänglich noch fremde Stück aus vielen kleinen Szenen zu einem großen Ganzen verschmolz, mehr und mehr Gestalt annahm und mit jeder weiteren Probe seinen individuellen Charakter ausbaute.

Doch mit jeder weiteren Theaterprobe rückte auch unsere Premiere näher, und es ergaben sich auch Rückschläge, die wir einstecken mussten, Hürden, die es zu meistern galt, und Probleme, die einer Lösung bedurften: Beispielsweise kam es allein unter uns „Schauspielern“ innerhalb der 2 Akademiewochen zu knapp 5 Verletzten, also einem Viertel der Theatergruppe, woraufhin gleich mehrere Rollen Neubesetzungen erhielten, was unser Stück zeitweise auf eine harte Probe stellte und deshalb viel Spontaneität, Verständnis, Engagement und Einfallsreichtum aller Akademieteilnehmer erforderte, unsere Gruppe aber nur noch mehr zusammenschweißte, miteinander verband und uns allen zeigte, wie man mit Kreativität und Offenheit das Beste aus jeder Situation heraus holen kann.

Derweil kam nun der Auftritt in sichtbare Reichweite, aus Tagen wurden Stunden, und aus Stunden entwickelten sich Minuten, die uns noch von unserer finalen Aufführung trennen sollten, wodurch auch die Nervosität und Anspannung unter uns allen angefacht wurde, aber damit auch die zugleich verbundene positive, zufriedenstellende Gewissheit, die Hürden des Stücks bewältigt zu haben und nun endlich ein Publikum an der einzigartigen Geschichte teilhaben zu lassen, die natürlich bis zu dem Auftritt strengster Verschwiegenheit und Geheimhaltung unterlag. Letzte Änderungen wurden getroffen, Texte in jeder freien Minute gepaukt, allerlei Requisiten in den abgelegensten Ecken und Winkeln der Akademie aufgetrieben, Ko-

stüme geborgt, gemeinsam geprobt und das „Drama Lama“ vollendet – bis es schließlich soweit war: Wir verzeichneten den Abend des siebten September 2019, inmitten einer mittelgroßen Sporthalle auf dem Adelsheimer Akademiencampus. Nur noch ein Vorhang trennte die 20 Jugendlichen noch von den neugierigen und erwartungsvollen Augen des Publikums. Langsam setzte die den Jugendlichen vertraute Titelmelodie, das melodiose auf und ab der Oboe ein, und die Spannung stieg exponentiell, während sich der Vorhang langsam öffnete und der Gärtner das Stück einläutete. Vertraut, aber an Ausdruck und Einsatz nicht mangelnd, nahm das Stück seinen Lauf, und wir merkten zum ersten Mal, wie das Publikum auf unser Stück reagierte und die eingestreuten Witze aufschnappte, bis etwas später das letzte Licht auf der Bühne als Zeichen des Endes unserer Aufführung erlosch, wir uns geeint verbeugten und einen überraschend lauten Applaus aus dem Publikum ernteten, der das Strahlen auf unseren Gesichtern nur noch intensiverte.



Abschließend spreche ich sicherlich im Sinne aller: Die gemeinsame Theater-KüA Zeit war ein witziges, humorvolles, vor Kreativität und Spontaneität sprühendes, unvergessliches und an Insider-Jokes – vom Lippenstift tragenden Super-Lama bis zu rational-kategorischen Blumenvasen – nicht mangelndes Erlebnis, das uns alle immer miteinander verbinden wird. Demnach als abschließendes Résumé: Immer die Augen nach zwielfichtigen Gärtnern offen halten, man kann nie wissen !

Und nie vergessen: „No Drama, Lama!“

Eure Barbara Harrington

Musik

THERESA FRETZ

Nach dem Mittagessen konnte man sich verschiedenen kursübergreifenden Angeboten anschließen.

Eine regelmäßig stattfindende KüA war die Orchester-KüA. Sie wurde bereits am Eröffnungswochenende angekündigt, damit Interessierte ihre eigenen Instrumente mitbringen konnten. So kam es, dass wir uns am Dienstag der ersten Woche das erste Mal trafen.

Dabei waren:

- 2 Geigen: Marc, Saskia
- 2 Querflöten: Jonathan, Lucie
- 4 Blockflöten: Nils, Lotte, Maruska, Theresa
- 1 Tenorhorn: Tim
- 1 Cello: Arve
- 1 Gitarre: Lukas
- 3 Klaviere: Angelique, Florian, Vilmos
- und natürlich unser Dirigent: Tobi

Im Laufe der Wochen erarbeiteten wir dann mehrere Stücke. Wir fingen mit Teilen aus Händels Wassermusik an, wobei wir gerade am Anfang etwas Zeit benötigten, um uns aufeinander einzustimmen. Anschließend brachte uns Tobi ein Lied von Ed Sheeran aus dem zweiten Hobbit-Film mit. Es heißt „I see fire“, was wie die Wassermusik gut zu unserem Akademie-Motto „Elemente“ passt.

Leider ordnete sich unser Lieblingsstück „Wolfgang Amadeus Bond“ nicht ganz in diese Reihe ein. Da wir dieses Lied aber unbedingt spielen wollten, suchten wir nach einer Begründung. Die war zum Glück auch schnell gefunden: Das Stück vereint Elemente der 40. Sinfonie von Mozart und dem Hauptthema der James-Bond-Filme in sich. Somit hatten wir die Daseinsberechtigung geschaffen, und unser „musikalisches Molekül“ konnte ohne Bedenken präsentiert werden.

In den zwei Wochen lernten wir deutlich mehr als nur das Spielen der Stücke. Zunächst einmal schauten wir uns die Orchester-Aufstellung an

und versuchten, sie soweit möglich umzusetzen. Außerdem beschäftigten wir uns mit dem Dirigieren und damit auch mit der richtigen Atemtechnik, Körperhaltung, dem unabhängigen Bewegen unserer Hände und dem Finden und Vorgeben des korrekten Tempos. Wir dirigierten uns gegenseitig, und Tobi erzählte uns, wie gefährlich ein Taktstock sein kann.

Das Ziel der KüA waren natürlich unsere Auftritte, sowohl am Hausmusikabend als auch am Abschlussabend. Wir bekamen sehr viel positives Feedback und hatten auf jeden Fall eine tolle Zeit, bei der Vorbereitung und auch bei den Auftritten.



Sport

FRANKA MÜLLER, MARA MERX UND
NELE SCHNEIDER

Für besonders begeisterte Sportler oder andere verrückte Leute wurde jeden Morgen von Linus ein Frühsportprogramm angeboten. Darunter Joggen oder Krafttraining, aber auch Yoga mit Yoga-Jakob stand mit auf der Agenda. Die Motivierten-Rate konnte man an der anfänglich hohen und die anstrengende Akademiezeit an der gegen Ende langsam sinkenden Teilnehmerzahl ablesen.

Mittags fanden sich jeden Tag viele sportbegeisterte Leute zur Sport-KüA zusammen. Dazu stellte unser Sportmentor Linus ein abwechslungsreiches Angebot vor: Von Frisbee bis hin zum Ballsport wie Handball, Fußball, Basketball oder Volleyball war für alle etwas dabei.

Gleich am ersten Tag sammelten sich die Sportler, um Basketball zu spielen. Zuerst wärmten wir uns auf, und danach bildeten wir 4 Teams,

um spannende, aber vor allem lustige Spiele zu bestreiten.

Bereits zu Beginn konnte man erkennen, dass sich Basketball zu unserem Lieblingssport entwickelte. So spielten wir es zu jeder erdenklichen Tageszeit, sogar auch nachts! Schon um 6.00 Uhr morgens verabredeten wir uns übermotiviert zum Frühsport, um Basketball zu spielen (sehr zum Leidwesen mancher Schlafenden). Dies war aber auch das erste und letzte Mal, da uns erklärt wurde, dass die Nachtruhe von 22.30 bis 7.30 Uhr andauert, was angesichts der anstrengenden zwei Wochen auch durchaus ihren Sinn hat.



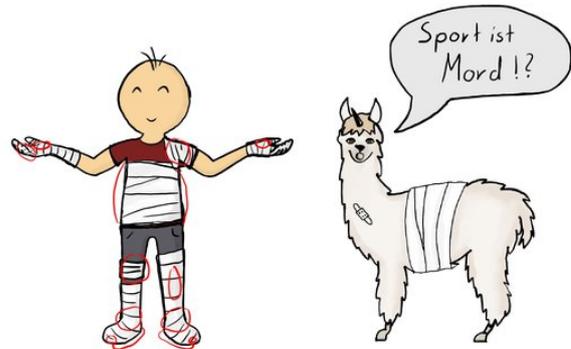
Ein weiteres beliebtes Spiel war „Bump“. Dazu stellen sich die Teilnehmer in einer Reihe hintereinander vor den Basketballkorb. Der erste und zweite Spieler in der Reihe erhalten jeweils einen Ball. Nun beginnt der erste Spieler, auf den Korb zu werfen. Trifft er nicht, muss er schnell den Ball holen und so lange werfen, bis der Ball im Korb ist. Der zweite Spieler darf mit seinem Wurf beginnen, sobald der Spieler vor ihm seinen ersten Wurf abgegeben hat. Wenn ein Spieler in den Korb trifft, muss er seinen Ball sofort an den nächsten Spieler in der Reihe abgeben. Trifft allerdings der zweite Werfer vor dem ersten Werfer in den Korb, ist der erste Werfer ausgeschieden. Kein Wunder, dass Bump zu den Lieblingsspielen unseres Sportmentors Linus zählte, da er bei fast allen Durchgängen als Sieger hervorging.

Auch abends kamen die sportaktiven Kursteilnehmer in den Genuss, ihre Leidenschaft auszuüben. Einmal erreichten wir sogar durch „betteln“, dass Linus abends kurzfristig eine Sport-KüA anmeldete.

So ergab sich für uns Sportnarren ein sportlicher Tagesablauf:

| | |
|-----------------|--|
| 6.00 Uhr | Basketball spielen :) |
| 7.00 Uhr | Joggen |
| 7.30–8.30 Uhr | Frühstück |
| 8.30 Uhr | Plenum |
| 9.00–12.00 Uhr | Kurs |
| 12.00–12.45 Uhr | Mittagessen (meistens aber sehr viel kürzer) |
| 12.45–13.45 Uhr | Sport |
| 13.45–15.45 Uhr | Sport-KüA |
| 16.00–18.45 Uhr | Kurs |
| 18.45–19.30 Uhr | Abendessen (noch schneller als beim Mittagessen) |
| ...–20.00 Uhr | Sport |
| 20.00–21.00 Uhr | KüA |
| 21.00–22.00 Uhr | Sport |
| 22.00 Uhr | Zimmerruhe |
| 22.30 Uhr | Nachtruhe |

Auch wenn das Niveau der Sportlerinnen und Sportler bei den verschiedenen Sportarten oftmals sehr schwankte, so waren doch alle stets voll mit dabei. Dies brachte allerdings auch viele Verletzungen mit sich. Hier eine Übersicht, wie ein Körper mit all unseren Verletzungen aussehen würde.



Abschließend lässt sich sagen, dass die Sport-KüA total Spaß gemacht hat und ein voller Erfolg war! Vielen Dank an Linus und alle, die begeistert mitgemacht haben!

Sportfest

LEONIE SCHULTE

Kein Tag an der Akademie verstrich ohne einen Hinweis auf das Sportfest, welches am fünften

Akademietag stattfinden sollte. So wurden zum Beispiel in allen Kursen Schlachtrufe ausgearbeitet. Auch beim morgendlichen Plenum wiesen die Akademieleitung und Linus, der Sport-KüA-Leiter, darauf hin, zum Frühsport zu gehen, um sich möglichst gut auf das Sportfest vorbereiten zu können. So manche Kurse sah man über den Sportplatz rennen, in anderen wurde die beliebte Nervennahrung durch Gemüse ersetzt. Einen besonderen Schock bekamen wir, als am schwarzen Brett plötzlich Bestenlisten des Sportfestes vom Vorjahr ausgingen.



Daher begaben wir uns voller Bangen am Freitagnachmittag zum Sportfest. Kaum waren alle da, wärmten sich die Kurse zusammen mit ihren Schülermentoren auf, und dann startete auch schon den Wettkampf. Dieser war zwar ganz anders als erwartet, erforderte aber viel Einsatz und Teamgeist von jedem Kursmitglied. Auch Schnelligkeit, Ausdauer, Kraft und Geduld waren gefragt. Bei den sieben olympischen Disziplinen mussten verschiedenste Strategien überlegt werden, und so konnten alle etwas dazu beitragen. Jeder Teilnehmer war hochmotiviert und setzte sich als Ziel, die Kursehre zu verteidigen.

Begegneten sich die Kurse während der Disziplinen, so brüllte man sich Schlachtrufe hinterher. Die Astronomen schrien: „3, 2, 1 – Entonaut – Lift off“, während man die Biologen rufen hörte: „Was ist gegen uns? – Kein Kraut gewachsen“. Um einiges komplizierter war der verschlüsselte Spruch der Informatiker: „KCB – UX5“. Die Philosophen antworteten mit dem Akademie-Insider: „Wir sind depri aber frei“.

Ganz mathemagisch reagierte der Mathematikkurs mit den Worten: „Wurzel 3, Zauberei, Sieg herbei!“. Den längsten Spruch konnten die TheoPraxler vorweisen. Sie riefen: „TheoPrax gewinnt mit Klax. Unser Kurs ist gut wie nie, nicht nur in der Theorie. Zickezacke zickezacke, Horst Horst Horst!“.

Nach den sieben spannenden und anstrengenden Disziplinen versammelten sich alle nochmals auf dem Sportplatz zu einem großen Finale. Da es für das Finale doppelt so viele Punkte gab, schrien sich dort alle Teilnehmer die Stimme aus dem Hals, um sich anzufeuern, sodass der Lärm in ganz Adelsheim zu hören war.

Zur Belohnung fand nach diesem anstrengenden und nassen Sportfest ein Grillfest statt, bei dem man mal Zeit hatte, mit den anderen Teilnehmern in ein Gespräch zu kommen.

Gewonnen wurde das Sportfest vom TheoPrax-Kurs, die sich über ihren Sieg riesig freuten. Auf dem zweiten Platz landeten gleich zwei Kurse, nämlich die Mathematiker und die Astronomen. Ob da wohl gezaubert wurde? Den vierten Platz erreichte der Informatikkurs, dicht gefolgt von den Biologen, gegen die anscheinend doch das ein oder andere Kraut gewachsen war. Auf Platz 6 landeten die Philosophen, für die das aber kein Problem war, da sie schließlich sowieso schon depri waren.

Jonglage

CHARLOTTE CONRAD

Am zweiten Tag in Adelsheim wurde von Merit eine Jonglage-KüA angeboten. Auf dem Sportplatz hat sie uns dann das Jonglieren nähergebracht: Wir haben zuerst mit einem, dann mit zwei Bällen jonglieren geübt. So haben wir Stück für Stück auf das Jonglieren mit drei Bällen hingearbeitet. Wir haben auch in einer Hand mit zwei Bällen jongliert, was gar nicht so einfach ist, wie es klingt. Am Ende konnten wir alle ein bisschen mit drei Bällen jonglieren und hatten vor allem sehr viel Spaß dabei. Es war echt schön, sodass wir länger als geplant blieben, jonglierten und uns unterhielten ... Irgendwann war es so dunkel, dass wir unter eine Laterne umzogen, wo wir uns bis weit über die Flurruhe hinaus über Schwank und vieles

mehr unterhielten, bis wir schließlich ins Bett geschickt wurden . . .

Es war ein wirklich schöner Abend. Umso größer war die Begeisterung, als Merit sich in der zweiten Woche dazu bereiterklärte, eine weitere Jonglage-KüA anzubieten. Dabei wollten wir aber nicht nur jonglieren, sondern auch Freundschaftsarmbänder knüpfen und Jonglage-Bälle basteln. Jongliert haben wir letztendlich gar nicht, stattdessen saßen wir die ganze Zeit im Kreis unter der Laterne und haben Armbänder geknüpft und gequatscht.

Es waren zwei tolle, lustige Abende, die wir in vollen Zügen genossen haben, und die uns allen riesigen Spaß gemacht haben.

Zeichnen – Ein Gesicht sagt mehr als tausend Worte

JULIA ARNEGGER

Die sich in der Abend-KüA Schiene einmalig ereignete ZeichnenKüA, die aber dennoch auf große Begeisterung stieß, beschäftigte sich allgemein mit der faszinierenden und klassischen Technik des „Portraitzeichnens“. Dieses umfassende Thema stellte sowohl für Zeichenanfänger als auch für Fortgeschrittene eine kleine Herausforderung dar, weshalb es sich auch als ideales Thema für jeden Hobbyzeichner erwies, der Spaß am kreativen Arbeiten und dem Mitbringen der eigenen Phantasie besitzt.

Während dieser einen Stunde erläuterte Akademieleitungsassistentin Ranran zusammen mit ihrer Zeichnen-Co-Leiterin Julia Arnegger die Grundbausteine und grob zu beachtenden Richtlinien für das Erzielen eines realistischen Portraits: So schafft das Ausrichten am proportionalen Aufbau des Kopfes Orientierung und vermittelt das körperliche Größenverständnis. Außerdem beschäftigte sich die KüA mit spezifischen Beschaffenheiten, wie beispielsweise dem Aufbau der Nase oder der Regenbogenhaut des Auges, was bei den Teilnehmern vielfältiges Interesse weckte. Locker und humorvoll zog die Stunde wie im Flug vorbei, so entwickelte sich die gemeinsame Zeit nach dem Übergeben der Aufgabe, das Profil seines Sitznachbarn in seinen wesentlichen Merkmalen und in ver-

schieden langen Zeitetappen auf das Papier zu bringen. Zugleich entwickelte sich diese KüA aber auch immer mehr zu einem offenen Austausch und charmant-differenzierten, doch stets humorvollen Diskussionen über verschiedenste Themenbereiche und bot damit dem Akademiealltag einen abwechslungsreichen, entspannten und natürlich kreativen Ausklang, welcher von den kunstinteressierten Jugendlichen sehr begrüßt wurde.

Doch genauso offerierte das Eingehen auf Individualität und Vielfalt jedes einzelnen Menschen in seiner Form, Ausdruck und Einzigartigkeit auch Platz zum Nachdenken und kreativer Entfaltung, losgelöst von strikten Mustern und festen Regeln, in der der Phantasie keine Grenzen gesetzt sind. Denn die Kunst ist ein Freigeist; die zweckentfremdete Feder des Schriftstellers, die Menschen auch ohne Worte zu berühren oder zum Nachdenken anzuregen vermag und ihnen dadurch eine neue Welt offenbart!

Fimo

HENRIETTE RUPP

Die Fimo-KüA fand in der Mittagsschiene statt und wurde von der Astronomie-Schülermentorin Merit angeboten.

Da sie in ihrer Freizeit selbst gerne mit Fimo bastelt, hatte sie eine riesengroße Auswahl an Knete und Modellierwerkzeug. In den zwei Stunden durften wir das kneten, was wir wollten. Dabei kamen ganz unterschiedliche Dinge heraus, von Kettenanhängern und Kurslogos über Blumen bis hin zu detaillierten Drachen war alles dabei. Nach dem Abendessen haben wir dann unsere frisch gebackenen Fimo-Teilchen bekommen. Diese KüA war wirklich sehr entspannend und hat total viel Spaß gemacht, danke!

Tanzen

JESSICA CZECH

Die einmalig veranstaltete Tanz-KüA von Elisa aus dem Philosophiekurs war ein richtig toller Abend. Ich habe mich ziemlich spontan dazu

entschieden mitzumachen. Es kamen fast so viele Jungs wie Mädchen, wovon wir positiv überrascht waren. Dadurch konnten wir direkt Tanzpärchen bilden. Kevin erklärte sich dazu bereit, der DJ zu sein. Wir lernten in nur einer Stunde gleich drei Tänze: Discofox, Langsamer Walzer und Cha-Cha-Cha. Die Tanzschritte hat Elisa uns einfach erklärt und gezeigt, sodass wir sie direkt nachtanzen konnten. Später machten wir das Gleiche, nur mit Musik und in Zweierpärchen. Das war für einige die erste Tanzerfahrung, doch weil alle so motiviert waren, es zu versuchen, klappte fast alles auf Anhieb. Ich denke, es hat allen Spaß gemacht und vermute, es hat manche dazu überzeugt, sich ausgiebiger in ihrer Freizeit mit Tanzen zu beschäftigen.

Pralinen

ALEXANDRA WOLBER

Für diese KüA, die von der Bio-Kursleiterin Jana angeboten wurde, meldeten sich schon im Forum viele Interessierte. Als sie dann endlich im morgendlichen Plenum vorgestellt wurde, war die Vorfreude riesengroß. Alle versuchten, noch einen von den zehn Plätzen zu ergattern, da die Lehrküche keinen Platz für mehr Teilnehmer bot. Diejenigen, die schnell genug waren, durften sich den ganzen Tag auf den vielversprechenden Abend freuen.

Begonnen wurde mit einer kurzen Einführung der wichtigsten Grundlagen der Pralinenherstellung. Jana erklärte uns zum Beispiel, warum Kuvertüre besser sei als normale Schokolade oder wie man am besten Nougat verarbeiten sollte. Danach durften wir, entweder alleine oder in Zweiergruppen, endlich loslegen. Jeder suchte sich ein leckeres Rezept aus, und dann wurde auch schon fleißig Kuvertüre im Wasserbad geschmolzen, Mandeln gehackt oder andere Zutaten abgewogen. Bei Fragen konnten wir uns immer an Jana oder Patricia wenden. Nach und nach wurden die einzelnen Pralinen fertiggestellt, und wir waren alle überrascht, als Jana sagte, dass es schon 21 Uhr sei. Zuletzt mussten wir die Bleche mit den fertigen Pralinen noch in den Keller tragen, weil es dort am kühlfesten war. Am nächsten Morgen, nach

dem Plenum, trafen wir uns alle in der Lehrküche, um unsere Pralinen abzuholen. Sofort wurden die ersten Pralinen probiert, und wir waren alle sehr begeistert.



Die Sockenstudien

LENNART RUHRMANN

Bei der Akademie versammeln sich jedes Jahr die außergewöhnlichsten Menschen, die man sich vorstellen kann. Auf den ersten Blick gleicht keiner dem anderen, und doch herrschen gewisse Ähnlichkeiten, die mich als promovierten Verhaltensforscher brennend interessieren. Um diese zu untersuchen, sollten Gemeinsamkeiten weit über die Kurswahl hinaus analysiert werden, schließlich müsste man dafür nur auf die bunten Namensschilder achten, und sogar mir wäre dabei schnell langweilig geworden. Stattdessen musste ich also schwerere Geschütze auffahren, um die tatsächliche, hoch komplexe Persönlichkeitsstruktur der Teilnehmer entschlüsseln zu können: Passend zu den weiteren wissenschaftlichen Vorgängen am LSZU beantworteten die Teilnehmer während der Zeitspanne von einer Sommerakademie die dringendsten Fragen der modernen Forschung. Es wurden 25 Messungen durchgeführt, mit Nachjustierungen zur Fehlerverminderung am Dokumentationswochenende. Da es sich um vertrauliche Daten handelt, wurde selbstverständlich Anonymität gewährleistet.

Tatsächlich kamen einige höchst interessante Verhaltensmuster zum Vorschein. So konnte man den Antworten auf die Kernfrage „Trägst du Socken beim Schlafen?“ entnehmen, dass

diese Angewohnheit nur von drei Teilnehmern dauerhaft praktiziert wird, während 39 immer barfuß schlafen. Sieben Leute können sich bei ihrer Kleidungswahl nicht genau festlegen, während sie bei anderen von bestimmten Faktoren abhängt: Acht Teilnehmer ziehen nur bei Kälte oder im Winter Socken an, eine Person, wenn sie krank ist, zwei für den Schlafsack, zwei weitere in neuer Umgebung und sechs bei Vollmond. Die restlichen Fragen deckten teilweise große Mehrheiten auf, beispielsweise hängen 92 Prozent der Teilnehmer ihr Klopapier so auf, dass es zu ihnen zeigt, der Anteil an Rechtshändern beträgt 83 Prozent und vier von fünf Teilnehmern ziehen eine Analoguhr der Digitaluhr vor. Eine letzte Messung am Dokumentationswochenende ergab, dass ein Song über ein bestimmtes Lama seit dem Sommer über 670 Mal von den Akademiern angehört worden war – und das sogar ohne die Schülermentoren mit einzuberechnen ... Die restlichen Ergebnisse der Sockenstudien sowie die richtige Art und Weise, einen Pullover auszuziehen, können von den Probanden im Forum eingesehen werden.

Laugenteilchen

ANNA-LENA KREMP UND LISA
SCHMIDT

In einer KüA-Schiene am Nachmittag fand die Laugenteilchen-KüA von Michael und Kevin, den beiden Leitern des Informatikkurses, statt. Insgesamt acht Teilnehmer, sieben davon aus dem Informatikkurs, probierten sich am Formen und Verzieren von Laugenteilchen. Zuerst wurde uns gezeigt, wie man den perfekten Hefeteig herstellt, aus dem sich die garantiert besten Laugenteilchen machen lassen. Wer die Laugenteilchen nachbacken will, findet das Rezept dazu im Forum.

Da die Teige eine gewisse Ruhezeit benötigten, hatten Michael und Kevin schon einige vorbereitet, sodass wir uns gleich eifrig ans Formen machen konnten. In Zweierteams wurde der teilweise sehr widerspenstige Hefeteig geknetet und geformt. Es entstanden Knoten, Brote, Brezeln, Kränze und andere Formen, die sich nicht genau zuordnen ließen. Danach tunkte Michael die Teilchen in die stark ätzende Lau-

ge. Die Spuren der Lauge aus vorangegangenen Akademiejahrgängen lassen sich immer noch auf den Arbeitsflächen der Lehrküche bewundern, deshalb musste mit der Lauge sehr sorgsam umgegangen werden. Mit einem gewissen Sicherheitsabstand zu den nun in Lauge getränkten Teilchen wurden diese von uns allen mit Käse, Körnern, Salz und Sesam akkurat belegt. Vor allem eine Gruppe, bestehend aus zwei Informatikern, tat sich hervor: Deren Teilchen ließen sich am einfachsten identifizieren, da sie entweder überhaupt keinen Belag hatten oder nur Käse als Belag vorwiesen. Kommentar dazu: „Wir sind Informatiker. Bei uns gibt es nur 0 oder 1, also alles oder nichts.“

Ungeduldig warteten wir darauf, dass die Teilchen endlich aus dem Ofen kamen und wir unsere Werke probieren konnten. Und wir wurden nicht enttäuscht, sie waren wirklich sehr lecker. Wir möchten uns nochmal bei Michael und Kevin für die Organisation dieser KüA bedanken. Nach dem gemeinsamen Aufräumen der Lehrküche wurden die Teilchen an die restlichen Akademierteilnehmer verteilt, jedoch mit dem Sicherheitshinweis, die Teilchen nur dann zu essen, wenn sie nicht seifig schmecken.



Wasserschlacht

JONATHAN WEIHING

Direkt nach der Nachmittags-KüA hieß es für alle: bitte aufs Fußballfeld! Schon innerhalb der KüA-Zeiten konnte man Kursleiter und Schülermentoren sehen, die äußerst vorsichtig versuchten, Kisten in die Mitte des Fußballfeldes zu tragen. Wie sich später herausstellte, waren die Schülermentoren schon während des

ganzen Leitertreffens und der zweistündigen KüAs beschäftigt, eine große Anzahl an Wasserbomben zu produzieren, was ein besonderes Lob verdient hat.

Nun gab es die Chance zu beweisen, welcher der sechs Kurse der Beste ist. Nachdem alle Kurse mehr oder weniger vollständig beisammen waren und sich mit ihren Schülermentoren eingefunden hatten, begann Dominik mit der Erläuterung der Regeln. Gewonnen hatte der Kurs, der seinen Schülermentor, der davor ein Papierschild mit dem Logo des jeweiligen Kurses den Rücken geklebt bekommen hatte, am besten vor den Wasserbomben der anderen Kurse beschützte. Das Ziel war, das Schild der Schülermentoren der anderen Kurse nur mithilfe von geworfenen Wasserbomben zu lösen, da leider Körperkontakt verboten war.

Nach den lauten Schlachtrufen der jeweiligen Kurse ging es endlich los. Auf das Startsignal rasten rund 72 Jugendliche zu den Wasserbomben in der Mitte des Feldes. Es ist fast ein Wunder, dass niemand direkt in die Wasserbomben ausgerutscht ist und sie somit zerstörte, aber zum Glück ging alles gut. Sofort ergaben sich die unterschiedlichsten Techniken zum Beschützen der Schülermentoren: Ob man sich Rücken an Rücken stellte und dann die Arme verschränkte, ob sich eine Vierergruppe um den Schülermentor stellte, die versuchten, jedem ankommenden Gegner die Bomben aus der Hand zu werfen oder zu zerstören, oder ob sich der Schülermentor einfach an das Gitter an den Seiten des Spielfeldes gedrängt hatte: diese Techniken und noch mehr wurden probiert. Außerdem konnte man direkt nach dem Start eine ganze Horde von bewaffneten Teilnehmern in die Richtung von Lorina, die TheoPrax-Schülermentorin, rennen sehen. An dieser Stelle wurden dann auch später die meisten Gummifetzen gefunden.

Erstaunlicherweise hielt der Wasserbombenvorrat eine ganze Weile. Dies mag wohl auch daran liegen, dass viele Wasserbomben einfach vom Rücken der Opfer abprallten und dabei nicht platzten. Nichtsdestotrotz wurden nicht nur die Schülermentoren nass, sondern es hatte fast jeden, der auch nur einen Fuß auf das Spielfeld gesetzt hatte, getroffen. So wurde zum

Beispiel nicht nur Jörg mehrmals getroffen, sondern auch Dominik und die anderen Kursleiter. Nach rund fünf bis sechs Minuten hartem Kampf waren dann jedoch die Wasserbomben leer und das Spiel wurde abgepfiffen. Nun sollten sich die Schülermentoren in der Mitte zusammenfinden, um zu bewerten, wer gewonnen hatte.



Man konnte hinterher nicht nur die komplett nassen Schülermentoren erkennen, sondern auch, dass es den Teilnehmern viel Spaß gemacht hatte. Daher ist es auch nicht verwunderlich, dass die Schilder der Schülermentoren trotz aller Schutzmaßnahmen der eigenen Teilnehmer deutlich zerstört wurden. Am besten von allen Kursen löste der Mathematikkurs die Aufgabe. Nach einer so großen Wasserschlacht gehörte es aber auch dazu, die Plastikfetzen aufzusammeln, denn es kann natürlich nicht sein, dass wir als Gast am LSZU (Landesschulzentrum für Umwelterziehung) das ganze Plastik auf dem Fußballfeld liegen lassen. Daher bildeten wir eine lange Kette und liefen geschlossen von der einen Seite des Feldes bis zur anderen, sodass alles wieder aufgesammelt wurde.

Danach ging es mehr oder weniger direkt mit dem Kurs weiter. Jedenfalls machte die Wasserschlacht nicht nur Spaß, sondern war auch eine coole Abwechslung zum „normalen“ Tagesablauf, die auf jeden Fall gelungen war. Denn danach ging jeder zwar ausgepowert, aber fröhlich in den Kurs.

Improtheater

ELLEN DIEZ

Gleich zu Beginn der Akademie erhielten wir die Information, dass es eine Improtheater-KüA

geben würde. Schon als es darum ging, einen geeigneten Raum zu finden, wurde von Thorsten, dem KüA-Leiter, das erste Mal improvisiert, und aus dem Steinring um den Eingang des LS-ZU II wurde spontan ein kleines Amphitheater. Ohne Vorübungen ging es direkt los. Kaum waren die ersten zwei Freiwilligen auf die Bühne getreten, fanden sie sich auch schon mitten in der Wüste Sahara in der Ehekrise. Mit jedem Klatschen nahm die Geschichte eine neue Wendung, auf einmal angelten zwei alte Freunde oder der Pannenservice wurde informiert.

Danach sprachen auf einmal drei Tote mit dem Publikum. Ob bei der Verfolgung eines Maulwurfs im Elektrozaun gelandet, nach dem Teleshopping von einer Mikrowelle in die Luft gejagt oder beim Suchen der Kontaktlinsen im Waschbecken ertrunken: Die drei Toten berichteten uns detailgenau von ihrem höchst tragischen Schicksal. Zum Schluss durfte jeder Teilnehmer noch einen Spruch auf einen der bereitliegenden Zettel schreiben, die dann auf dem Boden verteilt wurden. Das geschiedene Ehepäarchen, das sich im Supermarkt wiedertraf, brachte dann diese Sätze in ihr Spiel ein. Der Streit über die Leerung der Biomülltonne führte weiter zu Diskussionen, bis schließlich der beleidigte Mann mit einem „Jeder hat dumme Gedanken, der Weise verschweigt sie“ die Szene zu Ende gehen ließ. Die Improtheater-KüA ging viel zu schnell vorbei und hatte uns einen sehr lustigen Abend bereitet.

Bergfest

LARISSA SCHURER

Halbzeit – aber noch lange nicht vorbei! Nachdem wir bereits am Nachmittag bei der Rotation sowohl unsere eigenen Präsentationen vorgestellt hatten als auch einen Einblick in die anderen Kurse und deren Themengebiete erhielten, stand das Bergfest vor der Tür, ein Höhepunkt der Akademie, das bereits mehrere Tage im Voraus vom Bergfest-Organisationsteam geplant worden war.

Nach einer kurzen Begrüßung durch die Moderatoren (Lara, Melanie und Karolina) startete auch schon das Programm des Abends. Zuerst traten die einzelnen Kurse, vertreten durch je

einen Teilnehmer, bei dem Spiel „Menschen-Memory“ gegeneinander und gegen die Schülermentoren an. Trotz aller Anstrengungen der einzelnen Kursteilnehmer, die natürlich alles für ihre Teamkollegen gaben, gewann letztendlich doch, wenn auch knapp, Andreas und somit auch die Schülermentoren.

Darauf folgten zwei absolute Glanzleistungen auf der Bühne von Saskia und Lorina. Saskia trug einen ihrer eigenen Poetry-Slams vor, welcher von einer abenteuerlichen Fahrt mit der Deutschen Bahn handelte. Dabei schlug sie auch gleich einen neuen Slogan für das Unternehmen vor, der uns allen aus der Seele sprach und auch ein wenig schmunzeln ließ: „Wir entschuldigen uns für dadurch entstandene Unannehmlichkeiten“. Lorina dagegen verpackte die Elemente des Periodensystems, passend zu seinem 150-jährigem Jubiläum und unserem Motto „Elemente“, in einer unfassbar humorvollen Geschichte über eine kleine Familie und brachte uns mit Wortspielen wie „I Zink ...“ und noch vielen mehr nicht nur einmal zum Lachen.

Dann war das nächste Spiel an der Reihe: Das Quizduell, bei dem sich die einzelnen Jungs- und Mädchenfure in den verschiedenen Kategorien wie zum Beispiel Songtitel und Interpretationen abgespielter Lieder erraten, Fragen zum Akademiealltag oder Schätzfragen duellierten.

Danach demonstrierte uns Thorsten die Bedeutung jedes einzelnen Buchstabens in einem Satz. Denn egal, wie klein ein Element ist, macht es in der Bedeutung einen großen Unterschied. Je mehr Buchstaben fehlten, desto schwieriger wurde es, ihn zu verstehen, bis es „igenann in einem egelech aussichlosen äselaen“ endete.

Was natürlich auch nicht fehlen durfte, war eine Vorführung der Mathematiker. In ihrem Kurs stand dieses Jahr alles unter dem Thema „Magie“ und wie diese durch Mathematik erklärt werden kann. So zauberten sie eine Show auf die Bühne, die uns alle staunen ließ.

Nach einem gemeinsamen Lachkreis, angeleitet vom Schülermentor Jakob, war es endlich soweit, der Moment, auf den wir alle schon seit Tagen gewartet hatten: die Siegerehrung des Sportfestes! Die Spannung wurde durch die be-

eindruckende und spaßige Torero-Aufführung der Schülermentorinnen und -mentoren und der AL-Assistenten Ranran und Lorenz sowie die Rede unseres diesjährigen Sportmentors Linus nur nochmal verstärkt. Nach unzähligen Minuten voller Spannung und Ungewissheit stand es fest: TheoPrax sicherte sich den 1. Platz!

Als der offizielle Teil beendet war, hieß es dann: Tanzen und die gelungene erste Akademiewoche ausgelassen feiern. Dazu gab es auch ein mit leckeren Snacks und Getränken vorbereitetes Buffet, und der Abend und die Stimmung waren perfekt.



Doch leider musste auch dieser Tag, wie jeder der Akademie, enden, auch wenn wir uns gewünscht hätten, dass er es nicht täte. Zum Abschluss sangen uns die Kursleiter und die Akademieleitung noch anstelle der täglichen und sehr beliebten „Gutenachtgeschichte“ das Lied „Der Mond ist aufgegangen“ und stimmten uns damit auf die Nachtruhe ein.

PowerPoint-Karaoke

VALENTIN CZEKALLA

Eine weitere KüA, die stattfand, war die Powerpoint-Karaoke-KüA. Hierbei brachten die Teilnehmer und die Schülermentoren PowerPoint-Präsentationen mit. Freiwillige, die die Präsentation vorher noch nie gesehen hatten, hielten dann einen oftmals sehr amüsanten Vortrag. Dabei gab es verschiedene Versionen: So wurden beispielsweise auch Präsentationen in englischer Sprache über Themen wie Whisky und Astronauten gehalten. Bei einer weiteren lustigen Version enthielt die PowerPoint nur Bilder die wenig miteinander zu tun hatten und

der Vortragende musste einen Zusammenhang zwischen diesen und dem von den Anderen vorgegebenem Thema und der Leitfrage erstellen. Dabei wurde die fehlende Existenz einer Erdkugel bei der Existenz von Einhörnern und die Verstrickungen von Meerschweinchen in der Stürmung der Area 51 bewiesen. Da diese Küa mit 10–20 Teilnehmern gut besucht war, gab es noch einige Themen mehr. Wegen der großen Begeisterung fand sie auch zweimal statt.

Geländespiel

ELLEN DIEZ

An einem Abend trafen wir uns draußen auf dem Sportplatz für ein Geländespiel. Da viel mehr Teilnehmer als erwartet mitmachen wollten, wurden schnell noch einige zusätzliche Karten geschrieben, bevor es losgehen konnte.

Zuerst wurden die ungefähr zwanzig Teilnehmer in zwei Gruppen eingeteilt: das grüne und das rote Team. Bei dem Spiel „Tierstratego“ wird jedem Spieler eine Tierrolle zugewiesen. Wenn sich zwei Spieler aus unterschiedlichen Teams berühren, gewinnt das stärkere Tier und darf seinen Besiegten ins Gefängnis begleiten. Während das Krokodil das stärkste Tier ist und nur vom Pandabären geschlagen werden kann, ist der Panda selbst eines der schwächsten Tiere. Unter dem Löwen stehen Fuchs, Wolf, Adler, Faultier, Pandabär, Spinne und die Maus. Die Spinnen in jedem Team haben die Aufgabe, ihre Mitspieler wieder aus dem Gefängnis zu befreien. Die Maus als schwächstes Tier verliert gegen jeden. Sind beide Spinnen oder die Maus eines Teams gefangen, ist das Spiel zu Ende.

Nach einer kurzen Strategieplanungsphase begann auch schon die erste Runde. Schon bald tummelten sich Spinnen, Wölfe und Krokodile zwischen den Gebäuden des LSZU, Mäuse versteckten sich an unauffindbaren Orten, und vor den Gefängnissen patrouillierten Faultiere. Die hereinbrechende Nacht erhöhte den Spaßfaktor nur umso mehr.

Obwohl nach zwei Partien nicht ganz klar war, wer eigentlich gewonnen hatte, hatten alle trotzdem sehr viel Spaß bei Tierstratego.

Fit für die Zukunft

LUEKAR HERKE

Vielen Schülern und Studenten fällt es schwer, ihre Zeit effektiv zu nutzen. Es gibt viele Aufgaben, die ihre Aufmerksamkeit verlangen und erfüllt werden müssen. Dass nicht immer alles perfekt in dieser begrenzten Zeit gelöst werden kann, ist hierbei logisch. Doch wie entscheidet man, welche dieser Aufgaben sofortige Aufmerksamkeit benötigen, oder in was man wie viel Zeit investiert, um das bestmögliche Ergebnis zu erhalten? Mit der Antwort auf diese Fragen hat sich die KüA „Fit für die Zukunft“ von Lisellotte Kühn beschäftigt. Auf spannende Art und Weise lernten wir hier viele Methoden und Techniken kennen, unsere Zeit sinnvoll einzuteilen, unsere Aktivitäten zeitlich einzuschätzen und somit unseren Tagesablauf zu optimieren.



Gerade den Perfektionisten, von denen sich einige in der Runde befanden, half dieser Kurs sehr. Anstatt viel Zeit in eine Aufgabe zu stecken, wendet man Prinzipien an wie beispielsweise die 80/20 Regel, um die meiste Arbeit in kürzester Zeit zu erledigen. Auch die Abstufung der Wichtigkeit der Aufgaben, um zu entscheiden, wie viel Zeit man in wozu investiert, ist essenziell für einen geordneten Tagesablauf.

Aber auch für Nicht-Perfektionisten war dieses Angebot sehr hilfreich, um ihre Aufgaben sinnvoll zu strukturieren und zu überschauen. Techniken wie beispielsweise die Salomitaktik helfen, eine Aufgabe zu managen und im Blick zu haben, um diese möglichst schnell erledigen zu können und somit noch mehr von dem restlichen Tag zu haben.

„Fit für die Zukunft“ war eindeutig eine Bereicherung für jeden Teilnehmer und hilft allen bei der Organisation und Strukturierung von ihrem Tagesablauf und bereitet uns darauf vor, auch im Abitur oder Studium unsere Zeit effektiv zu nutzen und sie nicht zu verschwenden. Jetzt sind wir tatsächlich „fit für die Zukunft“.

Rätsel

CATHARINA HOCK

Für alle, die noch nicht genug von der Mathematik hatten, wurde in einer Abend-KüA-Schiene die Rätsel-KüA angeboten. Mit einigen Logik- und Rätselaufgaben verging die Zeit wie im Flug: Es wurde diskutiert, überlegt und – nicht zuletzt – sehr viel Papier verbraucht. Auch die Anbieter der KüA, Franka und Catharina, wurden vor einige spannende Aufgaben gestellt. Am Ende waren alle so gefesselt, dass glatt überzogen wurde (zugunsten weiterer Rätsel).

Als kleiner Appetithappen hier ein Rätsel, das wir ganz zu Beginn der KüA gelöst haben: Auf einer einsamen Insel leben 50 braunäugige und 50 blauäugige Menschen. Die Regeln ihrer Gemeinschaft verbieten es ihnen, sich über ihre Augenfarbe zu unterhalten oder anderweitig auszutauschen. Wer dennoch – unter welchen Umständen auch immer – seine eigene Augenfarbe erfährt, muss sich am Tag der Erkenntnis umbringen. Natürlich kennen sie die Augenfarbe von allen anderen Inselbewohnern. Als eines Tages ein Forscher auf die Insel kommt, weiß noch keiner der Bewohner etwas über seine Augenfarbe. Der Forscher jedoch stellt erfreut (unwissend von den dortigen Sitten) fest: „Oh, mindestens einer von euch hat schöne blaue Augen!“ – Was wird nun passieren?

Die Lösung wird natürlich nicht verraten (sie ist auch viel zu blutrünstig)! Wer nicht gleich darauf kommt, der kann es ja zunächst mit 3 Blau- und 3 Braunäugigen versuchen.

Scratch-KüA

TIMON BARTH

Die Scratch-KüA fand unter der Leitung von Max aus dem Mathekurs und mir statt. Scratch

ist eine Programmiersprache, bei der man keinen Code benötigt, sondern nur Blöcke ineinanderschoben muss. Deshalb ist die Programmiersprache auch gut für Anfänger geeignet. Da wir nur insgesamt fünf Leute waren, war es in der KüA relativ ruhig, und wir konnten die eineinhalb Stunden gut auch für anspruchsvollere Projekte nutzen. So gingen die Teilnehmer zum Beispiel mit einem Programm nach Hause, wo man Matheaufgaben richtig beantworten muss, damit eine Katze ins Ziel läuft. Abgesehen davon war auch noch ganz viel Zeit für eigene Projekte. Alles in allem war es ein schöner Nachmittag.

Wildhüten

PAULINE GRAF

Da wir im Landesschulzentrum für Umwelterziehung untergebracht waren, liegt es nahe, dass wir uns in einer KüA mit unserer Umwelt und wie man sie schützt beschäftigten. Im Wildhüten befassten wir uns besonders mit dem Zählen seltener Tiere. Gleich am Anfang schworen wir einen Eid, nichts von den erarbeiteten Kenntnissen und Regeln weiter zu erzählen und auch kein Halbwissen zu verbreiten. Dann ging es los, und in verschiedenen Übungsrunden, die wir mit unseren Prüfern Jörg und Matthias durchführten, lernten wir das Zählen der Tiere – von leicht zu zählenden Tieren bis hin zu den schweren ... Das Zählen der Tiere erwies sich als äußerst knifflig und brauchte jede Menge Übung. Trotzdem – oder vielleicht gerade deswegen – kam die KüA bei allen Teilnehmern sehr gut an.

Origami

MICHAEL MARKS

Die erste Origami-KüA wurde von Ranran angeboten. Die KüA fand im Forum des Eckenberg-Gymnasiums statt. Dieser Ort war aufgrund seiner Größe sehr gut gewählt, da sehr viele an dieser KüA teilnehmen wollten. Es gab Anleitungen für einen Fuchs, eine Maus, eine Taube und noch das absolute Muss bei Origami: den Kranich. Die KüA machte allen

großen Spaß, da die Origamitiere, die man falten konnte, sehr süß und lustig herzustellen waren.

Nachdem diese KüA so erfolgreich war, entstand die Idee, dass ich auch eine Origami-KüA anbieten könnte. Als meine KüA dann startete, kamen leider weniger Teilnehmer als bei der ersten. Viele teilten mir jedoch mit, dass sie gekommen wären, wenn nicht eine verpflichtende Probe der Theater-KüA gewesen wäre. Ich habe den Teilnehmern gezeigt, wie man einen Basketta-Stern faltet. Andere machten auch mit, oder sie versuchten sich an der von mir vorbereiteten Anleitung für eine Lilie, wieder andere nutzten die Anleitungen, die noch von der ersten KüA übrig waren, um die oben genannten Tiere zu falten. Die KüA hat allen gefallen, und wir wurden noch alle durch den schönen Gesang einer Dreiergruppe unterhalten, die noch üben musste.

Schach

ANDREI IOAN TRIFAN

Bei der Schach-KüA stand sowohl das Spielen an sich als auch das Lernen und das Spaßhaben im Vordergrund. Dieses Angebot, welches auf zwölf Plätze begrenzt war, um einen guten Überblick zu behalten, fand am Abend statt. Somit konnten die Spieler für eine Stunde einfach Spiele untereinander austragen, um so Erfahrung zu sammeln, oder auch wie es manchmal der Fall war sich vereinen, um gegen einen erfahrenen Gegner zu gewinnen. Außerdem wurden Taktikaufgaben gelöst, wobei knifflige Züge, welche zum Vorteil oder gar zum Gewinn führen, gefunden werden sollen.

Sehr beeindruckend war die mentale Verfassung der Teilnehmer. Jeder war hochkonzentriert und motiviert, jedoch immer mit einer guten Stimmung, was das Lernen sehr vereinfachte. Von den Spielern sehr gelobt war die Qualität und Gestaltung der Schachbretter und Figuren vor Ort.

Eine schwierige Herausforderung für die Teilnehmer waren die Blindschachpartien. Beim Blindschach spielt die eine Seite (von einem Schachspieler übernommen) die Partie, ohne

die Schachfiguren zu sehen, muss sich also diese zusätzlich zu den eigenen Plänen merken, eigene Züge werden mündlich mitgeteilt. Die anderen, die das Brett sehen, teilen dem Spieler mit dem Rücken zum Schachbrett ebenfalls ihre Züge mündlich mit. Kennzeichnend für diese Partien war sehr oft eine vollkommene Stille, da diese Herausforderung volle Konzentration erfordert.

Nach dieser Schach-KüA war bei einigen Spielern ein gewisses „Schachfieber“ zu spüren. Es gab täglich ein halbes Dutzend von „Schachfreunden“, welche ihre Freizeit mit Schachpartien und -aufgaben verbrachten. Der Tag endete häufig damit, dass bis zur Bettruhe Schach gespielt wurde und die „Schachenthusiasten“ die laufenden Partien abbrechen mussten.

Abschließend ist noch zu erwähnen, dass sehr gute Ideen und Pläne gezeigt wurden, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass sich der eine oder andere irgendwann mal selbst Herausforderungen wie der des Blindschachspiels annimmt.

Abschlussabend

SASKIA FREITAG

Nachdem alle Teilnehmer zwei Wochen lang an ihren Projekten gearbeitet und diese am Samstagvormittag präsentiert hatten, durfte natürlich ein guter Abschluss nicht fehlen. Und man kann sagen, dass der Akademie mit dem Abschlussabend auch wirklich ein krönendes Ende bereitet wurde. Das Akademieorchester eröffnete das Abendprogramm mit der „Wassermusik“ von Händel. Das Ensemble, welches aus etwas mehr als einem Dutzend Akademiemitgliedern und dem Orchesterleiter Tobias Flick bestand, hatte in fast jeder Mittags-KüA-Schiene gemeinsam geprobt und auch abends oft intensiv geübt.

Nach der Begrüßung führte die Theater-KüA unter der Leitung von Thorsten Feldmann ihr Stück „Dead Body Inn“ auf. Sie hatten wegen mehrerer Ausfälle noch wenige Tage vor der Aufführung das Stück mehrmals umschreiben müssen. Dennoch schafften sie es, ihren Auftritt sehr souverän und sicher auf die Bühne zu bringen.

Anschließend dankten Jörg und Monika allen Kursleitern, Schülermentoren, KüA-Leitern, Teilnehmern und allen, die sonst noch zur diesjährigen Akademie beigetragen hatten. Alle Kurse wurden auf die Bühne geholt und erhielten ein kleines Geschenk. Allerdings wäre es natürlich viel zu langweilig gewesen, die Kurse einfach nur aufzurufen. Beim Check-Up jeden Morgen im Plenum wurde auch nie die Kursnamen direkt genannt, sondern diese in ein kleines Rätsel verpackt. Nun wurde zu jedem Kursthema ein Lied gespielt, und der Kurs, der sich angesprochen fühlte, kam auf die Bühne. Der Astronomiekurs reagierte bei „Fly me to the moon“, der Philosophiekurs bei „I’ve been looking for freedom“ und so weiter.

Dazwischen spielte das Orchester seine anderen beiden Musikstücke: „I see fire“ von Ed Sheeran (aus „Hobbit – Desolation of Smaug“) und das Stück „James Wolfgang Amadeus Bond“, in dem die James-Bond-Melodie mit Mozarts 40. Sinfonie vermischt wurde. Zwischen den Danksagungen wurden wir auch Zeuge eines einzigartigen Akademie-Stierkampfes. Der wilde Akademiestier Lorenz besiegte in einem spektakulären Kampf die mutigen Schülermentoren-Toreros. Schließlich stellte sich der Förderverein der Science Academy vor.

Ganz am Ende des offiziellen Teils verkündete Lorenz, dass es an diesem Abend leider keine Gutenachtgeschichte geben würde. Dafür stand allerdings ein „modernes Märchen“ des „Vereins zur Pflege der Tradition der Grimmschen Märchen“ auf dem Programm. So beendeten Patricia, Ranran, Tobias, Alex, Jörg und eine gütige Fee („WIR WISSEN ES!“) den Abend mit einer ungewöhnlichen Version von „Aschenputtel“. Die Aufführung enthielt auffallend wenig des üblichen Märchens, aber dafür sehr viel Ironie, Drama („Wir sterben vor Eifersucht!“), viele gefühlvolle Momente („Ich bin sooo glücklich!“) und für Aschenputtel natürlich ein Happy End, welches es, wie so viel anderes auch, mit einem übergelächelten Ausruf quittierte („okeee“). Alle Schauspieler verkörperten ihre Rollen voller Leidenschaft, sehr glaubwürdig und lebhaft.

Schließlich wurden die Eltern „nach Hause geschickt“, die Stühle weggeräumt, und die DJs

Ranran und Lorenz sorgten für passende Musik für den inoffiziellen Teil des Abends.

Als schließlich Schluss sein sollte, wollten die meisten Akademieteilnehmer das so nicht akzeptieren und feierten einfach im Treppenhaus und vor dem Gebäude weiter. Thorsten, der in dieser Nacht Nachtwache hatte, konnte ge-

gen diese Übermacht nichts ausrichten, und ihm blieb nicht viel übrig, als immer wieder noch ein „allerletztes Lied“ zu erlauben. Doch schließlich wurde den Partylustigen durch eine Schar beängstigender Wikinger Einhalt geboten, und der Abschlussabend hatte nun wirklich ein Ende.



Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei denjenigen herzlich bedanken, die die 17. JuniorAkademie Adelsheim / Science Academy Baden-Württemberg überhaupt möglich gemacht haben.

Finanziell wurde die Akademie in erster Linie durch die Stiftung Bildung und Jugend, die Schwarz-Stiftung, die Hopp-Foundation, den Förderverein der Science Academy sowie durch den Fonds der Chemischen Industrie unterstützt. Dafür möchten wir allen Unterstützern ganz herzlich danken.

Die Science Academy Baden-Württemberg ist ein Projekt des Regierungspräsidiums Karlsruhe, das im Auftrag des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg für Jugendliche aus dem ganzen Bundesland realisiert wird. Wir danken daher Frau Anja Bauer, Abteilungspräsidentin der Abteilung 7 – Schule und Bildung des Regierungspräsidiums Karlsruhe, der Leiterin des Referats 75 – allgemein bildende Gymnasien, Frau Leitende Regierungsschuldirektorin Dagmar Ruder-Aichelin und Herrn Jan Wohlgemuth vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg. Koordiniert und unterstützt werden die JuniorAkademien von der Bildung & Begabung gGmbH in Bonn, hier gilt unser Dank dem scheidenden Koordinator der Deutschen Schüler- und JuniorAkademien, Herrn Volker Brandt, seiner Nachfolgerin Ulrike Leithof, der Referentin für die Akademien Dorothea Brandt sowie dem gesamten 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 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter möchten wir uns für die Mühen, den freundlichen Empfang und den offenen Umgang mit allen bei dem zum Zeitpunkt des Drucks dieser Dokumentation schon ehemaligen Schulleiter des Eckenberg-Gymnasiums, Herrn Oberstudiendirektor Meinolf Stendebach, und seinem Nachfolger, Herrn Studiendirektor Martin Klaiber, besonders bedanken.

Ein herzliches Dankeschön geht auch an Frau Oberstudiendirektorin Dr. Andrea Merger vom Hölderlin-Gymnasium in Heidelberg, wo wir bei vielfältiger Gelegenheit zu Gast sein durften.

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 Engagement und Vertrauen ganz herzlich bedanken.

Bildnachweis

Seite 11, Abbildung Sonnenfinsternis-Schema:

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sonnenfinsternis-schema.svg>

Wikimedia-User Юкаган

CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)

Alle anderen Abbildungen sind entweder gemeinfrei oder eigene Werke.