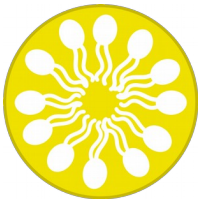
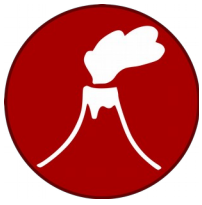
JuniorAkademie Adelsheim

15. Science Academy Baden-Württemberg 2017

Astronomie

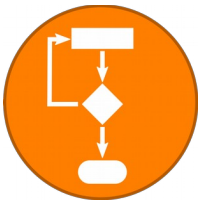


Chemie



Geophysik

Geschichte/ Amerikanistik



Informatik

TheoPrax

HOPP FOUNDATION for computer literacy & informatics

Regierungspräsidium Karlsruhe
Abteilung 7 – Schule und Bildung

Stiftung Bildung und Jugend

Dokumentation der JuniorAkademie Adelsheim 2017

15. Science Academy Baden-Württemberg

Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2017:
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 den Kurs- und Akademieleitern sowie den Teilnehmern der 15. JuniorAkademie Adelsheim 2017 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mit Hilfe von LaTeX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter
Copyright © 2017 Jörg Richter, Dr. Monika Jakob

Vorwort

Seit nunmehr 15 Jahre findet die Junior Akademie Adelsheim im Landesschulzentrum für Umwelterziehung (LSZU) in Adelsheim statt. Der offizielle Startschuss für die diesjährige Akademie fiel schon mit dem Initiationstreffen im Januar, doch das erste Zusammentreffen der Kursleiter, Schülermentoren, Leiter der kursübergreifenden Angebote (KüAs) und 72 Teilnehmerinnen und Teilnehmern fand im Juni statt: Gemeinsam legten sie am Eröffnungswochenende den Grundstein für die erfolgreiche Kursarbeit der zweiwöchigen Sommerakademie. Im Oktober wurden Ergebnisse und Erlebnisse am Dokumentationswochenende festgehalten, das zugleich ein schönes Wiedersehen und ein Abschluss der Junior Akademie Adelsheim war.

In den Kursen, die im Rahmen der JuniorAkademie angeboten werden, bekommen die Jugendlichen die Möglichkeit, wissenschaftlichen Fragestellungen auf den Grund zu gehen, eigenständig zu arbeiten und die aufgeworfenen Fragen zu beantworten. Die Teilnehmer profitieren nicht nur von einem fachlichen Wissenszuwachs und neu erlerntem Methodenwissen, sondern entwickeln sich auch auf persönlicher Ebene weiter. Neue Freundschaften gehören ebenso zu den Dingen, die die Teilnehmerinnen und Teilnehmer von der Akademie mitnehmen, wie auch ein gestärktes Selbstbewusstsein und das Erlangen einer neuen Entwicklungsperspektive. Dies reflektieren die Jugendlichen auch für sich in der abschließenden Evaluation.

Das Erlangen eines neuen Standpunktes spiegelte sich auch in dem diesjährigen Motto der Akademie „Horizonte“ wider: Seit dem Eröffnungswochenende begleitete uns dieses Motto in Form von wunderschönen von vielen Teilnehmern eingesendeten Bildern zu diesem Thema, passenden philosophischen Gedanken und Sprüchen sowie gemeinsamen Aktionen durch die Akademiezeit.

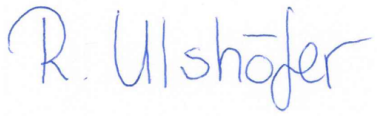
In jedem Kurs fand sich das Thema „Horizonte“ wieder: Der Astronomiekurs blickte nachts regelmäßig an den Himmelshorizont, die Geophysiker klärten darüber auf, dass es Gesteinshorizonte auch unter der Erdoberfläche gibt, und die Chemiker beschäftigten sich mit einem Horizont, der viel kleinere Dimensionen hat, den Nanopartikeln. Im Kurs Geschichte-/Amerikanistik setzten die Kursteilnehmer sich damit auseinander, wie eingeschränkt der geistige Horizont beispielsweise während der Hexenverfolgung war, in nur wenigen Disziplinen verändert sich der Horizont so schnell wie in der Informatik und im TheoPrax-Kurs vermischten sich zwei Horizonte zu einem Gesamtkonzept.

Das Motto sollte Anlass zum Reflektieren und Nachdenken sein, aber auch besonders die schönen Momente der Akademiezeit und das ganz besondere „Akademiegefühl“ begleiten und einrahmen. Wie sich der Horizont aller Teilnehmer während der Akademie verändert hat, wird jeder für sich selbst herausfinden, aber obwohl mit der Dokumentation die Akademie zu Ende gegangen ist, geht es hinterm Horizont ja immer weiter, und wir hoffen, dass für alle an der Akademie Beteiligten die Zeit in Adelsheim noch lange in guter Erinnerung bleiben wird.

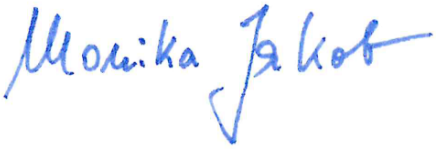
Aber jetzt wünschen wir euch viel Spaß beim Lesen, Schmökern und Erinnern!

Eure/Ihre Akademieleitung

Johanna Kroll (Assistenz)



Rebecca Ulshöfer (Assistenz)



Dr. Monika Jakob

Jörg Richter

Inhaltsverzeichnis

VORWORT **3**

KURS 1 – ASTRONOMIE **7**

KURS 2 – CHEMIE/PHARMAZIE **31**

KURS 3 – GEOPHYSIK **47**

KURS 4 – GESCHICHTE/AMERIKANISTIK **71**

KURS 5 – INFORMATIK **93**

KURS 6 – THEOPRAX **109**

KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE **129**

DANKSAGUNG **147**

BILDNACHWEIS **148**

Kurs 1 – Die Kartenmacher: Die Kunst der Erstellung von Sternkarten

1. Einführung

Olaf, Tatjana, Ranran

In ähnlicher Weise, wie uns Landkarten auf der Erde zur Orientierung und als Medium der Datenerfassung und -visualisierung dienen, helfen uns Sternkarten am Himmel.

Der Astronomiekurs hatte das Ziel, eine Sternkarte des über Deutschland sichtbaren Sternenhimmels (eine polzentrierte Karte, wie sie bei drehbaren Sternkarten zum Einsatz kommt) selbst zu erzeugen.

Zur Bewältigung dieser astronomisch motivierten Aufgabe benötigten wir Kenntnisse und Fähigkeiten aus Kartografie, Mathematik, Kunst und vor allem aus der Informatik. Diese wurden zunächst durch die Kursteilnehmer geliefert.

Danach bestand die zentrale Aufgabe des Kurses darin, mittels der Computersprache Python in der Entwicklungsumgebung Spyder ein Programm zur Ausgabe einer Karte zu erzeugen, welche die hellsten 1000 Sterne zeigt, die ein Beobachter bei einem Breitengrad von 50° N sehen kann. Scheinbare Helligkeit und Farbe der Sterne sollen ersichtlich werden. Die Sternbilder sollen einmal durch Verbindungsstriche erkennbar, aber auch durch die namengebenden mythischen Figuren illustriert werden.

Im Folgenden wird beschrieben, wie sich der Kurs für die Aufgabe fit machte, wie die Aufgabe umgesetzt wurde und was sonst noch passierte.

2. Sternkarten in Kunst und Geschichte

Ole, Hannah D.

2.1. Was ist eine Sternkarte?

So, wie eine irdische Landkarte den gewünschten Teil der Oberfläche der Erde darstellt, zeigt eine Sternkarte den gewünschten Teil des Sternenhimmels, den man sich als scheinbare Himmelskugel vorstellt.

Eine Sternkarte gibt dann die Position und einige beobachtbare Merkmale der Sterne, wie scheinbare Helligkeit, Farbe oder Sterntyp wieder.

Die traditionelle Sternkarte liegt meist in zweidimensionaler, also gezeichneter oder ausgedruckter Form vor. Die moderne Sternkarte existiert digital und wird auf dem Bildschirm angezeigt, z. B. durch Planetariumssoftware.

2.2. Werdegang der Sternkarten

Schon in den frühen Hochkulturen wurden die hellsten Sterne beobachtet, zu Sternbildfiguren gruppiert und aufgezeichnet. Diese ersten Sternkarten hatten jedoch weniger einen naturwissenschaftlichen als einen lebenspraktischen und religiösen Nutzen. Die Sternbilder wurden mit mythischen Figuren identifiziert. Claudius Ptolemäus erweiterte dann um 150 n. Chr. den bereits von Hipparchos aufgestellten Sternkatalog (siehe Abschnitt 4.2). In diesem verzeichnete er die Positionen von über 1000 Sternen.

Im Mittelalter wurde die Gestaltung von Sternkarten stark durch das Christentum geprägt. Aufgrund des strengen Glaubens wurden Stern- und Sternbildbezeichnungen aus der Antike teilweise aberkannt.

In der Renaissance erhielten auch in der Astronomie die Erkenntnisse der Antike wieder Beachtung. 1515 erschien die erste gedruckte Sternkarte von Albrecht Dürer (siehe Abb. 2.1). Seine Daten bezog der Maler aus den Aufzeichnungen bedeutender Astronomen der Antike, wie z. B. Claudius Ptolemäus.

Heutige Sternkarten verzeichnen auch Sterne, die mit dem bloßen Auge nicht erkennbar sind.

Abbildung 2.1: Holzdruck einer Sternkarte der nördlichen Hemisphäre um 1515 von Albrecht Dürer. In den Ecken sind vier berühmte Astronomen zu sehen.

2.3. Sternbilder und Sternnamen

Die Namen der insgesamt 88 Sternbilder und ihrer Sterne sind historisch gewachsen und haben verschiedene kulturelle Wurzeln. Eine weltweite Vereinheitlichung wurde durch die Anfang des 20. Jahrhunderts gegründete internationale astronomische Union vorgenommen. Die meisten Sternbilder behielten ihren Namen seit der Antike. Die heute noch gebräuchlichen Eigennamen der hellen Sterne haben oft einen arabischen Ursprung, wie z. B. der Stern Deneb im Sternbild Schwan. Die erste systematische Sternbezeichnung führte Johann Bayer im Jahre 1603 ein. Danach werden die Sterne eines Sternbildes nach dessen Namen und der scheinbaren Helligkeit wie folgt benannt: Die Helligkeiten der Sterne innerhalb eines Sternbildes werden dem griechischen Alphabet zugeordnet. Dabei entspricht die Bezeichnung „Alpha“ dem hellsten Stern, „Beta“ dem zweithellsten usw. Diese Sternbezeichnungen werden heute noch genutzt.

2.4. Sternkarten in der gestaltenden Kunst

Sternkarten werden seit der Antike erstellt. Dabei schritt ihre Gestaltung durch viele ver-

schiedene Epochen der Kunstgeschichte. Die Ausgestaltung erfolgte durch Federzeichnungen, Wandmalereien, Holzdrucke und viele weitere Techniken. Ein Beispiel für eine Wandmalerei ist in der Kuppel der alten Sakristei in Florenz (1434–1440) von Giovanni Pesello zu sehen.

Typisch für alte Sternkarten war die Perspektive des Betrachters außerhalb der scheinbaren Himmelskugel - also nicht von der Erde aus. So sind diese Sternkarten im Abgleich mit dem Nachthimmel spiegelverkehrt.

2.5. Sternkarte Albrecht Dürers

Der Holzdruck Albrecht Dürers ist als erste gedruckte Sternkarte (siehe Abb. 2.1) wohl eine der bekanntesten.

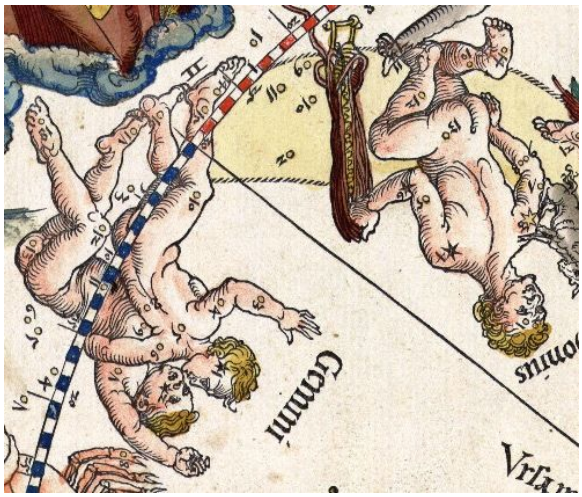


Abbildung 2.2: Ausschnitt aus der in Abb. 2.1 gezeigten Sternkarte. Zu sehen sind die verdrehten Köpfe der Sternbildfiguren.

Dürer wurde am 21. Mai 1471 in Nürnberg geboren. 1515 gestaltete er mit wissenschaftlicher Unterstützung von Johannes Stabius und Conrad Heinfogel seine berühmten Karten der südlichen und nördlichen Hemisphäre (siehe auch Abb. 2.1). In den Ecken der Karte sind die vier berühmten Astronomen Aratus Cilix, Ptolemeus Aegyptus, Marcus Manilius und Addorhaman Al-Suphi abgebildet.

Auffällig an der Karte Albrecht Dürers sind die Figuren mit merkwürdig verdrehten Köpfen. Diese Darstellung zeigt den eigenen Stil des Künstlers, welcher trotz der Perspektive außerhalb der gedachten Himmelskugel versucht, die Sternbilder frontal oder von der Seite zu zeigen (siehe Abb. 2.2). [2.1], [2.2]

2.6. Sternbildmythen

Wie die anderen Kursteilnehmer bei unserer Nachtwanderung erfuhren, stecken hinter den Sternbildern viele Mythen. Verschiedene Kulturen hatten unterschiedliche Vorstellungen von den Sternbildern. Bekannt sind heute vor allem griechische Mythen wie die der Sternbilder Perseus, Andromeda, dem Walfisch Cetus und Cassiopeia. Die äthiopische Königin Cassiopeia behauptete, schöner als die Nereiden zu sein. Dies zog den Zorn des Poseidon auf sich, welcher das Ungeheuer Cetus schickte. Um das Unheil abzuwenden, wollte ihm Cassiopeia ihre Tochter Andromeda opfern. Diese wurde an einen Felsen gekettet und stand kurz vor ihrem Tod, als Perseus mit dem Kopf der Medusa kam, das Ungeheuer versteinerte und Andromeda rettete.

Bis heute ist diese Geschichte am Nachthimmel verewigt [2.1]. In unserer eigenen Sternkarte haben wir versucht, diese Mythen in Form von selbstgestalteten Bildern einfließen zu lassen.

3. Sternkarten heute

Simon, Paula

3.1 Die scheinbare Helligkeit

Schon früh entwickelte sich der Wunsch, die unterschiedlich hell erscheinenden Sterne zu klassifizieren. Im alten Babylonien entwickelte man deshalb eine sechsteilige Helligkeitsskala, die die Sterne wie folgt einteilte: Gerade noch sichtbaren Sternen wurde die Größenklasse Sechs zugewiesen. Den hellsten Sternen, wie beispielsweise Wega im Sternbild Leier, wurde die Größenklasse Eins vergeben (siehe auch Abb. 3.1 – nach Korrektur hat Wega heute die Größenklasse 0).

Auch Ptolemäus und Hipparchos teilten in ihren Sternkatalogen die mit bloßem Auge sichtbaren Sterne in sechs Größenklassen ein und gaben diese in „Magnituden“ (*mag*) an. Der Begriff „Magnitude“ leitet sich vom lateinischen

Wort *Magnitudo* ab, was so viel wie Größe bedeutet. Später wurde die Skala nach beiden Seiten hin erweitert. Die logarithmische Einteilung der Sternhelligkeiten blieb weiterhin erhalten. Da für das menschliche Auge nur Sterne bis zu sechs mag (kurz: m) erkennbar sind, kamen für unsere Sternkarte nur Sterne infrage, die heller sind. Diese scheinbare Helligkeit visualisierten wir auf unserer Sternkarte mit der Größe der Scheibchen. Eine große Scheibe bedeutet einen Stern mit einer hohen scheinbaren Helligkeit bzw. einem kleinen Magnitudenwert.

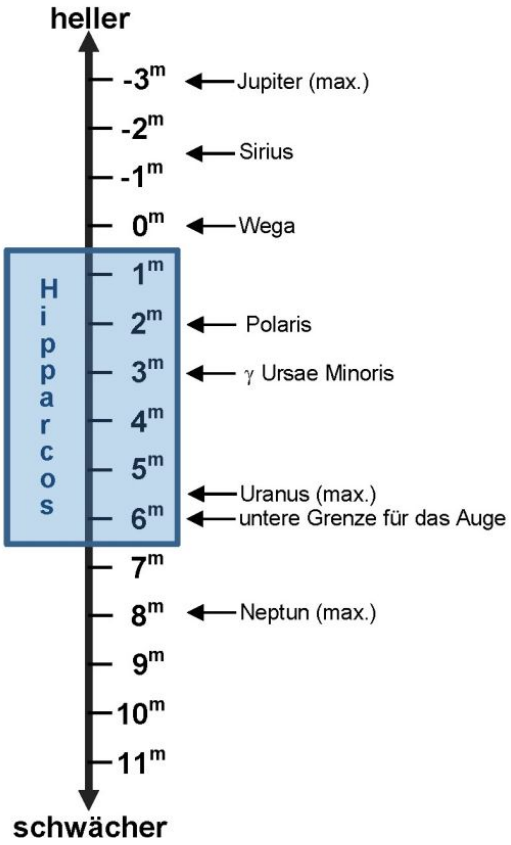


Abbildung 3.1: Magnitudenskala der scheinbaren Helligkeit.

3.2 Der B-V-Farbindex

Zusätzlich zur scheinbaren Helligkeit wollten wir auf unserer Sternkarte den Farbindex der Sterne visualisieren. Mithilfe des Farbindex B-V lässt sich die Farbe eines Sterns bestimmen. Genauer gesagt gibt dieser den Helligkeitsunterschied eines Sterns zwischen verschiedenen Wellenlängenbereichen an.

Im Hipparcos-Katalog (siehe Abschnitt 4.2) ist der B-V Farbindex angegeben, also die Differenz zwischen der Helligkeit im blauen Spektralbereich des Lichts (B = Blau) und der Helligkeit im gelben Spektralbereich (V = Visuell). So hat beispielsweise der Stern Spica im Sternbild Jungfrau, der einen Farbindex von $-0,23$ mag besitzt, also im blauen Spektralbereich mehr Licht emittiert, die Farbe Blau. Wohingegen der Stern 119 Tauri im Sternbild Stier einen Farbindex von 2,06 mag hat. Er emittiert also viel mehr Licht im roten Spektralbereich, erscheint daher auch tiefrot.

3.3 Projektionsarten

Weitere wichtige Sterndaten, die in den modernen Sternkarten verwendet werden, sind die Positionen der einzelnen Sterne am Nachthimmel. Um verschiedene Objekte, zum Beispiel den Stern Atair, zu finden, genügt es, zwei Winkel in Erfahrung zu bringen und diese auf den Sternenhimmel zu übertragen. Dabei wird mit einem ähnlichen Koordinatensystem wie dem auf der Erde gearbeitet, nur dass an der Himmelskugel die Breitengrade Deklinationen genannt und in Grad gemessen werden und man die Längengrade als Rektaszensionen bezeichnet und in Stunden misst. Dieses Koordinatensystem umspannt die scheinbare Himmelskugel wie ein Netz.

Koordinaten an einer Kugeloberfläche lassen sich nicht so einfach auf einer zweidimensionalen Karte darstellen wie die Helligkeit oder Farbe eines Sterns. Um die Positionen der Himmelsobjekte auf die Sternkarte zu übertragen, wird mit verschiedenen Projektionen gearbeitet. Zum einen benötigt man in die Ebene abrollbare Projektionsflachen. Das heißt, die Fläche, auf der die Projektion später abgebildet werden soll, wird bildlich gesehen um die Kugel gewickelt und später abgerollt. Je nach Art der Abbildungsfläche kann man zwischen drei Kartenprojektionen unterscheiden (siehe Abb. 3.2): Ebenenprojektion, Zylinderprojektion und Kegelprojektion.

Um die Sterne von der Himmelskugel auf eine Ebene möglichst realitätsgetreu abzubilden, müsste die Projektion folgende zwei Kriterien erfüllen: Winkeltreue und Flächentreue. Ist

eine Karte winkeltreu, so entsprechen alle Winkel auch den Winkeln in der Wirklichkeit. Auf einer Landkarte behalten dann alle Kontinente die gleiche Form. Das ist sehr hilfreich zur Orientierung und Navigation.

In flächentreuen Karten bleibt der Flächeninhalt im Verhältnis zur Realität erhalten. Das kann man z. B. bei Landvermessungen gut gebrauchen. Aber nur eine Kugeloberfläche erfüllt beide Kriterien gleichzeitig, denn bei jeder Abbildung der gekrümmten Himmelskugel auf eine ebene Karte muss ein Kriterium vernachlässigt werden, je nachdem, welchen Zweck die Karte erfüllen soll.

Besonders an den Kartenrändern kommt es, je nachdem welche Verzerrung man in Kauf nimmt, zu Abweichungen des naturgetreuen Abbilds. Beispielsweise wirkt Grönland bei der Winkeltreue viel größer, als es eigentlich ist.

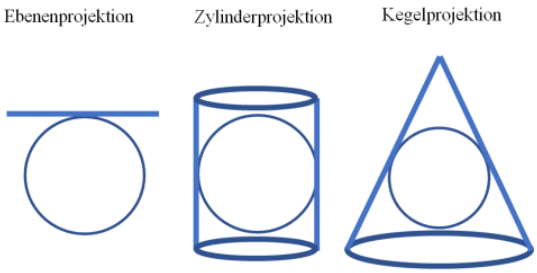


Abbildung 3.2: Darstellung der drei am häufigsten verbreiteten Projektionsarten.

Da eine Sternkarte zur Orientierung dient, haben wir für unsere Sternkarte eine winkeltreue Projektion gewählt, die man hauptsächlich für das Herstellen von Sternkarten verwendet: die stereographische Zentralprojektion. Bildlich gesehen liegt bei dieser Ebenenprojektion das Zentrum der Projektionsstrahlen im Süd- oder Nordpol der Himmelskugel. So besteht die Möglichkeit, die komplette Kugel auf eine gegenüber anliegende Ebene zu projizieren. Jetzt kann mithilfe der Projektionslinien die Abbildung der Kugel auf die Fläche übertragen werden.

Durch die Verzerrung wird der Abstand zwischen den einzelnen Deklinationskreisen nach außen hin immer größer, daher haben wir am Rand unserer Sternkarte die Skalierung gestaucht (äquidistante Ebenenprojektion). Dadurch verliert die Karte am Rand ihre Winkeltreue.

4. Sternkataloge als Quellen für Sternkarten

Mattea, Hannah B.

Als nächstes beschäftigten wir uns mit der Datenbeschaffung für unsere Sternkarte. Da wir dafür den Hipparcos-Katalog benutzen wollten, hörten wir Vorträge zur Satellitenmission Hipparcos und zum dazugehörigen Sternkatalog.

4.1 Die Satellitenmission Hipparcos

Schon in den 70er Jahren begann die Europäische Raumfahrtorganisation ESA ein bis dahin einzigartiges Projekt zu planen – die exakte astrometrische Vermessung der Sterne vom Weltraum aus. Sie entwickelte den Astrometrie-Satelliten Hipparcos, dessen Aufgabe es sein sollte, hochgenaue Entfernungsdaten von über 100.000 Sternen zu sammeln.

Dieser Satellit wurde kurz Hipparcos genannt, was sich ableitet aus den Anfangssilben seiner technischen Bezeichnung „High Precision Parallax Collecting Satellite“ und gleichzeitig an den bedeutenden griechischen Astronomen Hipparchos von Nikäa (ca. 200 v. Chr.) erinnert.

Mithilfe eines hochgenauen Verfahrens zur Winkelmessung konnte der Satellit die scheinbare Verschiebung der Sterne vor einem sehr fernen Hintergrund (Bezugssystem) feststellen – die Parallaxenwinkel (siehe Abb. 4.1). Dabei konnten Winkel von unter 0,0001” (Bogensekunden) ermittelt werden, was dem 1/36.000.000 eines Grades entspricht.

Gleichzeitig wurden bei der Mission auch die Helligkeiten und die Farben der Sterne erfasst.

Der Satellit wurde am 8. August 1989 mit einer Ariane 44 LP Trägerrakete in einen geostationären Transferorbit gebracht. Mithilfe eines Boost-Motors (Hilfstriebwerk) sollte er in eine geostationäre Umlaufbahn wechseln. Doch dieses Manöver versagte und die Mission drohte zu scheitern. Nur durch eine Korrektur der Umlaufbahn, eine Umprogrammierung der Sensoren und die Einrichtung zusätzlicher Bodenstationen gelang es der ESA, die Mission zu einer der erfolgreichsten der modernen Astrometrie

zu machen. Der Satellit lieferte trotz ungünstiger Umlaufbahn weitaus mehr und präzisere Ergebnisse als im Vorfeld erhofft. Von 1989 bis 1993 wurden mehr als 2,5 Millionen Sterne vermessen bis am 15. 8. 1993 die Kommunikation endgültig ausfiel.

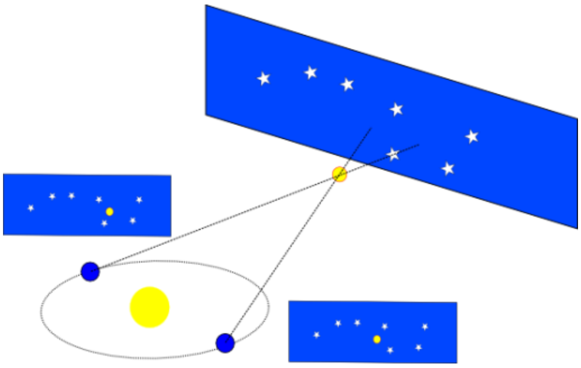


Abbildung 4.1: Prinzip der Sternparallaxe: Durch die jährliche Bewegung der Erde um die Sonne verschiebt sich ein naher Stern vor dem entfernten Hintergrund im Halbjahresrhythmus (hier stark übertrieben)[1]

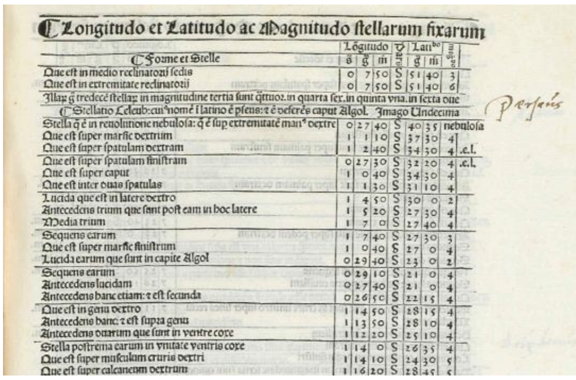
Ein Team aus über 200 Wissenschaftlern werte te in den folgenden vier Jahren die Daten aus und erstellte drei Sternkataloge: den Hipparcos-Hauptkatalog und zwei Tycho-Kataloge.

4.2. Sternkataloge und der Hipparcos-Katalog

Sternkataloge im Allgemeinen dienen dazu, eine große Anzahl an Sternen nach verschiedenen Eigenschaften aufzulisten und als Buch oder Datenbank darzubieten.

Der erste Sternkatalog überhaupt war der von Timocharis von Alexandria ca. 300 vor Christus. Dieser Katalog wurde auch 100 Jahre später von Hipparchos von Nikäa für seinen eigenen Sternkatalog benutzt. 200 Jahre nach Christus entstand der Sternkatalog von Ptolemäus. Er enthielt 1022 über Alexandria mit dem bloßen Auge sichtbare Sterne und war über 1000 Jahre der Standardkatalog in der westlichen und arabischen Welt. Spätere Versionen kennt man heute unter dem Namen „Almagest“ (siehe Abb. 4.2).

[1] Bild: Wikimedia, Wikimedia-User WikiStefan, CC-BY-SA



Longitudo et Latitudo ac Magnitudo stellarum fixarum

Forme et Stelle	Lōgitudo s	g	m	Pars	Latit g	m	mag	
Que est in medio reclinatorij sedis	0	7	50	S	51	40	3	
Que est in extremitate reclinatorij	0	7	50	S	51	40	6	
Illarū q̄ tredecē stellarū in magnitudine tertia sunt q̄ttuor. in quarta sex. in quinta vna. in sexta due								
Stellatio Celeub: cui' nomē i latino ē pseus: ꝛ ē deferēs caput Algol. Imago Undecima								Perseus
Stella q̄ ē in reuolutione nebulosa: q̄ ē sup extremitatē man' dextre	0	27	40	S	40	35	nebulosa	
Que est super marsic dextrum	1	1	10	S	37	30	4	
Que est super spatulam dextram	1	2	40	S	34	30	4	.e.l.
Que est super spatulam sinistram	0	27	30	S	32	20	4	.e.l.
Que est super caput	1	0	40	S	34	30	4	
Que est inter duas spatulas	1	1	30	S	31	10	4	
Lucida que est in latere dextro	1	4	50	S	30	0	2	
Antecedens trium que sunt post eam in hoc latere	1	5	20	S	27	30	4	
Media trium	1	7	0	S	27	40	4	
Sequens earum	1	7	40	S	27	30	3	
Que est super marsic sinistrum	1	0	40	S	27	0	4	
Lucida earum que sunt in capite Algol	0	29	40	S	23	0	2	
Sequens earum	0	29	10	S	21	0	4	
Antecedens lucidam	0	27	40	S	21	0	4	
Antecedens hanc etiam: ꝛ est secunda	0	26	50	S	22	15	4	
Que est in genu dextro	1	14	50	S	28	15	4	
Antecedens hanc: ꝛ est supra genu	1	13	50	S	28	10	4	
Antecedens duarum que sunt in ventre coxe	1	12	20	S	25	10	4	
Stella postrema earum in vnitate ventris coxe	1	14	0	S	26	35	4	
Que est super musculum cruris dextri	1	14	10	S	24	30	5	
Que est super calcaneum dextrum	1	16	20	S	28	45	5	

Abbildung 4.2: Ausschnitt aus dem Ptolemäus-Katalog: oben noch 2 Sterne aus dem Sternbild Kassiopeia, dann folgen Sterne aus dem Sternbild Perseus.

Allgemein kann man sagen, dass die früheren Sternkataloge immer nur wenige, an einem Ort und ohne technische Hilfsmittel sichtbare Sterne enthielten, wobei die Positionen von der Erde aus bestimmt wurden. Da es auch heute unmöglich ist, alle, teils nicht mal mehr sichtbaren Sterne zu katalogisieren, muss man eine Auswahl treffen. Dazu arbeiten die meisten Sternkataloge mit einer Grenze der scheinbaren Helligkeit, es werden also nur Sterne vermerkt, die heller als diese Grenze sind.

Heutzutage werden Daten aus Sternkatalogen benutzt, um u.a. die Position eines neuen Objekts oder eines Ereignisses vor dem Hintergrund zu beschreiben. So kann man z. B. die Bewegungen der Spiralarme unserer Galaxie beobachten, wenn sich nähere Sterne im Vergleich zu ihrem Hintergrund bewegen.

Häufig sind Sternkataloge, wie der Hipparcos-Katalog, im Internet über Datenbanken abrufbar. Parameter können zum Beispiel die Sternörter sein. Diese werden in den Himmelskoordinaten Rektaszension (in Stunden, Minuten und Sekunden) und Deklination (in Grad, Bogenminuten und Bogensekunden) angegeben (siehe Abb. 4.3, Spalten 2 und 3). Weitere wichtige Parameter sind die scheinbare Helligkeit des Sterns, die in Magnituden angegeben wird (Spalte 4), und der Farbindex des Sterns, welcher Auskunft gibt über die Farbe des Sternlichts, die von der Temperatur des Sterns abhängt (Spalte 5).

Der Hipparcos-Katalog enthält die Daten der gleichnamigen ESA-Mission und wurde 1997

HIP	RAhms	DEdms	Vmag mag	B-V mag
32349	06 45 09.25	-16 42 47.3	-1.44	0.009
30438	06 23 57.09	-52 41 44.6	-0.62	0.164
69673	14 15 40.35	+19 11 14.2	-0.05	1.239
71683	14 39 40.90	-60 50 06.5	-0.01	0.710
91262	18 36 56.19	+38 46 58.8	0.03	-0.001
24608	05 16 41.30	+45 59 56.5	0.08	0.795
24436	05 14 32.27	-08 12 05.9	0.18	-0.030
37279	07 39 18.54	+05 13 39.0	0.40	0.432
7588	01 37 42.75	-57 14 12.0	0.45	-0.158
27989	05 55 10.29	+07 24 25.3	0.45	1.500

Abbildung 4.3: Ausschnitt aus dem Hipparcos-Katalog, geordnet nach scheinbarer Helligkeit (Spalte 4).[2]

veröffentlicht. Aus dieser Mission entsprangen die folgenden drei Kataloge:

- Hipparcos-Hauptkatalog: 118.218 Sterne. Sternörter, Parallaxen und Eigenbewegungen mit sehr hoher Präzision (Messfehler von etwa 0,001”, also einer Millibogensekunde).
- Tycho-Katalog: mehr als 1 Million Sterne (statt der geplanten 400.000) Astronomische Vermessung und Bestimmung von Helligkeit und Farbe.
- Tycho-2-Katalog: 2,5 Millionen Sterne. Astronomischer und photometrischer Referenzkatalog, enthält Positionen, Bewegungen, Helligkeit und Farben.

5. Sternkarten im Computer

Adrian, Lilly

Nachdem wir durch verschiedenste Beiträge gelernt hatten, was man alles beachten muss, wenn man Sterne beobachtet, und wie man Daten über Sterne findet, konnte es endlich mit dem Programmieren losgehen. Um unsere Sternkarte zu programmieren, benutzten wir die Programmiersprache „Python“, welche Guido van Rossum Anfang der 1990er entwickelt hatte. Wir verwendeten diese Sprache, weil unsere Vorlage, die Sternkarte von Thomas Müller (siehe Abschnitt 8), in dieser Sprache verfasst war. Das traf sich ganz gut, da manche aus unserem Kurs noch nie programmiert hatten und sich Python gut für Einsteiger eignet. Außerdem mussten wir dank der großen Standardbibliothek, also den möglichen Zugriff auf eine Vielzahl von vordefinierten Befehlen und Funktionen, kein langes Programm schreiben und konnten einfach verschiedenste Module in unser Endprogramm importieren. Ein versteckter Nachteil ist die vereinfachte Syntax und die wenigen Schlüsselwörter, die Python verwendet. Die Syntax ist vergleichbar mit unserer Rechtschreibung. Schlüsselwörter dagegen sind vordefinierte Befehle und Funktionen, die man als Programmierer sehr einfach aufrufen kann. Was oft passieren kann, sind kleine Fehler, wenn man die falschen Klammern benutzt oder die Anführungszeichen vergisst. Dieses Problem kann man aber ganz leicht beheben, indem eine große Gruppe, das ganze Programm noch überprüft, denn 24 Augen sehen mehr als nur zwei.

5.1 Grundlagen der Programmierung

Als ersten Befehl erlernten wir ***print()*** (die Ausgabe-Funktion). Danach beschäftigten wir uns noch mit ***type()***, was den Typ der Variablen ausgibt. Hierbei muss man wissen, dass es bei Python mehrere Datentypen gibt, beispielsweise den Typ ***String***, welcher ein beliebiges Zeichen oder eine Zeichenfolge sein kann. Er wird durch Anführungszeichen gekennzeichnet. Strings lassen sich durch „Addition“ verketten: Wenn man z. B. „x“ + „y“ „rechnet“, kommt „xy“ raus. Ein anderer Typ ist ***Boolean***, welcher entweder den Wert ***True*** oder ***False*** haben kann. Weitere Typen sind Zahlentypen wie ***integer***, was ganze Zahlen sind, und ***float***, was Dezimalzahlen sind.

5.2 Öffnen von Dateien

Nach dem Kennenlernen von Python und dessen Grundbefehlen war die nächste Aufgabe das Öffnen und Schließen von Dateien, sowie das Einlesen von Daten. Diese Fähigkeit

[2] Bild: Suchergebnisse mit VizieR, http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-3?-source=I/239/hip_main

brauchten wir, um die in einer Datei gespeicherten Daten vom Hipparcos-Katalog einzulesen und weiterzuverarbeiten.

Um dieses Wissen zu erlangen, erlernten wir die Grundkenntnisse mithilfe von einfachen Textdokumenten. Zum Öffnen und Schließen von Dateien gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten:

1. Man öffnet und schließt die Dateien manuell mithilfe von ***open()*** und ***close()***. Dabei wird die geöffnete Datei in einer Variable gespeichert (hier: x). Am Ende wird mit ***x.closed*** überprüft, ob die Datei geschlossen wurde (Abb. 5.1).

```
x = open("Beispiel 1.txt", "r")
x.close()
print x.closed
```

Abbildung 5.1: Öffnen und Schließen einer Textdatei mithilfe der Funktionen ***open*** und ***close***.

2. Man öffnet die Datei wieder mit ***open()*** und speichert sie in einer Variable. Dieses Mal öffnet man aber die Datei mithilfe eines ***with***-Satzes. Dadurch wird die Datei automatisch geschlossen, sobald man den ***with***-Satz verlässt (Abb. 5.2).

```
with open("Beispiel 1.txt", "r") as x:
    print x.closed
print x.closed
```

Abbildung 5.2: Öffnen und Schließen einer Textdatei mithilfe eines ***with***-Satzes.

5.3. Lesen von Dateien

Die Funktion ***open()*** besitzt zwei sogenannte Parameter, also spezifische Informationen zur Ausführung der Funktion. Bei ***open()*** braucht man einerseits den Dateinamen, sowie den Modus, in dem die Datei geöffnet werden soll. Dabei kann man zwischen read, write und append wählen.

Bei dem Modus ***r*** für read kann man nur die Datei lesen und nichts hinzufügen oder ändern. Zum Lesen von Dateien gibt es verschiedene Möglichkeiten. Der einfachste Befehl ist ***read()***. Dabei wird der gesamte Inhalt der Datei ausgegeben. Jedoch kann man ***read()*** auch einen Parameter übergeben, z. B. ***read(10)***. Dabei werden die ersten zehn Zeichen der Datei, die Buchstaben, Ziffern oder auch Leerzeichen sein können, ausgegeben.

5.4 Schreiben von Dateien

Wenn man die Datei aber im Modus ***w*** für write öffnet, kann man den Inhalt verändern. Bei ***write()*** gibt man zusätzlich als Parameter an, was man schreiben will.

Ein weiterer Modus ist ***a*** für append. Auch hier kann man mit dem Befehl ***write()*** in die Datei schreiben. Dabei wird das Geschriebene immer hinten angehängt, wodurch man nicht entscheiden kann, wo man in die Datei schreibt wie beim Modus write.

5.5. Modul *astropy*

Nachdem wir uns mit den Grundkenntnissen vertraut gemacht haben, griffen wir auf die Dateien des Hipparcos-Kataloges zu, welche in einer Datei mit dem Dateiformat VOTable oder FITS gespeichert wurden. Um auf diese Dateiformate zugreifen zu können, brauchten wir in Python sogenannte Module, das sind Sammlungen von Definitionen und Anweisungen, welche die in Python bereits integrierten Befehle und Funktionen erweitern. Für VOTable und FITS brauchen wir konkret das Modul ***astropy.io***. Um auf Module zugreifen zu können, muss man diese erst innerhalb des Programms importieren (siehe Abb. 5.3). Dabei gibt es drei Möglichkeiten:

1. Generic Imports: Dabei wird lediglich das Modul importiert und über das Modul kann man auf dessen Funktionen zugreifen.
2. Function Imports: Nur die benötigten Funktionen werden importiert.
3. General Imports: Sämtliche Funktionen des Moduls werden importiert.

```
import math
print math.sqrt(25)
from math import sqrt, sin, cos
print sqrt(25)
from math import *
```

Abbildung 5.3: Verschiedene Möglichkeiten zum Importieren des benötigten Moduls mithilfe des Befehls ***import***.

Wenn die Daten des Hipparcos-Kataloges im Dateiformat FITS gespeichert wurden, muss man zuerst die Funktion ***fits*** vom Modul ***astropy.io*** importieren. Mithilfe dieser Funktion kann man dann die Datei öffnen und speziell auf die Tabelle mit den Daten des Kataloges zugreifen. Man kann entweder die gesamte Tabelle ausgeben, nur eine bestimmte Spalte, eine bestimmte Zeile oder einen bestimmten Wert mithilfe der Zeilenangabe und des Spaltennamens. Diese Fähigkeit, auf Daten einer bestimmten Spalte zugreifen zu können, brauchten wir in unserem nächstem Schritt: Der Verarbeitung der Daten.

6. Programmablaufsteuerung und Einstieg in die Grafikprogrammierung

Timo, Corvin

Anschließend war es wichtig zu erfahren, wie man die Daten weiterverarbeiten kann. Dazu ist vor allem die gezielte Programmablaufsteuerung essenziell. In einem weiteren Vortrag wurden uns deshalb nach einer kurzen Erklärung dazu, wie man in Python rechnet, drei verschiedene Werkzeuge näher erläutert, die helfen, den Ablauf eines Programms durch Gliederung in bestimmte Abschnitte, sogenannte Codeblöcke, zu steuern.

6.1 Schleifen

Zuerst wurde gezeigt, wie man durch Nutzung einer Schleife einen Programmteil schreibt, der immer wieder wiederholt wird. Damit wird der Code durch Vermeidung unnötiger Wiederholungen verkürzt und vereinfacht.

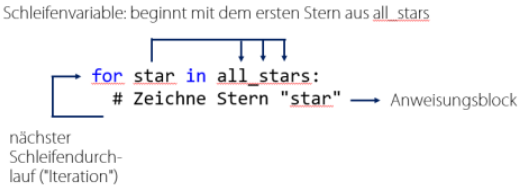


Abbildung 6.1: Eine Schleife hilft, nicht jeden Stern einzeln zeichnen zu müssen.

In unserer Sternkarte half uns die Schleife zum Beispiel dabei, nicht jeden Stern einzeln zeichnen zu müssen, sondern einmal zu definieren, was sich für jeden Stern ändern soll. Das wurde dann vom Programm für jeden Stern wiederholt. (s. Abb. 6.1)

6.2 Entscheidungen

Nachdem alle die erste kleine Übungsaufgabe zu den Schleifen gelöst hatten, erfuhren wir, wie ein Programm Entscheidungen treffen kann. Dazu führt man einen Programmteil nur dann aus, wenn eine bestimmte Bedingung erfüllt ist (s. Abb. 6.2).

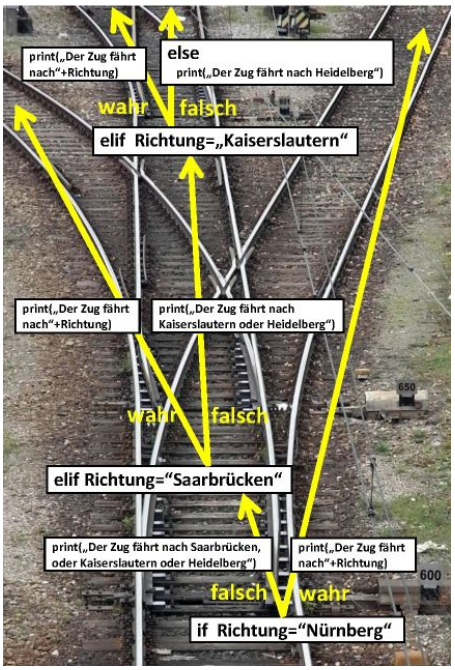


Abbildung 6.2: So wie eine Weiche einen Zug auf ein bestimmtes Gleis lenkt, wenn eine Bedingung zutrifft, so dirigieren die Schlüsselwörter ***if***, ***elif*** und ***else*** die Programmverlauf.[3]

Dazu verwendet man die Schlüsselwörter ***if***, ***elif*** und ***else***. Nach ***if*** oder ***elif*** gibt man die Bedingung und den dann ausgeführten Codeblock an, nach ***else***, was passieren soll falls die obigen Bedingungen nicht zutreffen. Ein Beispiel ist in Abb. 6.3 zu sehen.

```
if antwort >= 10:
    print "Mindestens 10!"
```

[3]Bild basierend auf: Wikimedia, Wikimedia-User Asiano, CC-BY-SA

```
elif antwort >= 5:
    print "Mindestens 5!"
else:
    print "Kleiner als 5 ..."
```

Abbildung 6.3: Die erste Bedingung trifft zu, wenn die Zahl mindestens zehn ist, die zweite, wenn sie mindestens fünf ist, und falls beide falsch sind, die letzte.

6.3 Funktionen

Zum Schluss des Vortrags wurden wir in ein weiteres Hilfsmittel zur Strukturierung von Programmen eingeführt: Funktionen. Diese ermöglichen es Programmierern, bestimmte Codeabschnitte, die für eine übergeordnete Aufgabe zuständig sind, zusammenzufassen. Ist eine Funktion einmal definiert, kann sie im Programm mehrmals aufgerufen werden. Dabei können der Funktion immer unterschiedliche Werte als Argumente mitgegeben werden, die die Funktion dann entsprechend der Definition verarbeitet und zurückgibt. Für unser Projekt der Sternkartenerstellung war dieses Prinzip essenziell, da wir für fast alle Teilaufgaben Funktionen geschrieben haben.

Die neu gelernten Werkzeuge wurden dann für ein Übungsprogramm benutzt, das verschiedene Sterndaten aus dem Hipparcos-Katalog liest, verarbeitet und ausgibt.

6.4 Grafik mit *Matplotlib*

Anschließend haben wir in der nächsten Präsentation eine Einführung in das Grafikmodul ***Matplotlib*** bekommen, das für unseren Kurs Grundlage für die Grafikausgabe war. Ein Modul stellt Definitionen und Anweisungen zur Verfügung, ähnlich wie bei Heimwerkern der Werkzeugkoffer, die in diesem Fall für die Grafikprogrammierung dienen. Angefangen hat das Ganze mit einer Übersicht der mit ***Matplotlib*** möglichen Daten-Darstellungsarten. So bekamen die Teilnehmer verschiedene Diagrammtypen gezeigt.

Ein Diagrammtyp war das Streudiagramm, das später auch direkt seinen Zweck in der Sternkarte gefunden hatte. Damit ist es möglich, an definierten Positionen Scheibchen mit bestimmten Farben und einer bestimmten Größe zu drucken. Dies wurde in der Sternkarte für die Darstellung der unterschiedlich hellen und farbigen Sterne benutzt (siehe Abb. 6.4).

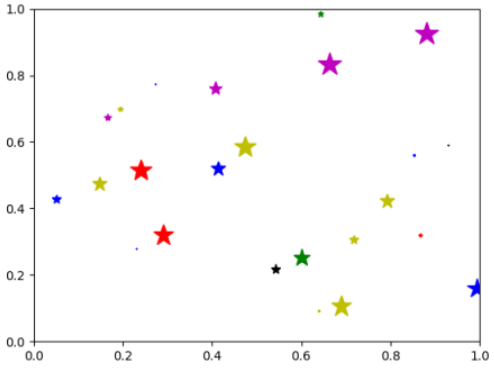


Abbildung 6.4: gefärbte Sterne an zufälligen Positionen mit zufälliger Größe.

Eines der einfachsten Diagramme ist der ganz normale Graph. Man kann benutzerdefinierte Linien erzeugen, die ihren Zweck in der Darstellung der Sternkonstellation fanden. So war es uns möglich, mithilfe der Sternkoordinaten und einer zusätzlichen Datei die sternbildorientierten Verbindungslinien zu zeichnen. Diese Datei stammt aus Stellarium, einer Software, die eine virtuelle Himmelsbeobachtung ermöglicht.

Weitere Diagramme waren das Balkendiagramm, das benutzt wird, um große Mengen an Daten zu visualisieren. Das Stapeldiagramm wird verwendet, um Zusammenhänge zwischen zwei Größen darzustellen, beispielsweise die Stundenzahl eines Tages und die verschiedenen Tätigkeiten (Schlafen, Essen etc.). Das letzte Diagramm war das Kuchendiagramm.

Für unsere Sternkarte nicht unbedingt notwendig aber trotzdem nützlich sind sogenannte Subplots (Plot = Zeichenfeld, der Bereich auf dem ein Graph dargestellt wird). Diese können verwendet werden, um mehrere Diagramme in einer Grafik darzustellen. Das heißt, es ist nicht notwendig, die verschiedenen Plots extern miteinander zu einer großen Grafik zusammenzufügen.

Ein weiteres Tool ist das Raster, das ***Matplotlib*** zur Verfügung stellt. Sofern man es aktiviert, dient es dem besseren Zurechtfinden in der Grafik. Mit ihm kann man die Werte für bestimmte Punkte besser ablesen.

Am Ende wurden auch noch 3D-Grafiken vorgestellt, die für unsere Sternkarte aber keine direkte Verwendung fanden (siehe Abb. 6.5).

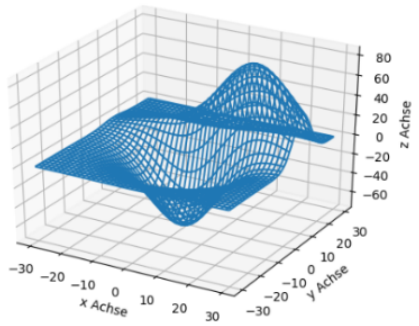


Abbildung 6.5: 3D-Graph mit Testwerten.

7. Grafikprogrammierung für die Sternkarte

Annika, Filip

Um unser Kursziel zu erreichen, mussten wir uns zunächst darüber informieren, wie sich die visuelle Darstellung der Sternkarte in Python gestaltet. Hierzu war eine Menge Vorarbeit nötig, um herauszufinden, welche Funktionen für das Zeichnen einer Sternkarte geeignet sind und welche nicht.

7-1 Sterne in einer Karte – wie und wo

Zum Zeichnen der Sterne in einer Sternkarte in Python bietet sich die Funktion ***scatter*** an. Wird sie aufgerufen, gibt die Funktion beliebig viele Scheibchen, die die Sterne darstellen, aus. Die für eine Sternkarte relevanten Parameter sollen im Folgenden kurz benannt und erklärt werden.

Die wichtigsten Parameter sind die x- und die y-Koordinate und somit die Position der Sternscheibchen auf der Karte. Die Daten, die man für die Karte verwendet, müssen erst umgerechnet werden (siehe Kapitel 9) und werden dann in Listen gespeichert (D in Abb. 7.1). ***scatter*** verwendet dann x- und y-Werte aus den Listen für die Sternscheibchen.

```
import matplotlib.pyplot as plt
''' ... '''
''' A '''
def convertPosition(ra, dec):
        ''' ... '''
        return x, y
''' B '''
def getPointSize(m)
       ''' ... '''
       return mag_size[imag]
''' ... '''
''' C '''
ra = hip_field['RArad'][idx_list]
dec = hip_field['DErad'][idx_list]
mag = hip_field['Hpmag'][idx_list]
''' D '''
x, y = convertPosition(ra, dec)
m = [getPointSize(mag[n]) for n in
    range(len(x))]
''' E '''
plt.scatter(x, y, s=m)
```

Abbildung 7.1: Beispielhafte Verwendung der Scatter-Funktion in Python.

7.2 Darstellung der Sterneigenschaften Helligkeit und Farbe

Am Nachthimmel erscheinen die Sterne unterschiedlich hell (siehe Abschnitt 3.1). Um eine naturgetreue Darstellung zu erhalten, stellt man das grafisch dar, indem man zum Beispiel unterschiedlich große Scheibchen verwendet. Auch hierfür kann man eine Funktion (B in Abb. 7.1) schreiben, in der man die scheinbare Helligkeit der Sterne einer sinnvollen Scheibchengröße zuordnet.

Eine weitere Eigenschaft des Sternlichts ist seine Farbe (siehe Abschnitt 3.2). Die Sternscheibchen in der Karte sollen entsprechend eingefärbt werden. Da es keinen vorgefertigten Farbverlauf mit den Sternfarben gibt, muss man einen eigenen erstellen, den man ***Colormap*** nennt. Die ***Colormap*** bildet einen normierten Wertebereich von 0 bis 1 auf Farben ab. Die Farbe bestimmt sich durch die Kombination von Intensitätswerten für die Farben Rot, Grün und Blau sowie den Transparenzwert Alpha (A in Abb. 7.2). Der Intensitätswert einer Farbe wird über Stützstellen definiert. Zwischen die Stützstellen wird dann eine gedachte Gerade gelegt, um die Zwischenwerte zu berechnen. Beim Aufrufen der ***scatter***-Funktion muss man nun die Liste mit den Eingangswerten für die Farbe

aus dem Sternkatalog (B-V-Werte) und den Namen der selbst im Programm erstellten ***Colormap*** angeben (B in Abb.7.2). Die Funktion bildet die Werte dann automatisch auf die ***Colormap*** ab.

```
''' ... '''
''' A '''
cdict1 = {
    'red': ((0.0, 0.0, 0.0),
            (0.17, 0.3, 0.3),
            (0.4, 1.0, 1.0),
            (1.0, 1.0, 1.0)),
    'green': ((0.0, 0.0, 0.0),
            (0.17, 0.3, 0.3),
            (0.4, 1.0, 1.0),
            (1.0, 0.0, 0.0)),
    'blue':  ((0.0, 1.0, 1.0),
            (0.17, 0.0, 0.0),
            (0.4, 0.0, 0.0),
            (1.0, 0.0, 0.0)),
    'alpha': ((0.0, 1.0, 1.0),
            (0.17, 0.0, 0.0),
            (0.4, 0.0, 0.0),
            (1.0, 0.0, 0.0))
 }

 blue_red1 = LinearSegmentedColormap(
    ´BlueRed1´, cdict1)
''' ... '''
''' B '''
plt.scatter(x, y, s=m, c=color, cmap=
    blue_red1)
```

Abbildung 7.2: Erstellung und Verwendung einer beipielhaften Colormap in Python.

7.3 Bilder und Beschriftungen für die Sternkarte

Ein weiteres Ziel unseres Kurses war es, die Sternkarte mit selbst gezeichneten Sternbildfiguren zu bebildern und gegebenenfalls auch zu beschriften.

Bevor man damit anfangen konnte, musste man sich überlegen, welche Module hierfür notwendig sind und welchen Grafikdateityp man für die einzufügenden Bilder verwendet. Die Entscheidung fiel dabei auf das Grafikformat „png“, da es viele unterschiedliche Farbtiefen sowie transparente Bilder unterstützt.

Die folgenden Abb. 7.3 und 7.4 zeigen die programmtechnische Umsetzung, wie in Python mit Bildern und Beschriftungen umgegangen wird.

```
# .*. coding: utf-8 -*-
''' A '''
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.image as mpimg
import numpy as np
from scipy import ndimage
plt.axis([0, 800, 0, 600])
''' B '''
bild0 = mpimg.imread("bild.png")
bild1 = mpimg.imread("bild.png")
''' C '''
bild0 = ndimage.rotate(bild0, 45)
''' D '''
plt.imshow(bild0, alpha=0.5, zorder=1,
     extent=[500, 800, 300, 500])
plt.imshow(bild1, alpha=0.7, zorder=0,
     extent=[400, 700, 300, 500])
```

Abbildung 7.: Beispielhafte Verwendung von Bildern in Python 2.7 (siehe [7.1] und [7.2]).

In A werden die notwendigen Module in das Programm inkludiert. Mit Hilfe der Funktionen in B werden die Bilder in das Programm importiert. Die dort verwendete Funktion ***mpimg.imread*** benötigt lediglich den Dateinamen als Argument. Danach wird in C eine Funktion zur geometrischen Bildtransformation verwendet. Diese rotiert das als Parameter übergebene Bild um einen bestimmten Wert, welcher als zweites Argument übergeben wird. In diesem Fall wird „bild0“ um 45° gedreht.

Die Funktion ***plt.imshow*** in D gibt die Bilder schließlich aus. Hierbei wurde der Parameter ***alpha*** verwendet, um die Transparenz der Bilder anzupassen, wobei 0 durchlässig und 1 undurchlässig entspricht. Mit Hilfe des zweiten Parameters ***zorder*** kann man die Abfolge der Bilder bestimmen. Das Bild mit dem kleinsten ***zorder***-Wert wird als erstes ausgegeben.

Zuletzt werden die Bilder im Koordinatensystem mittels des Parameters ***extent*** verschoben. Dieser Parameter gibt an, an welchen Koordinaten sich die Seiten des Bildes befinden sollen.

```
# .*. coding: utf-8 -*-
''' A '''
import matplotlib.pyplot as plt
''' B '''
plt.axis([0,10,0,10])
''' C '''
plt.text(1,1,"Text0")
''' D '''
plt.text(3,8,"Text1", fontsize=20)
''' E '''
plt.text(4,6,"Text2", rotation=30)
```

```
''' F '''
plt.show()
```

Abbildung 7.4: Die Programmzeilen zeigen, wie man in Python 2.7 Beschriftungen in ein Koordinatensystem einfügt.

Wie in Abbildung 7.1 wird auch hier in A das notwendige Modul eingefügt und in B ein Koordinatensystem erstellt. In C, D und E wird die Funktion ***plt.text*** für das Einfügen von Text verwendet. Diese Funktion benötigt mindestens drei Parameter: Die x- und y-Koordinate sowie den einzufügenden Text. ***plt.text*** besitzt zudem weitere Parameter, welche in D und E verwendet werden. Mittels der Parameter ***fontsize*** und ***rotation*** kann die Schriftgröße und die Zeilenneigung des Textes geändert werden. Zum Schluss wird das Endergebnis in F mit der Funktion ***plt.show*** ausgegeben.

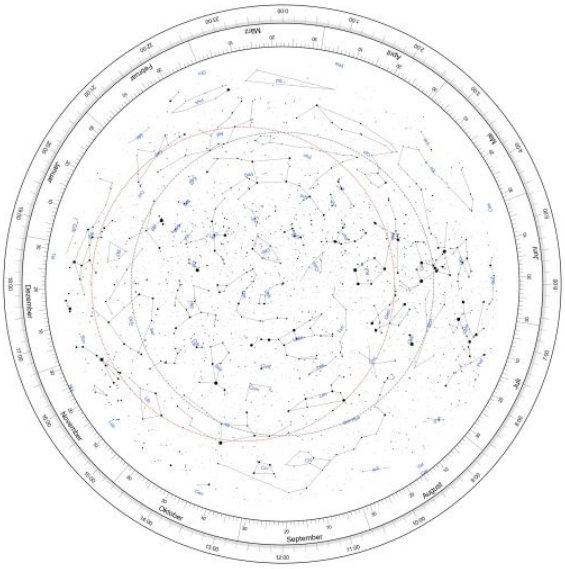


Abbildung 8.1: Grafikausgabe des Python-Programms von Dr. Thomas Müller – die HdA-Sternkarte.

8. Die HdA-Sternkarte

Annika

Als Vorlage für die Programmierung unserer eigenen Sternkarte verwendeten wir einen Python-Code, der uns von Herrn Dr. Thomas Müller vom Haus der Astronomie in Heidelberg freundlicherweise zur Verfügung gestellt wurde. Dieser gibt eine Sternkarte (Abb. 8.1) aus, die Sterne, Konstellationen und Konstellationsnamen anzeigt und auf den Daten des Hipparcos-Katalogs basiert. Zusätzlich hat die Sternkarte einen Datums- und Uhrzeitring und kann damit als Grundscheibe einer drehbaren Sternkarte genutzt werden.

Im Folgenden werden Aufbau und Funktion des Python-Programms von Dr. Thomas Müller in groben Zügen beschrieben. Zu Beginn werden alle wichtigen Module, wie z. B. das Grafikmodul ***Matplotlib***, importiert. Nun werden direkt nach den Importen allen Größen, die veränderbar sein sollen, Variablen zugewiesen. Thomas Müller hat die meisten Größen variabel gehalten, damit man die Karte nach den persönlichen Wünschen anpassen kann, wie zum Beispiel der geographischen Breite des Nutzungsortes.

Des Weiteren ist es möglich, die Verbindungslinien für die Sternbilder zu deaktivieren, indem man eine Variable auf „false“ setzt. Auch graphische Details wie Farben und Linien- bzw. Schrifttypen kann man gesammelt direkt unterhalb der Importe ändern.

Außerdem werden die Namen der nötigen Tabellen und Textdokumente in Variablen gespeichert. Im Anschluss werden mit Hilfe dieser Namen alle gewünschten Daten aus dem Hipparcos-Katalog ins Programm eingelesen und in Listen gespeichert. Auch Monatsnamen und Konstellationen mit zugehörigen Namen werden aus separaten Dateien eingelesen und gespeichert.

Danach werden alle notwendigen Funktionen definiert. Mithilfe einer Funktion wird die Größe der Scheibchen, die die Sterne darstellen, errechnet. Dazu werden die Magnituden in ganze Zahlen umgewandelt und auf eine Skala mit verschiedenen Scheibchengrößen projiziert.

Eine andere Funktion (in Abb. 8.2) errechnet die Position der Scheibchen auf der Karte, indem sie die Kugelkoordinaten Rektaszension und Deklination in kartesische Koordinaten umrechnet. Außerdem gibt es Funktionen, mit denen die Kreise von Himmelsäquator und Ekliptik (die jährliche scheinbare Bahn der Sonne) dargestellt werden. Im Programm ist des Weiteren eine Funktion zu finden, die ausgibt, welchen Bereich der Karte man am Nachthim-

mel sehen kann. Auch dieser Bereich muss für die Karte berechnet werden, wofür die Eingabe der geographischen Breite im Variablen-Block unter anderem nötig ist.

Nun wird die Scheibe, auf der die Karte abgebildet werden soll, mit allen Ringen für Datum und Uhrzeit gezeichnet und die Markierungen und die Beschriftung werden erstellt.

```
def convertPosition(ra, dec):
    """
     Convert position from
     (right ascension, declination)
     to Cartesian coordinates (x,y)
     depending on the global
     variable 'useStereoscopicProj'.

     Args:
     ra Right ascension
     dec Declination

     Return:
     Cartesian coordinates x, y in
         the domain [-1,1] x [-1,1]
    """

theta = 90. - dec
rar = np.radians(90 - ra)

if useStereoscopicProj:
    theta = np.radians(theta)
    x = np.sin(theta) * np.cos(rar) /
        (1 + np.cos(theta)) /
        scale_max
    y = np.sin(theta) * np.sin(rar) /
        (1 + np.cos(theta)) /
        scale_max
else:
   theta = theta / (90.0 -
       min_declination)
   x = theta * np.cos(rar)
   y = theta * np.sin(rar)

return x, y
```

Abbildung 8.2: In Python programmierte Funktion zur Errechnung der Positionen der Sterne auf der Sternkarte aus dem Code von Thomas Müller.

Dann werden je nach dem, wie es in den Variablen festgelegt wurde, die Funktionen für das Zeichnen von Sternen, Konstellationen mit Namen und dem Himmelsäquator und der Ekliptik aufgerufen. Die fertige Karte kann man sich direkt in der Konsole als Grafik ausgeben lassen oder man speichert sie in einem Format seiner Wahl ab.

9. Projekt Kurssternkarte

Adrian, Filip, Timo

Nachdem wir uns die Grundlagen zum Erstellen einer Sternkarte mithilfe von Python vorgestellt haben, waren wir in der Lage, in Form einer Projektarbeit eine solche Sternkarte selber zu programmieren.

Zuerst legten wir fest, wie unsere Sternenkarte am Ende aussehen sollte. Wir wollten eine Sternenkarte für 50° N und mit den 1000 hellsten Sternen erstellen. Dabei sollten die Sterne der jeweiligen Sternbilder verbunden und mit eigens gezeichneten Sternbildern hinterlegt sein. Zudem sollten die Sterne basierend auf ihrer scheinbaren Helligkeit unterschiedlich groß sein und mithilfe des Farbindexes ihre entsprechende Farbe annehmen.

Um dieses Ziel möglichst effektiv und innerhalb der uns zur Verfügung stehenden zwei Tage zu erreichen, teilten wir uns in drei Teilgruppen auf: Datenbringer, Datenmanipulierer und Datenzeichner.

Abbildung 9.1: Arbeit in Zweiergruppen.

Die Datenbringer sollten die Daten der Sterne beschaffen und innerhalb unseres Programms speichern. Die Datenmanipulierer wandelten die Daten daraufhin in eine für die Datenzeichner nützliche Form um. Die Datenzeichner visualisierten schlussendlich die Sternkarte.

Diese drei Teilgruppen griffen immer wieder auf die Informationen der zuvor gehaltenen Vorträge zurück, um das Ziel zu erreichen. Am Ende sollte jede Gruppe ihren Teil programmiert haben, welche dann zu einem großen Programm zusammengefügt wurden. Zudem zeichneten

einige parallel dazu Sternbilder, welche wir in unsere Sternkarte einbauen wollten.

9.1 Datenbeschaffung

Die erste Aufgabe war also, die Daten der 1000 hellsten Sterne in unser Programm zu laden. Diese Daten brauchten wir, um die Position der Sterne, ihre Größe und ihre Farbe zu ermitteln.

Dazu speicherten wir zuerst den Hipparcos-Index, die Helligkeit, die Rektaszension, die Deklination, den Farbindex und die scheinbare Helligkeit dieser 1000 hellsten Sterne in einer VOTable-Datei.

Um auf die dort gespeicherten Daten zugreifen zu können, mussten wir erst das entsprechende Modul ***astropy.io.votable*** importieren (siehe Abb. 9.2).

```
from astropy.io.votable import
parse_single_table
```

Abbildung 9.2: Programmzeile unseres Pythonprogramms, welche das Importieren des benötigten Moduls mit der Funktion ***import*** bewirkt.

Dadurch konnten wir nun mithilfe des Befehls ***parse_single_table*** die Datei in Python öffnen und mithilfe der Funktion ***array*** auf die in einer Tabelle gespeicherten Daten der Sterne zugreifen (Abb. 9.3).

```
HIPtable2 =
parse_single_table(data_name2)
HIPdata2 = HIPtable2.array
```

Abbildung 9.3: Öffnen der Datei und Zugriff auf die Tabelle mit den Sterndaten.

Als Nächstes erstellten wir vier Listen, in welche die Daten für die Verarbeitung gespeichert wurden: Eine Liste für die Helligkeit (*vmag*), eine für den Farbindex (*bv*) und zwei für die Koordinaten, also Rektaszension und Deklination (*rade* und *radec*) (Abb. 9.4).

```
vmag = []
rade = []
bv = []
radec = []
```

Abbildung 9.4: Erstellen der Liste für die scheinbare Helligkeit, die Rektaszension und der Deklination, sowie dem Farbindex der Sterne.

Nun griffen wir mithilfe einer Schleife auf jeden einzelnen Stern zu, holten uns die scheinbare Helligkeit, den Farbindex und die Koordinaten und speicherten diese in der entsprechenden Liste. Bei den Koordinaten speicherten wir die Rektaszension und Deklination jedes Sterns erst in einer Liste (*rade*) und fügten diese gemeinsam als Paar der finalen Liste für die Koordinaten hinzu (*radec*). Als letzten Schritt löschten wir die Daten immer aus *rade* (Abb. 9.5).

```
for star in range(lenght2):
  vmag.append(HIPdata2[star]["Vmag"])
  rade.append(HIPdata2[star]["RAhms"]
  rade.append(HIPdata2[star]["DEdms"])
  bv.append(HIPdata2[star]["B-V"])
  radec.append(rade)
  rade = []
```

Abbildung 9.5: Zugriff auf die Daten der Sternkarte mithilfe einer Schleife und speichern in den entsprechenden Listen durch ***append***.

Dadurch wurden am Ende sämtliche benötigte Daten der Sterne in diesen drei Listen gespeichert, auf welche man später leichter zugreifen kann als direkt auf die Datei.

9.2 Datenmanipulation

Während sich die erste Gruppe um den Programmabschnitt zur Beschaffung der Daten kümmerte, schrieb die Gruppe zur Datenmanipulation bereits einige Werkzeuge zur Veränderung und Umrechnung der Rohdaten zur Position der Sterne. Dafür war viel Denkarbeit zur Theorie notwendig, die in zwei Kernfunktionen mündete.

Umrechnung von sexagesimalen in dezimale Winkelangaben

Die Sternkoordinaten Rektaszension und Deklination sind im Hipparcos-Katalog in einem sogenannten sexagesimalen System angegeben, das heißt in Stunden, Minuten und Sekunden, die wie in Abbildung 9.6 jeweils mit dem Faktor sechzig umgerechnet werden (lat. *sexagesimus* = *der Sechzigste*).

Zur weiteren Berechnung und Projektion der Koordinaten benötigten wir diese allerdings in dem von Python genutzten dezimalen System, das heißt auf Zehnerbasis. Dafür haben

Abbildung 9.6: Umrechnung von sexagesimalen Werten jeweils mit dem Faktor 60.

wir eine eigene Funktion geschrieben (zu sehen in Abb. 9.7), die die Stunden-, Minuten- und Sekundenangaben der Daten des Hipparcos-Katalogs als Parameter annimmt und die Koordinaten als Dezimalzahl zurückgibt.

```
def hexToDecimal(hours, minutes,
    seconds):
        # Werte in Kommazahlen
            umwandeln:
        hours = float(hours)
        minutes = float(minutes)
        seconds = float(seconds)
        # Umrechnung in einen
            dezimalen Gradwert:
        h = hours + minutes/60 +
            seconds/3600
        return h
```

Abbildung 9.7: Python-Quelltext zur ersten Version der Funktion hexToDecimal().

Zusätzlich hatten wir das Problem, dass der erste Wert der Deklination zwar durchaus in Grad angegeben war, die beiden kleineren Angaben aber trotzdem in Minuten und Sekunden. Deshalb haben wir in unsere Funktion noch eine vierte Option eingebaut, ***unit***, bei der sich angeben lässt, ob der erste Wert in Stunden oder in Grad angegeben ist. Über eine ***if/else***-Entscheidung haben wir dann abhängig vom Wert des Parameters ***unit*** einen anderen Berechnungsweg gewählt (s. Abbildung 9.8). Am Ende hatten wir eine Funktion, die wir später bequem nutzen konnten, um einen sexagesimal angegebenen Winkel in einen dezimalen umzurechnen.

```
def hexToDecimal(hoursdegrees,minutes,
    seconds,unit):
    # Werte in Kommazahlen umwandeln:
    hoursdegrees = float(hoursdegrees)
    minutes = float(minutes)
    seconds = float(seconds)

    # Falls der erste Wert in Grad
        angegeben ist:
    if unit == "deg":
        h = hoursdegrees + minutes/60
            + seconds/3600

    # Falls der erste Wert in Stunden
        angegeben ist:
    elif unit == "hours":
        h = 15*hoursdegrees + 15*
            minutes/60 + 15*seconds
            /3600

    # Abfangen von Fehlern:
    else:
        print "unit needs to be either
            \"hours\" or \"deg\""
        h = 0
    return h
```

Abbildung 9.8: Endfassung der Funktion hexToDecimal().

Projektion der Koordinaten

Die zweite vom Datenverarbeitungsteam entwickelte Funktion diente der Projektion der beiden polaren Koordinaten Rektaszension und Deklination in die Ebene, also in kartesische x- und y-Koordinaten. Dementsprechend nannten wir unsere Funktion ***polarToCartesian()***. Als Argumente lassen sich Rektaszension und Deklination angeben (in Grad, deshalb unsere erste Funktion ***hexToDecimal***). Zurückgegeben werden die x- und y-Werte.

Aufruf der Funktionen

Nachdem unsere Funktionen einmal definiert waren, war es nicht mehr schwer, diese anzuwenden, um alle Sternkoordinaten, welche uns die Datenbeschaffungsgruppe in Form einer Liste gab, umzurechnen. Genutzt haben wir dazu eine Schleife, die jeden Wert der Liste durchläuft und diesen jeweils als *star_coords* speichert. *star_coords* wiederum enthält die beiden Sternkoordinaten, die wir den Variablen *ra* und *de* zuwiesen. Diese teilten wir mit der Funktion ***split()*** in die einzelnen Stunden- (bzw. Grad für die Deklination), Minuten- und Sekundenwerte auf. Anschließend konnten wir unsere zuvor programmierten Funktionen aufrufen und die Werte in dezimale Grad und anschließend x- und y-Koordinaten umrechnen. Diese Werte wurden in der Liste xs und ys gespeichert, die die Grafikgruppe für die Positionsangaben der Sterne nutzen konnte (alles zu sehen in Abb. 9.9).

```
xs = []
ys = []

for star_coords in radec:
    ra = star_coords[0]
    de = star_coords[1]
    ra_h, ra_m, ra_s = ra.split(" ")
    ra_degrees = hexToDecimal(ra_h,
        ra_m,ra_s,"hours")
    de_d, de_m, de_s = de.split(" ")
    de_degrees = hexToDecimal(de_d,
        de_m,de_s,"deg")
    x,y = polarToCartesian(ra_degrees,
        de_degrees)
    xs.append(x)
    ys.append(y)
```

Abbildung 9.9: Aufruf der Funktionen in einer Schleife.

9.3 Datenzeichner

Als „Datenzeichner“ waren im Großen und Ganzen die folgenden Aufgaben zu erledigen:

1. Wie erstellt man die Grundfläche, auf die die Sterne, Sternbilder und Verbindungslinien gezeichnet werden?
2. Wie zeichnet man die Sterne mit unterschiedlicher Farbe und Größe?
3. Wie erstellt man die Verbindungslinien für die einzelnen Sternbildkonstellationen?
4. Wie kommen die selbstgezeichneten Sternbilder in das Programm?

Wie erstellt man die Grundfläche?

In der Abbildung 9.10 wird gezeigt, wie man in Python mittels des Moduls ***Matplotlib*** eine Grundfläche für die Sternkarte erstellt. Hierbei wird zunächst ein Koordinatensystem in A erstellt, wobei sowohl die x-Achse, als auch die y-Achse von -1.6 bis 1.6 durchnummeriert wird. Anschließend wird mit Hilfe des ***print***-Befehls eine Meldung ausgegeben, dass die Grundfläche gezeichnet wird.

In B wird die schwarze Grundfläche in Form einer großen Scheibe erstellt. Innerhalb dieser schwarzen Grundfläche werden in C Kreise für den Himmelsäquator und die Ekliptik konstruiert, dabei wird der Himmeläquator in der Farbe Rot (***r***) und die Ekliptik in der Farbe Gelb (***y***) erstellt. In D werden diese Kreise in das Koordinatensystem eingefügt.

```
(A): ax=plt.axes(xlim=(-1.6, 1.6),
    ylim=(-1.6, 1.6))
ax.set_xticks(np.arrange(-1.0, 1.5,
    0.5))
ax.set_yticks(np.arrange(-1.0, 1.5,
    0.5))
ax.set_facecolor('w')

(B): print "Draw map ..."
ax.scatter(0,0, s=20000, color='k')

(C): equator=plt.Circle((0,0),0.69,
    color='r',fill=False,linewidth
    =0.3, alpha=1)
ecliptic=plt.Circle((-0.18,0),0.69,
    color='y',fill=False,linewidth
    =0.3, alpha=1)
circle=plt.Circle((0,0),1.4,color='w',
    linewidth=48,fill=False)

(D): ax.add_artist(circle)
ax.add_artist(equator)
ax.add_artist(ecliptic)
```

Abbildung 9.10: Ausschnitt des fertigen Programms, das zeigt, wie die Grundfläche für die Sternkarte entsteht.

Wie zeichnet man die Sterne mit unterschiedlicher Farbe und Größe?

Für die Farbe der Sterne wurde eine ***Colormap*** verwendet. Diese wurde so eingestellt, dass ein Stern mit dem Farbwert 0 blau ist und ein Stern mit dem Farbwert 1 rot. Abbildung 9.11 zeigt, wie eine solche ***Colormap*** in Python aussieht.

```
cdict = {
         'red':   ((0.0, 0.2, 0.2),
                   (0.2, 1.0, 1.0),
                   (0.4, 1.0, 1.0),
                   (0.8, 1.0, 1.0),
                   (1.0, 0.6, 0.6)),
         'green': ((0.0, 0.2, 0.2),
                   (0.2, 1.0, 1.0),
                   (0.4, 1.0, 1.0),
                   (0.8, 1.0, 1.0),
                   (1.0, 0, 0)),
         'blue':  ((0.0, 0.4, 0.4),
                   (0.2, 1.0, 1.0),
                   (0.4, 1, 1),
                   (0.6, 1, 1),
                   (0.8, 1, 1),
                   (1.0, 0.1, 0.1)),
```

```
        'alpha': ((0.0, 1.0, 1.0),
                  (0.2, 1.0, 1.0),
                  (0.4, 1.0, 1.0),
                  (1.0, 1.0, 1.0))
}
```

Abbildung 9.11: Colormap aus dem fertigen Programm.

Um diese Colormap konkret verwenden zu können, wurden die B-V-Werte der Sterne mit Hilfe der Funktion in Abbildung 9.12 in eine Dezimalzahl zwischen 0 und 1 umgerechnet.

```
def CalcColor(bv):
        color = (bv + 0.3) / 2.4
        return color
```

Abbildung 9.12: Umrechnung der B-V-Werte in für die Colormap brauchbare Dezimalzahlen.

Die Größe der Sterne wurde ebenfalls mit einer Funktion berechnet. Hierbei wurde den Sternen mit einer Magnitude kleiner als 0 oder größer als 6, als auch den Sternen mit einer gerundeten Magnitude von 1, 2, 3, 4 und 5 eine bestimmte Größe zugeordnet. Diese Größenzuordnung erfolgt in der Funktion ***CalcSize*** und ist in der Abbildung 9.13 zu sehen.

```
def CalcSize(vmag):
    sizes = []
    for i in range(countStars):
        if (vmag[i]<=0):
            sizes.append(mag_size[0])
        elif (vmag[i]>=6):
            sizes.append(mag_size[5])
        elif (vmag[i]<6 and vmag[i]>0):
            if (vmag[i]>0 and vmag[i]<2):
                sizes.append(mag_size[1])
            elif (vmag[i]>1 and vmag[i
                ]<3):
                sizes.append(mag_size[2])
            elif (vmag[i]>2 and vmag[i
                ]<4):
                sizes.append(mag_size[3])
            elif (vmag[i]>3 and vmag[i
                ]<5):
                sizes.append(mag_size[4])
    return sizes
```

Abbildung 9.13: Größe der Sternscheibchen nach ihrer scheinbaren Helligkeit bestimmen.

Mit Hilfe dieser beiden Funktionen wurde die Farbe und Größe jedes Sterns berechnet und mittels der ***scatter***-Funktion in Form einer kleinen Scheibe ausgegeben.

Wie erstellt man die Verbindungslinien für die einzelnen Sternbildkonstellationen?

Um nicht von Hand jedes einzelne Sternbild herauszusuchen und jeden dem Sternbild zugehörigen Stern in der richtigen Reihenfolge zu verbinden, haben wir auch hierfür eine Funktion geschrieben namens ***drawConstellations()***. Diese Funktion verwendet die Datei „constellationship.fab“ aus der Planetariumssoftware „stellarium“, um die Sterne richtig zu verbinden. In dieser Datei sind blockweise die Hipparcos-Nummern für jedes Sternbild gegeben und zwar in der zu verbindenden Reihenfolge. Die Funktion liest die Hipparcos-Nummern der einzelnen Sterne jedes Sternbildes heraus und sucht für die entsprechenden Hipparcos-Nummern die Rektaszension und Deklination jedes Sterns. Diese Polarkoordinaten werden dann in kartesische Koordinaten umgerechnet.

Zeichnen der Sternbilder

Während die Programmierteams sich noch um die technische Umsetzung kümmerten, haben einige der künstlerisch begabten Kursteilnehmer für einen Teil der Sternbilder eigene Illustrationen gezeichnet (Beispiel siehe Abb. 9.15). Dazu wurde erst nach Referenzbildern aus dem Internet recherchiert, die anschließend möglichst detailgetreu nachgezeichnet wurden. Die Zeichnung erfolgte auf zuvor ausgedruckten Sternkartenabschnitten, damit Bild und Sterne zueinander passen.

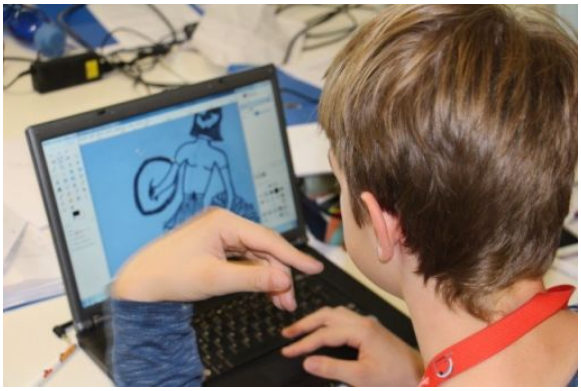


Abbildung 9.14: Ausschneiden des Perseus-Sternbilds in einem Bildbearbeitungsprogramm.

Um diese zu digitalisieren, fotografierten wir die Bilder ab. Damit diese dann auch ohne den

Tisch im Hintergrund in die Sternkarte eingefügt werden konnten, mussten wir sie dann noch im Bildbearbeitungsprogramm GIMP freistellen (siehe Abb. 9.14).

Abbildung 9.15: Zeichnung des Sternbilds Perseus.

Wie kommen die selbstgezeichneten Sternbilder in das Programm?

Bevor man die Bilder an die Sternbildkonstellationen anpassen konnte, mussten diese erst einmal in das Programm geladen werden. Abbildung 9.16 zeigt einen Ausschnitt, wie die Bilder mit Hilfe der Funktion ***mpimg.imread()*** in das Programm importiert wurden.

```
drache = mpimg.imread("image\Drache.
    png")
pegasus = mpimg.imread("image\Pegasus.
    png")
fische = mpimg.imread("image\Fische.
    png")
```

Abbildung 9.16: Ausschnitt des fertigen Programms, das zeigt, auf welche Art und Weise die Bilder in das Programm geladen wurden.

Die nun im Programm implementierten Bilder konnten jetzt an die Sternbildkonstellationen angepasst werden (Ort, Größe, Drehung).

Hierzu wurde im Allgemeinen die Funktion ***ndimage.rotate()*** verwendet, um die Bilder richtig zu drehen, sowie die Parameter der Funktion ***plt.imshow()***. Mit Hilfe des alpha-Parameters konnte man die Transparenz der Bilder justieren und somit ihre visuelle Dominanz an die der Sterne anpassen. Des Weiteren kam es zur aktiven Verwendung des Parameters ***extent***, welcher es uns ermöglichte, die Eckpunkte der Bilder mit denen der Sternbildkonstellationen gleichzusetzen. In Abbildung 9.17 sieht man, wie diese Mittel zum Anpassen der Bilder in der Praxis zur Verwendung kamen.

```
drache = ndimage.rotate(drache, 95,
    reshape = False)
plt.imshow(drache, extent = [-0.85,
    0.5, -0.6, 0.5], alpha =
    constAlpha, zorder = 6)
print "\t2 /", allImages
pegasus = ndimage.rotate(pegasus, 345,
     reshape = False)
plt.imshow(pegasus, extent = [0.7, -1,
     0.1, 0.95], alpha = constAlpha,
    zorder = 8)
print "\t4 /", allImages
fische = ndimage.rotate(fische, 20,
    reshape = False)
plt.imshow(fische, extent = [-0.1,
    0.6, 0.425, 0.74], alpha =
    constAlpha, zorder = 9)
print "\t5 /", allImages
```

Abbildung 9.17: Ausschnitt des fertigen Programms, in dem die Bilder an die Sternbildkonstellationen angepasst wurden.

Nachdem alle Teilgruppen ihre zugeteilten Programmabschnitte abgeschlossen hatten, wurden diese zusammengefügt. Nach einem letzten Feinschliff sowie ergänzten Kommentaren war das Programm bereit, die Sternkarte zu generieren. Das Ergebnis ist am Ende der Dokumentation unseres Kurses zu sehen

Abbildung 9.18: Begeisterung bei erfolgreicher erster Ausgabe der Sternkarte.

10. Exkursion zum MPIA

Simon, Hannah B., Corvin

Am Montag, den 04.09.2017 ging es für den Astronomiekurs im Rahmen einer Exkursion zum Max-Planck-Institut für Astronomie (MPIA) auf den Königstuhl in Heidelberg. Nach circa zwei Stunden Fahrt mit Bus und Bahn waren wir auf dem Gelände angelangt und konnten uns erstmal die Beine ein bisschen vertreten.

Unser Kursleiter Olaf führte uns zu Beginn auf dem Gelände herum, angefangen in der Landessternwarte Heidelberg. So erfuhren wir, dass die am 20. Juni 1898 durch Großherzog Friedrich I. von Baden eingeweihte Sternwarte durch den Astronomen Max Wolf betrieben wurde. Aufgrund der während der Industrialisierung ausgebauten Straßenbeleuchtung und der starken Luftverschmutzung konnte er in der Stadt, in der er davor den Sternenhimmel beobachtete, die Sterne nicht mehr klar erkennen.

Schon früh hatte Wolf begonnen, den Sternenhimmel zu fotografieren. Da er jedoch leistungsfähigere Teleskope brauchte, warb er um Sponsoren. In der Tochter von George Bruce, Catherine Wolfe Bruce, fand er eine Sponsorin. Catherine Wolfe Bruce, die auch anderen Sternwarten Geld gesponsert hat, unterstützte den Erwerb eines größeren, leistungsfähigeren Teleskops, das der Stifterin zu Ehren „Bruce-Teleskop“ genannt wurde. Dabei handelt es sich um einen Doppelastrographen. Im Laufe der Zeit gelang es so Wolf und seinen Mitarbeitern, den Sternenhimmel präzise abzulichten und Kleinplaneten zu entdecken. Dieses Teleskop besichtigten wir im Laufe des Nachmittags in einer Kuppel des Observatoriums. Die Tuben des Doppelastrografen, mit denen Bilder vom nächtlichen Sternhimmel geschossen werden, waren riesig. So lang wie eineinhalb Kursleiter.

Nachdem wir uns dieses imposante Teleskop angeschaut haben, gingen wir zu einem weiteren außergewöhnlichen Exemplar. Dieses war nämlich in einem Haus so installiert, dass es nur entlang des Himmelsmeridians bewegt werden konnte. Wollte man nun mit diesem den Nachthimmel betrachten, musste man die gesamte Hauswand beiseiteschieben. Anschließend betrachteten wir auch die aufgenommenen Fotoplatten, nahmen einen echten Meteoriten in die Hand, lernten den Unterschied zwischen Kometen, Meteoriten und Meteoren kennen und Zeit zum Herumalbern blieb natürlich auch.

Abbildung 10.1: Der Astronomiekurs auf dem Gelände der Landessternwarte Heidelberg.

Gegen Nachmittag sind wir ins Planetarium im Haus der Astronomie gegangen. Dort trafen wir, wie verabredet, den Astronomen und Informatiker Thomas Müller, der die Vorlage für unsere eigene Sternkarte programmiert hatte und uns sein Programm zur Verfügung stellte. Zuerst hielt er einen Vortrag über sich und seine Arbeit am Haus der Astronomie. Nach seinem Physikstudium in Tübingen und einer Doktorarbeit zur Visualisierung in der Relativitätstheorie beteiligte er sich an der Entwicklung zweier Einsteinausstellungen in Ulm und Bern. Nachdem er drei Jahre lang Software für Planetarien entwickelte, forschte er am Visualisierungsinstitut der Universität Stuttgart. Seit April 2016 ist er am Haus der Astronomie in Heidelberg tätig. Dort befasst er sich mit dem Visualisieren von astronomischen und astrophysikalischen Phänomenen, wie z. B. Schwarzen Löchern oder Wurmlöchern. Außerdem entwickelt er Visualisierungen der Relativitätstheorie und der Oberflächenstruktur von z. B. Erde und Mond, Software und Apps für Planetarien sowie Programme für Schulen.

Nach einer anschließenden Fragerunde, bei der wir Thomas Müller Fragen zum Programm, aber auch zu seiner Arbeit am MPIA stellen konnten, musste er leider auch schon wieder gehen. Programme programmieren sich leider nicht von allein. Da unser Kursleiter Olaf auch im Haus der Astronomie arbeitet, konnte er uns

noch das Planetarium zeigen. Zuerst wiederholten wir die unterschiedlichen Sternbilder des nördlichen Himmels, die wir von unserer Nachtwanderung kannten, und stellten verschiedene Sternbilder dar. Zum Beispiel ließen wir die Tierkreissternbilder auf der Ekliptik erscheinen. Anschließend schwenkte Olaf zum südlichen Himmel, der für uns neu war, und erzählte uns mehr über die Sternbilder und Geschichten dahinter. Nachdem wir noch ein bisschen Zeit mit der Reflexion des Besuchs verbrachten, posierten wir mit unserer fertig programmierten und ausgedruckten Sternkarte, die wir auch Thomas Müller überreichten, vor dem Haus der Astronomie. Nach einem kurzen kulinarischen Ausflug in der Stadt, in der wir uns die unterschiedlichsten Arten von Burgern schmecken ließen, nahmen wir die Bahn zurück nach Adelsheim. Ein aufregender Tag voller neuer Erkenntnisse über den Nachthimmel endete.

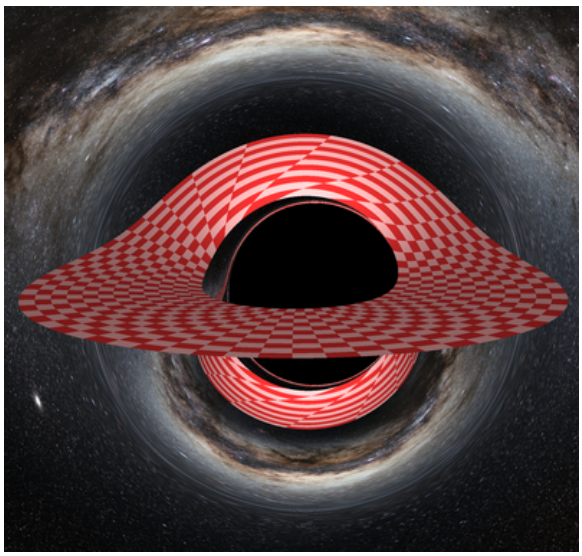


Abbildung 10.2: Visualisierung eines Schwarzen Lochs (Thomas Müller, Universität Stuttgart).

Kursteilnehmer Astronomie

Mattea, Ole, Hannah D.

Hannah Mit ihrem Humor wusste sie an vielen langen Arbeitstagen die Stimmung im Kurs aufzuheitern. Noch dazu arbeitet sie hervorragend im Team. Sie brachte sich vor allem auch organisatorisch bei der Bewältigung von kursinternen Aufgaben ein. Ihr musikalisches Talent durften wir hautnah am Hausmusikabend erleben. Dort spielte sie vier Instrumente. Darüber hinaus konnte sie sich im Spiel „Sternenstaub“, bei welchem man mit Zahnbürsten Astros in „Sternenstaub“ verwandeln sollte, gemeinsam mit Corvin bis ins Finale durchkämpfen.

Adrian Adrian ist sehr politikinteressiert, weswegen er scherzhaft „der Politiker“ genannt wurde. Da diese Science Academy kurz vor der Bundestagswahl stattfand, verging kein Tag, an dem er nicht mindestens einmal den „Wahl-O-Mat“ benutzt hatte. Darüber hinaus programmiert er gerne und hat uns mit seinem Votrag über die Computersprache Python einen tollen Einstieg in diese ermöglicht.

Simon Der „Kaffeemensch“, der mit seiner Kaffeemaschine jederzeit bereit war, unsere Adenosinrezeptoren zu binden. Er ist außerdem ein begeisteter Physiker und interessiert sich sehr für schwarze Löcher und die Quantenmechanik. Mit seinem Wissen brachte er sich gerne ein und sorgte außerdem für eine humorvolle Arbeitsatmosphäre. Das half dem Kurs sehr.

Paula Sie zeichnete sich im Kurs vor allem durch ihre Kreativität aus. So gestaltete sie das Sternbild der großen Bärin und hängte ihr einen riesigen Fuchsschwanz an. Das sorgte im ganzen Kurs für Erheiterung. Außerdem war sie immer gut drauf und förderte den Kurs vorallem durch ihre Kenntnisse in den verschiedensten Kartenprojektionen.

Ole Der „sprücheklopfende Biochemiker“. Mit seiner Leidenschaft für biochemische Prozesse im Körper ergänzte er die Truppe. Er hatte trotz der vielen Arbeit für seine Präsentation immer gute Laune und viele Sprüche auf Lager, von denen er gerne Gebrauch machte. Auch war er bei der Sport KüA immer vorne mit dabei und beim Zeichnen von Sternbildern stach wohl seine Cassiopeia, deren Extremitäten fehlten und die aufgehängt war, besonders heraus. Und in Wirklichkeit isch sein Bein auch ganz gerade.

Annika Annika hat uns alle mit ihren Programmkenntnissen und ihrer schon angefangenen Sternkarte ganz schön überrascht. Zusammen mit Filip legte sie so manche

Nachtschichten ein, um unser Projekt rechtzeitig zur Exkursion zu vollenden. Neben ihrer Arbeit im Kurs hat sie uns auch mit ihrer Geige am Hausmusikabend begeistert. Mit ihrer freundlichen und hilfsbereiten Art ist sie definitiv eine Bereicherung für unseren Kurs gewesen.

Corvin Ein weiterer Programmierexperte, vor allem für Grafiken, war Corvin. Neben vielen Fun Facts konnte er uns allen beibringen wie man Diagramme und Schaubilder möglichst optisch ansprechend in der Programmiersprache Python erstellt. Trotzdem schaffte er es, auf seinen Computerbildschirm des Öfteren die Aussage „kernel died“ zu zaubern. Bei all diesen Fähigkeiten war er außerdem auch ein großartiger Wildhüter.

Mattea Mattea kann man wohl als ein wahres Energiebündel bezeichnen. Immer neue Ideen und Einfälle sind aus ihr herausgesprudelt und haben die Zusammenarbeit positiv geprägt. Beim Wildhüten war sie ein echter Profi und motivierte auch die anderen dazu die Umwelt mit offenen Augen zu betrachten. Sie teilte mit uns allen eine Vorliebe für Schoko- Cookies.

Hannah Hannah ist die Kreativität in Person. Egal ob sie sich in ihrem Vortrag mit der Kunst in Sternkarten beschäftigte oder für die kurseigene Sternkarte Bilder zeichnete. In ihrem Vortrag ließ sie uns an ihrem Wissen über die Mythen und Sagen der Antike teilhaben, die den Sternbildern ihre Namen geben. Außerdem haben wir es nur Hannahs hervorragendem Orientierungssinn (nicht nur am Nachthimmel) zu verdanken, dass wir nicht immer noch durch die Wälder rund um Adelsheim irren. Denn sie führte uns auch ohne Taschenlampe sicher zum Ziel.

Timo Timo ist ein echter Gewinner-Typ. Mit seiner weltrekordverdächtigen Leistung beim Teebeutelweitwurf sicherte er unserem Kurs den Sportfest-Sieg. Trotz dieser herausragenden Leistung konnte man ihn jedoch nicht bei den Sport-KüAs antreffen, denn sein Herz schlug für das Theater.

Außerdem gab es kein Thema, über das man nicht mit ihm diskutieren konnte. Dabei hat er seinen Standpunkt nicht nur verbal sondern auch anhand von umfangreichen Tafelanschrieben (Skizzen) verdeutlicht.

Lilly Lilly ist der wertvollste französische Re-Import der letzten Jahre. Nach 12 Jahre „Baguette und Camembert“ kehrte sie zu „Spätzle und Vollkornbrot“ zurück – welch ein Glück. Denn sie leistete in jedem Bereich des Kurses wertvolle Beiträge und fand für alles eine Erklärung. Sowohl mit ihrem Vortrag zur Einführung in die Programmiersprache Python als auch mit ihrer netten und freundlichen Umgangsart oder auch durch viele selbstgezeichnete Sternbilder trieb sie die Kursarbeit voran. Dass sie selbst nach der Abend-KüA noch die Energie aufbrachte, Klavier zu üben, haben wir alle sehr bewundert.

Filip Wenn jemand Vatergefühle für eine Sternenkarte entwickeln kann, dann Filip. Als der „Papa“ unserer Sternkarte, konnte er nach deren Geburt (es handelte sich dabei lediglich um einen ersten Ausdruck) unser „Baby“ nicht mehr aus der Hand legen. Beim Programmieren leistete er gerne Überstunden und war manchmal noch bis nach Mitternacht an seinem PC zu finden. Er wusste selbst dann noch weiter, wenn manche nur noch „Bahnhof“ verstanden. Auch durch seine ruhige und entspannte Art hat er die Produktivität unseres Kurses deutlich gesteigert.

Tatjana Tatjana hatte als Leiterin für uns alle ein offenes Ohr. Egal ob es dabei um Probleme im Programm ging oder um die Nervosität vor der Abschlusspräsentation. Klasse war auch ihr kursinterner Vortrag: „Wie geht Studieren?“. Die Leiter konnten sie bis spät in die Nacht knobeln sehen. Allerdings hatte sie so ihre Probleme beim Wildhüten. Beim Quidditch macht sie Ginny Weasley Konkurrenz.

Olaf Olaf ist der „Herr der Sterne“. Als unser Kursleiter war er immer bemüht, sein unglaubliches Wissen über das Weltall mit uns zu teilen und uns alle an seiner Begeisterung für die Astronomie teilhaben zu lassen. Dabei hat er jede noch so „doofe“ Frage geduldig beantwortet und immer ein

Lächeln für uns gehabt.

Wenn wir mal wieder vom Thema abkamen, sorgte Olaf dafür, dass wir konzentriert blieben und uns an den Zeitplan hielten – zum Glück, denn sonst wären wir niemals so weit gekommen.

Ranran Sie ist die Motivation in Person, denn als unsere Schülermentorin wusste sie uns immer zu motivieren. Besonders kam uns das beispielsweise beim Sportfest und bei der Kursarbeit allgemein zugute. Ein Markenzeichen sind ihre lustigen Sternbildsocken, welche im Astronomiekurs natürlich nicht fehlen dürfen. Doch auch nach der Kursarbeit brachte sie uns mit lustigen Spielen wie dem Evolutionsspiel zum Lachen.

Nachtwanderung

Lilly

Kurze Zeit nach unserer Ankunft in der Akademie wurde der Astrokurs mit der Planung und Vorbereitung der Nachtwanderung, beauftragt.

Dabei begleiteten je zwei Astros eine Gruppe von 10 Schülern und ein paar Leitern auf eine Wanderung und brachten ihnen das im Kurs erlernte, astronomische Wissen über Sterne, Sternbilder und ihren Geschichten näher. Am Montag, den 28. August sollten die Teilnehmer der Akademie um 22 Uhr zu einem 30-minütigen Marsch durch den dunklen Wald aufbrechen. Dieser endete auf einem freien Feld, das sich sehr gut für das Beobachten der sichtbaren Objekte, wie zum Beispiel Sterne, Planeten oder Galaxien, am Himmel über Adelsheim eignete.

In den drei zur Verfügung stehenden Vorbereitungstagen erarbeitete sich die Astros jegliches benötigtes Wissen für die anstehende Nachtwanderung. Das schloss sowohl die Orientierung am Sternenhimmel, als auch die Route und den Aufbau eines Teleskops mit ein. Dabei hatten alle viel Spaß, nach und nach immer mehr Sternbilder am Nachthimmel zu erkennen und den teilweise sehr phantasievollen Mythen über ihre Herkunft zu lauschen. Um die verschiedenen Sternbilder zu zeigen, nahmen die Kursleiter stark lichtbündelnde Taschenlampen zur Hilfe, deren Strahlen weit in den Himmel hinein ragten. Dieselben nutzen auch die Astros als Hilfsmittel während ihrer Vorträge. Tagsüber, wenn es unmöglich war Sterne zu beobachten, beschäftigten sie sich mit dem Auf- und Abbau von Teleskopen, weil diese schließlich auch bei der Nachtwanderung zum Einsatz kamen. Außerdem unternahm der gesamte Kurs eine Probewanderung zum gewünschten Beobachtungsplatz, damit sich jeder den Weg einprägt und sich keiner in der Dunkelheit verirrt. Das wiederholten die Astros am selben Tag nochmal bei Nacht als „Generalprobe“ und überprüften, ob alles sitzt für die Nachtwanderung. In dieser Nacht kam der Astrokurs erst um 23:30 Uhr auf dem Campus zurück, während alle anderen schon lange schlafend in ihren Betten lagen. Was tut man nicht alles für den besten Kurs?

Am nächsten Tag als die Nachtwanderung bevor stand und der gesamte Kurs bereit war, das heißt alles nochmal im Detail durchgegangen wurde, konnte es los gehen. Nach der Abend-KüA-Schiene gingen die einzelnen Gruppen im zehnminütigen Takt los. Um die nachtaktiven Waldbewohner nicht zu stören und unsere Augen an die Dunkelheit zu gewöhnen, gingen wir mit nur einer Taschenlampe los, die nur zum Zeigen der Sterne benutzt wurde. Während der Wanderung führten die zwei Astronomen die Gruppe an verschiedene Zwischen-schauplätze, an denen man einen Teil des Sternhimmels erhaschen und die Grundlagen lernen konnte (z. B. der große Wagen, der Nordpolarstern). Auf dem Weg zur letzten Station kamen dann die erlernten Sternbilder zum Einsatz. Auf dem Feld angekommen, wurden die Zusammenhänge zwischen den Sternbildern erklärt und man konnte die verschiedene Besonderheiten des Nachthimmels beobachten. Bevor schließlich alle zurück zum Campus liefen, kam die Hauptattraktion dieses Abends, die Teleskope, mit denen man Saturn, Algol (auch der Teufelsstern genannt) und andere spannende Himmelskörper beobachten konnte. Anschließend gingen die einzelnen Gruppen wieder zurück zum Campus und legten uns sofort schlafen, da alle sehr müde waren von diesem anstrengenden, aber erlebnisreichen Tag.

Quellen

[2.1] Martin Rees: Universum die große Bild-Enzyklopädie; Dorling Kindersley, München, 2014, Seiten 368, 389, 346

[2.2] https://www.astronomie-nuernberg.de/index.php; 11.10.2017, 20.42 Uhr

[3.1] https://de.wikipedia.org/wiki/Scheinbare_Helligkeit, besucht am 17.10.17

[3.2] https://www.leifiphysik.de/astronomie/fixsterne/scheinbare-sternhelligkeit, besucht am 17.10.17

[3.3] http://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Farbindex, besucht am 17.10.17

[4.1] http://www.cosmos.esa.int/web/hipparcos (21.08.2017)

[4.2] Hipparcos: Die wissenschaftliche Ernte beginnt. Von Ulrich Bastian in: Sterne und Weltraum, Bd. 36, Nr. 11, S. 938–941 (1997)

[4.3] http://www.ianridpath.com/startales/almagest.htm (18.09.2017)

[4.4] https://www.bernd-leitenberger.de/astonomische-satelliten-speziell.shtml (18.09.2017)

[4.5] http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VizieR-3?-source=I/239/hip_main

[5.1] http://www.itwissen.info/Prozedurale-Programmierung-procedural-programming.html

[5.2] https://docs.python.org/2/library/functions.html#func-list

[5.3] https://www.python-kurs.eu/python3_klassen.php

[7.1] https://matplotlib.org/devdocs/api/_as_gen/matplotlib.pyplot.imshow.html

[7.2] https://matplotlib.org/users/image_tutorial.html

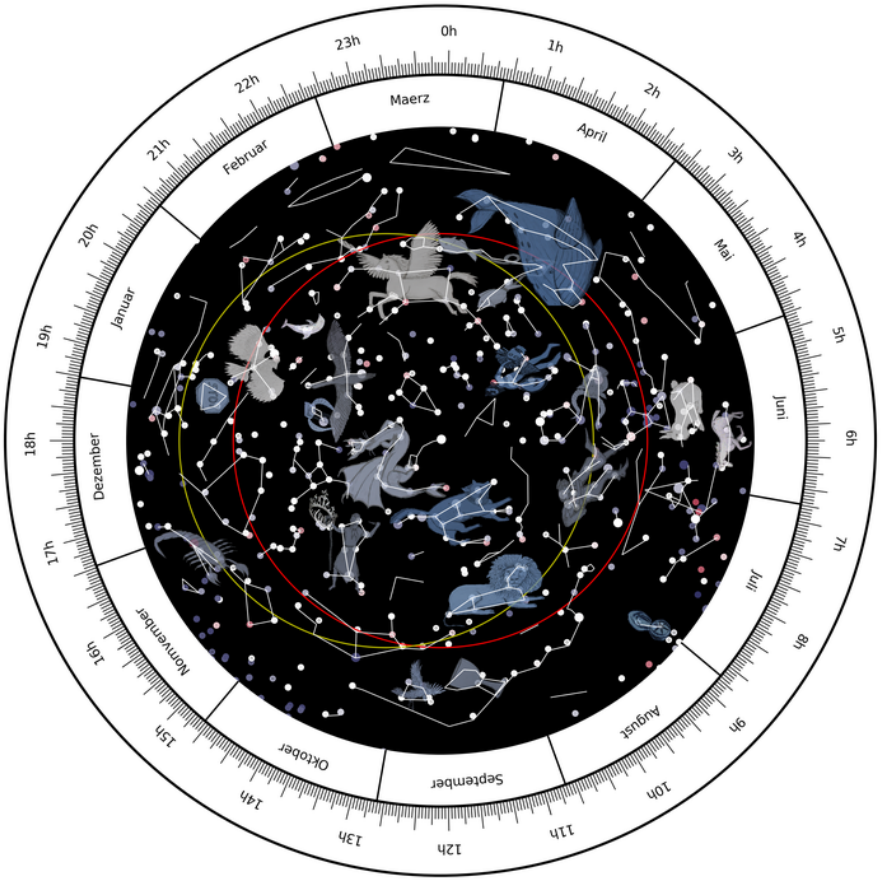
[7.3] https://www.pyimagesearch.com/2014/11/03/display-matplotlib-rgb-image

https://matplotlib.org/users/text_intro.html

http://www.labri.fr/perso/nrougier/teaching/matplotlib

[7.4] https://matplotlib.org/api/pyplot_api.html?highlight=scatter#matplotlib.pyplot.scatter

[10.1] https://www.lsw.uni-heidelberg.de/foerderkreis/geschichte, besucht am 14.10.17



Fertige Sternkarte – selbst programmiert vom Astronomiekurs.

Kurs 2 – Chemie/Pharmazie: Nanolipide

Vorwort und Kursziel

Cédric Schwencke

Der Chemie/Pharmazie-Kurs der JuniorAkademie Adelsheim 2017 beschäftigte sich mit dem Thema Nanolipide. Unter der Leitung von Dr. Jana Brüßler, Anna Kandziora und unserem Schülermentor Philipp Mayer befassten wir uns mit der Frage, wie man einen Wirkstoff möglichst effizient und tief in die Haut bringen kann. Das Verfahren sollte ohne Injektion verlaufen. Dies verwirklichten wir mit Hilfe von Liposomen, Nanopartikeln und Mizellen, welche wir selbst im Labor herstellten.

Wir teilten uns in drei Gruppen mit jeweils vier Personen auf. Gemeinsam testeten wir verschiedene Formulierungen. Diese werteten wir aus und testeten sie auch an Schweinehaut. Am Ende der zwei Wochen probierten wir die Proben an der Haut unserer zwei Kursleiterinnen und an der unseres Schülermentors.

Im Laufe der Akademiezeit lernten wir uns untereinander immer besser kennen. Sehr hilfreich dabei war zum Beispiel auch das Sportfest, bei dem wir als Team verschiedene Aufgaben zu meistern hatten. So konnte jeder seine Fähigkeiten einbringen, was zu einem starken Zusammenhalt innerhalb der Gruppe führte. Diese gewonnene Stärke stellte sich auch bei der Arbeit im Labor als sehr hilfreich dar.

Arbeitsweise und Methoden

Lucia Schäfer

Schon am Eröffnungswochenende und auch später in der Sommerakademie starteten wir, nach kurzer Einführung, mit der Praxis im Labor, wodurch es uns leicht fiel, auch komplexe Theorien, Zusammenhänge und Vorgänge zu verstehen. Als Richtlinie lagen uns stets ausgedruckte Anleitungen vor, und unsere Kursleiterinnen

sowie unser Schülermentor standen immer für Fragen und Hilfestellungen bereit.

Im Sommer orientierten wir uns täglich an unserem Zeitplan, um zu wissen, wann wir wofür Zeit einplanen mussten. So gelang es uns nach gemeinsamer Absprache, Arbeitsgruppen zu bilden, die sich um die Herstellung unserer Formulierungen, um die Simulation der Proben auf der Haut an den Franzschen Zellen und um die Auswertung der Ergebnisse am UV/Vis Spektrometer kümmerten. Zwischen den Arbeitsphasen im Labor wurden jedoch immer Absprachen untereinander bezüglich des weiteren Verfahrens getroffen und der jeweils aktuelle Stand ausgetauscht, sodass jeder auch über die anderen Arbeitsschritte Bescheid wusste. Des Weiteren hatten wir durch unseren Zeitplan im Blick, wie viel Zeit uns noch blieb. Außerdem konnten wir uns rechtzeitig auf die Rotation und auf die Abschlusspräsentation einstellen und diese jeweils vorbereiten.

Am wichtigsten für unser gelungenes Arbeiten waren das große Interesse, der Zusammenhalt sowie der Teamgeist und der Spaß, den jeder Kursteilnehmer mit einbrachte, sodass dadurch alle gut gelaunt vorankamen.

Eröffnungswochenende

Hendrik van Nassau

Am Freitagabend lernten wir Kursteilnehmer erst einmal uns und unsere Kursleiter bei diversen Spielen näher kennen.

Am nächsten Tag begann dann der etwas ernstere Teil des Kurses. Wir bekamen eine Einführung in die Lewis-Schreibweise und das Orbitalmodell, um alle auf den gleichen Wissensstand zu bringen. Anschließend gingen wir ins Labor, wo wir versuchten, einen Faden sowie eine Büroklammer auf Wasser schwimmen zu lassen.

Um der Frage auf den Grund zu gehen, wieso die Gegenstände schwimmen, beschäftigten wir uns erst einmal mit der Oberflächenspannung: Oberflächenspannung bedeutet, dass in einer Flüssigkeit die Moleküle von ihren Nachbarmolekülen von allen Seiten gleich stark angezogen werden, da sie an allen Seiten ungefähr gleich viele Nachbarmoleküle haben. Die Flüssigkeit grenzt an der Oberfläche aber an ein Gasgemisch, das heißt nach außen haben die Oberflächenatome keine Wechselwirkung mehr zu ihren Nachbarn. Sie haben nur Wechselwirkungen nach innen, weshalb die Atome nach innen gezogen werden. Deshalb versuchen Flüssigkeiten, ihre Oberfläche zu dem Gas so klein wie möglich zu halten, um der Zugkraft so gut wie möglich auszuweichen. Da der Körper mit der kleinsten Oberfläche die Kugel ist, haben Tropfen einer Flüssigkeit oft Kugelform.

Als nächstes gaben wir eine kleine Menge Spülmittel in den Behälter mit Wasser, woraufhin die Gegenstände auf den Grund des Gefäßes sanken. Das liegt daran, dass sich die Tenside aus dem Spülmittel aufgrund der lipophilen (fettliebenden) Schwänze an der Wasseroberfläche anreichern. Dies tun sie, da die lipophilen Schwänze keinen Wasserkontakt mögen. Deshalb zeigen die lipophilen Schwänze dabei aus dem Wasser. Da nun Tenside die Wasseroberfläche bedecken und einen Molekülteil nach außen ins Gas strecken, werden die Kräfte, die die angrenzenden Moleküle in Richtung Gas ziehen, größer. Dadurch sinkt die Oberflächenspannung. Doch ab einer bestimmten Konzentration können sich die Tenside hier nicht mehr anreichern, sie bilden Mizellen. Als Kritische Mizellbildungskonzentration (CMC) bezeichnet man den Moment, ab dem eine weitere Zugabe von Tensiden nicht mehr zur Verringerung der Oberflächenspannung führt, sondern zur Bildung von Mizellen.

Um dies nachzuweisen, machten wir mit einem Ringtensiometer Messungen von verschiedenen Konzentrationen eines Tensides. Dabei wird ein Metallring in die zu messende Flüssigkeit getaucht und dann langsam aus der Flüssigkeit gezogen. Die Flüssigkeit bleibt dann wie ein Film an dem Ring haften, bis die Oberflächenspannung nicht mehr groß genug ist, um dem Zug standzuhalten und der Wasserfilm reißt. Es wird die Kraft eines von dem Ring hochgezogenen Flüssigkeitsfilms gemessen. Das haben wir bei jeder Konzentration zweimal durchgeführt und den Mittelwert in ein Diagramm eingefügt.

In Abbildung 1 stellen die schwarzen Punkte unsere Messwerte dar und die roten Geraden

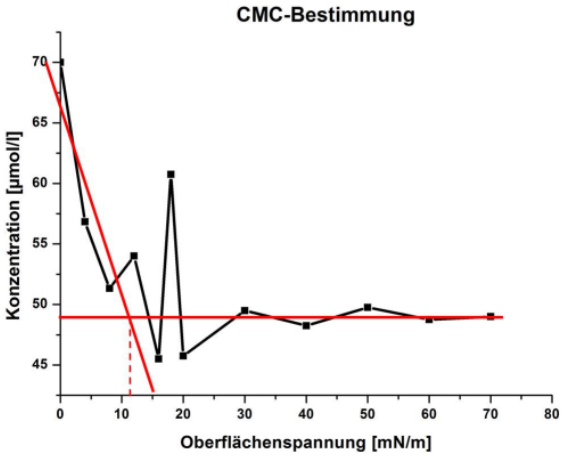


Abbildung 1: Graph und Auswertung zur CMC

die Trendlinien. An dem Punkt, an dem sich die beiden roten Geraden schneiden, kann man die Kritische Mizellbildungskonzentration ablesen.

Zum Abschluss des Eröffnungswochenendes haben wir selbst eine Emulsion hergestellt. Dabei haben wir versucht, Wasser und Erdnussöl miteinander zu vermischen. Dies taten wir erst ohne Zusatzmittel und dann mit Hilfe von Emulgatoren. Dazu haben wir 100 g Wasser mit einem Farbstoff versetzt und ordentlich geschüttelt, um ihn gut zu verteilen. Als nächstes gaben wir 60 g des Öls hinzu und schüttelten dieses Gemisch kräftig. Wir bemerkten hier, dass sich schon nach kurzer Zeit das Wasser und das Öl trennten.

Um diese Trennung hinauszuzögern, stellten wir eine zweite Emulsion her. Hierbei wurde zu dem Gemisch 20 g Tween® 80 und 20 g Propylenglykol gegeben. Zum Abschluss konnte jeder seinem Gemisch bis zu 20 Tropfen ätherisches Öl beimischen. Nach erneutem Schütteln dauerte es merklich länger, bis sich das Öl und das Wasser trennten. Das liegt daran, dass das Tween® 80 ein Emulgator (ein Tensid) ist, welches in dem Gemisch zu der Bildung von Mizellen führte. In diese wurde das Öl einschlossen, weshalb Öl und Wasser auch länger gemischt blieben. Das Propylenglykol ist eine Substanz, die die Haltbarkeit der Rezeptur verlängert.

Dieses Gemisch, das man als Badezusatz benutzen kann, durften wir am Ende des Eröffnungswochenendes mit nach Hause nehmen und dort selbst ausprobieren.

Curcumin und Hesperitin

Clemens Röger

Wir haben uns während der Zeit im Sommer ausführlich mit Curcumin und Hesperitin beschäftigt, da wir diese Wirkstoffe für unsere Transportsysteme verwendet haben.

Bei Curcumin handelt es sich um einen gelben und geruchlosen Feststoff, welcher schmerzlindernd, endzündungshemmend und wahrscheinlich auch krebshemmend wirkt. Es wird aus der Gelbwurzel, auch Kurkuma genannt, gewonnen.

Curcumin ist ein wesentlicher und traditioneller Bestandteil des Gewürzes Curry, wodurch die typisch gelb-orange Farbe zustande kommt.

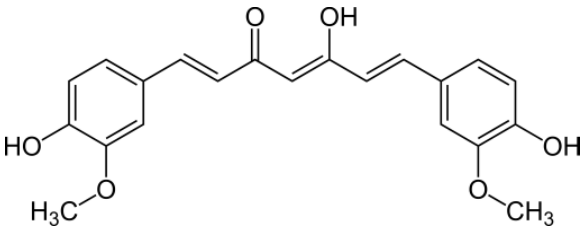


Abbildung 2: Strukturformel des Curcumin

Curcumin wird in der Lebensmittelindustrie als Farbstoff unter dem Namen E 100 geführt, zum Beispiel bei der Färbung von Margarine, Senf etc. E 100 hat eine geringe Bioverfügbarkeit (Aufnahme einer Substanz ins Blut). Es ist schwer wasserlöslich und wird deshalb im Magen-Darm-Trakt nur in einem sehr geringen Maß absorbiert. Durch Erhitzen oder Auflösen in Öl wird die Bioverfügbarkeit von in Lebensmitteln enthaltenem E 100 gesteigert. Ein Curcumin-Phospholipid-Komplex hat eine 29-fach höhere Bioverfügbarkeit als herkömmliches Curcumin.

Ergänzung: In einem Forschungsprojekt der Universität Hohenheim wurde Curcumin in Mizellen, die vom Körper leichter aufgenommen werden, ohne dass der Wirkstoff chemisch verändert wurde, eingebettet. Mit dem Ergebnis, dass die Bioverfügbarkeit gegenüber herkömmlichem Curcumin-Pulver um das ca. 180-fache erhöht und außerdem eine schnellere Absorption erreicht wird. Curcumin kann gut durch die Haut aufgenommen werden, weshalb es auch in Cremes benutzt wird.

Der zweite Wirkstoff, mit dem wir uns befassten, war Hesperitin. Diesen haben wir bei den Hautversuchen an Stelle von Curcumin benutzt, da es zu ähnlichen Ergebnissen wie Curcumin führt. Gleichzeitig konnten wir Hesperitin aber besser nachweisen, da die Kollegen unserer Kursleiterin an der Universität Marburg bereits mit diesem Wirkstoff vertraut und eingearbeitet sind.

Hesperitin ist ein hellgelber Feststoff, der leicht durchsichtig ist. Dieser kann den Cholesterinspiegel senken und Nervenzellen vor schädigenden Einflüssen schützen. Der Wirkstoff wird aus Schalen von Zitrusfrüchten gewonnen, wie zum Beispiel Orangen.

Die Bioverfügbarkeit ist vergleichbar gering wie bei Curcumin, weswegen man ebenfalls Formulierungen mit Hesperitin herstellt, um den Wirkstoff freizusetzen.

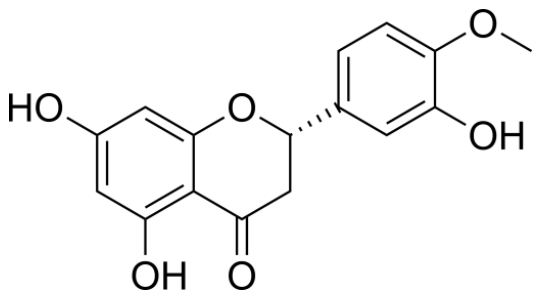


Abbildung 3: Strukturformel des Hesperitin

Aufbau von Liposomen, Mizellen und Nanopartikeln

Jule Spinner

Um unseren Wirkstoff Curcumin in die Haut zu bekommen, braucht es „Transportsysteme“. Diese „Transportsysteme“ sind Mizellen, Liposomen und Nanopartikel, die aus Lipiden bestehen.

Lipide sind Fette und haben einen hydrophilen (wasserliebenden) Kopf und einen oder zwei lipophile (fettliebende) Schwänze (siehe Abbildung 4). Insgesamt ist das Lipid also hydrophil und lipophil, und somit amphiphil.

Da der Schwanz lipophil ist, versucht er, den Kontakt mit Wasser zu vermeiden. Daher „schwimmen“ Lipide im Wasser an der Wasseroberfläche, sodass der Schwanz aus dem Wasser

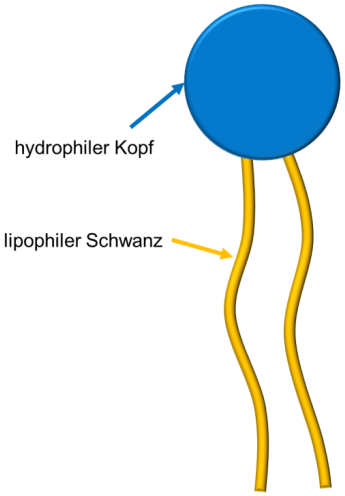


Abbildung 4: Aufbau von Lipiden

ragt und nur der hydrophile Kopf im Wasser ist. Wenn aber die Wasseroberfläche mit Lipiden gesättigt ist, sinken die Lipide ins Wasser ab und lagern sich dort zu Mizellen und Liposomen zusammen.

Auch in diesen Anordnungen vermeiden die Schwänze den Kontakt mit Wasser. Sie bilden daher eine Art Kugel, bei der sich die hydrophilen Köpfe nach außen und die lipophilen Schwänze nach innen anordnen.

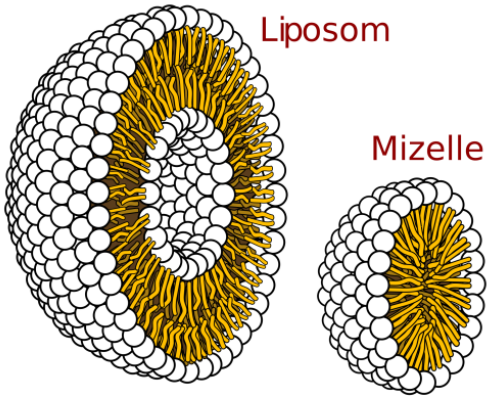


Abbildung 5: Aufbau von Liposomen und Mizellen

Das Besondere an Liposomen ist, dass sie eine Doppelmembran bilden, die aus einer Doppellipidschicht besteht (siehe Abbildung 5). Das heißt, dass sie sowohl außen als auch innen hydrophile Köpfe aufweisen. So können sich lipophile Wirkstoffe zwischen den lipophilen Schwänzen und hydrophile Wirkstoffe bei den hydrophilen Köpfen im Inneren des Liposoms einlagern.

Unser Wirkstoff ist lipophil und befindet sich daher zwischen den Schwänzen. So können wir auch Mizellen verwenden, da diese nur eine Membran bilden und nur lipophile Wirkstoffe zwischen den Schwänzen einlagern können.

Liposomen sind mit 150 bis 300 nm deutlich größer als Mizellen, die bis zu 80 nm groß sind. Das liegt an den unterschiedlichen Formen der Lipide. Die Lipide in Mizellen haben meist nur einen lipophilen Schwanz und sind kegelförmig, nehmen also weniger Platz ein, und daher sind Mizellen kleiner als Liposomen. Die Lipide in Liposomen haben zwei Schwänze und eine Zylinderform. Durch diese Zylinderform und die Lipiddoppelschicht sind Liposomen größer als Mizellen.

Anders als Liposomen und Mizellen bilden Nanopartikel chaotische Anordnungen aus Lipiden um den Wirkstoff herum. Nanopartikel haben im Durchschnitt eine Größe von 80 bis 100 nm. Bei Nanopartikeln verwendet man andere Herstellungstechniken als bei Mizellen und Liposomen.

Herstellung von Liposomen und Mizellen

Phuong-Vy Ho

Für die Herstellung von Liposomen und Mizellen konnten wir verschiedene Lipide verwenden. Je nach Lipid bildeten sich entweder Liposomen oder Mizellen. Für diese wurden mehrere Formulierungen ausprobiert. Für die Herstellung von Liposomen verwendeten wir Phospholipon® 80H, Lipoid® S100 oder Cholesterol; für Mizellen wurde PEG 40S oder Stearinsäure zugesetzt. Diese Substanzen haben wir entsprechend abgewogen und in einen Rundkolben gegeben. Anschließend wurde eine Curcumin-Stammlösung und Ethanol hinzugegeben. Bei der Herstellung von Liposomen und Mizellen konnte eine Stammlösung verwendet werden, weil wir nur geringe Mengen von Curcumin brauchten und diese als Pulver nicht abwiegen konnten.

Danach wurde das Ethanol mit Pressluft abgedampft, und als das Ethanol komplett verdampft war, blieb nur noch ein Lipidfilm am Boden des Kolbens zurück.

In den Kolben gaben wir nun PBS-Puffer (phosphate buffered saline, Phosphat-Puffer pH 7,4), dann wurde kräftig geschüttelt, damit sich der komplette Lipidfilm von der Wand lösen konnte. Durch den Kontakt mit Wasser haben sich Liposomen und Mizellen gebildet.

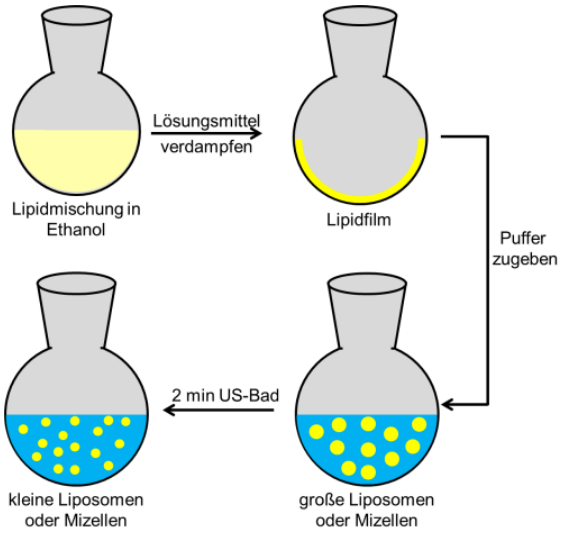


Abbildung 6: Herstellung von Liposomen und Mizellen

Den Kolben hielten wir anschließend in ein Ultraschallbad, um die Liposomen oder Mizellen zu verkleinern. Auf Grund der Lichtbrechung konnten wir erkennen, ob Liposomen oder Mizellen entstanden waren. Da Liposomen größer als Mizellen sind, wurden die Formulierungen der Liposomen eher trüb und die der Mizellen klar.

Herstellung von Nanopartikeln

Phuong-Vy Ho

Bei der Herstellung von Nanopartikeln wurden, wie auch bei der der Liposomen und Mizellen, Lipide abgewogen und zusammen mit dem Curcumin-Pulver in einem Becherglas erhitzt. Wenn die Stoffe sich verflüssigt hatten, fügten wir unter Rühren tropfenweise heißes, destilliertes Wasser hinzu. Anschließend wurde das Becherglas in ein Eisbad gestellt, und wir gaben wieder unter Rühren tropfenweise kaltes, destilliertes Wasser hinzu. Dadurch kam es zur Bildung von Nanopartikeln.

Abbildung 7: Nanopartikelherstellung: Zutropfen von kaltem, destilliertem Wasser im Eisbad

Zum Schluss mussten wir die Formulierung zentrifugieren, um die Aggregate von der Lösung zu trennen. Aggregate sind Nanopartikel, die auf Grund der Verklumpung keinen Wirkstoff freisetzen können. Je klarer die Lösung am Ende war, desto kleinere Nanopartikel hatten sich gebildet.

Freisetzungsversuche an den Franzschen Zellen

Malte Seeling

Um die Freisetzung des Curcumins durch die Haut zu simulieren, benutzten wir Franzsche Zellen. Diese sind jedoch, anders als der Name vermuten lässt, keine Zellen, sondern ca. 10 cm große Gefäße aus Glas, und ihr Aufbau ist in Abbildung 8 gezeigt.

Zwischen dem Donor-Bereich im oberen Teil des Glaszylinders und dem Akzeptor-Bereich im unteren Teil ist eine Membran eingespannt. Die Poren der Membran sind so klein, dass nur der Wirkstoff diese durchdringen kann und somit die Mizellen, Liposomen und Nanopartikel nicht. Dadurch kann die Freisetzung des Wirkstoffes gemessen werden. Im oberen Teil des Akzeptor-Bereiches der Franzschen Zelle befindet sich ein abgewinkeltes Glasröhrchen, das der Probeentnahme dient.

Die Franzschen Zellen wurden mit 50 %igem Ethanol gefüllt, da der Wirkstoff Curcumin nicht in reinem Wasser löslich ist. Das Ethanol wurde zuvor fünf Minuten im Ultraschallbad entgast, damit sich keine Luftbläschen unter der Membran bilden, die die Freisetzungsergebnisse verfälschen könnten. Um die äußeren Bedingungen der Simulation an der Membran so echt wie möglich zu gestalten, wurde der Inhalt der Franzschen Zelle auf die Temperatur der Haut ($T = 35\,°C$) erwärmt. Damit eine kontinuierliche Vermischung und eine konstante Temperatur erreicht werden konnten, wurde der Inhalt auf einer Rührplatte mit Hilfe eines Magnetrührstäbchens, auch Rührfisch genannt, vermischt.

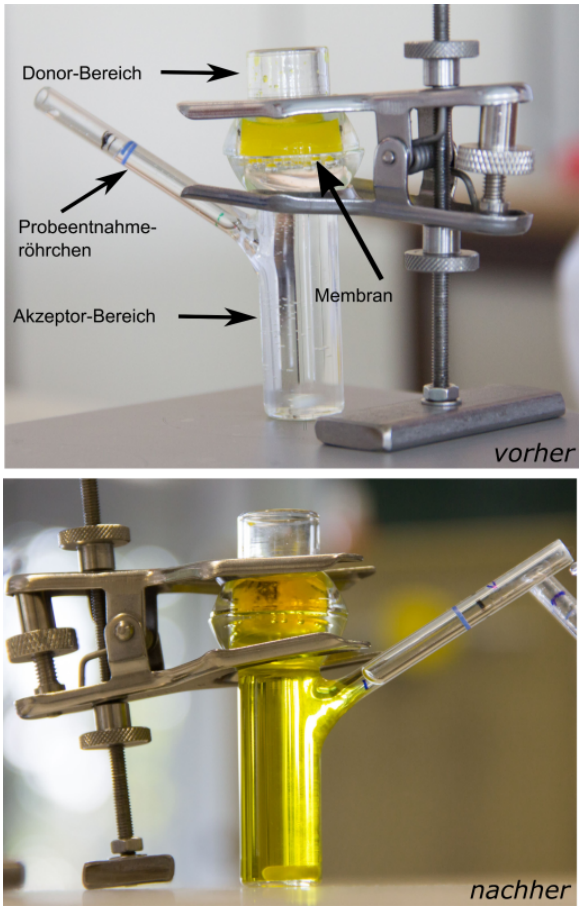


Abbildung 8: Franzsche Zellen vor und nach der Freisetzung einer Curcuminformulierung

Nach diesen Vorbereitungen wurde die Formulierung auf die Membran pipettiert. Das Curcumin wanderte nun langsam durch sie hindurch. Um genau zu messen, in welchen Zeitabständen der Wirkstoff freigesetzt wurde, mussten

zu unterschiedlichen, festen Zeiten Proben von jeweils 350 µl entnommen werden. Diese entnahmen wir mit Hilfe von Pasteurpipetten mit langer Spitze durch das Probeentnahmeröhrchen. Dabei war zu beachten, dass die Proben nicht im Röhrchen, sondern in der Kammer entnommen wurden, da das Curcumin nicht in das Röhrchen aufsteigt. Proben zogen wir zunächst in kürzeren Zeitabständen (nach 5, 10, 15 min), danach alle 15 Minuten und am nächsten Tag. Nach dem Ziehen einer Probe musste die Franzsche Zelle sofort wieder mit neuem 50 %igem Ethanol aufgefüllt werden.

Zur Analyse wurden die Proben an die Gruppe der UV/Vis-Spektrometrie weitergegeben.

UV/Vis-Messungen

Alina Huber

Mit einem UV/Vis-Spektrometer wird die Konzentration eines bestimmten Stoffes gemessen. Dies geschieht, indem durch eine Lichtquelle Lichtstrahlen auf ein Prisma gestrahlt werden. Dieses bricht das Licht, sodass nur eine bestimmte Wellenlänge durch die Probe gelangt und deren Absorption gemessen werden kann (schematischer Aufbau eines UV/Vis-Spektrometer siehe Abbildung 9). Absorption bedeutet, dass eine bestimmte Menge Licht von dem Curcumin aufgenommen wird und nicht durch die Küvette auf den Detektor trifft, also nicht gemessen wird.

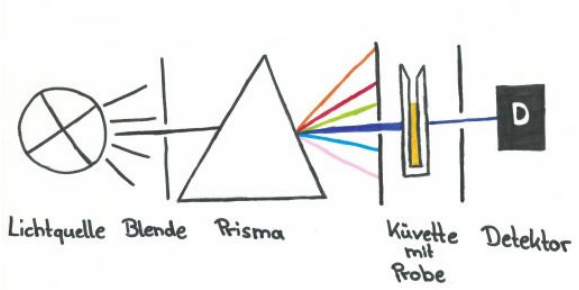


Abbildung 9: Aufbau und Funktionsweise eines UV/Vis-Spektrometers

Nach dem Einschalten des Gerätes mussten wir jedoch erst den Nullwert des Lösungsmittels bestimmen. Dazu füllten wir 50 %iges Ethanol in eine Küvette und stellten dessen Absorption als Nullwert ein, um nur die Absorption des Curcumins zu messen.

Als nächstes erstellten wir mit dem UV/Vis-Spektrometer ein Spektrum. Hierfür strahlten wir alle Wellenlängen durch eine Küvette mit einer Curcumin-Lösung und beobachteten, bei welcher Wellenlänge das Curcumin am meisten Licht absorbierte. Auch wenn unser Spektrum nicht so aussah wie erwartet (siehe Abbildung 10), konnten wir dennoch die optimale Wellenlänge ($\lambda = 417\,\text{nm}$) herausfinden, woraufhin wir mit dieser weiterarbeiteten, damit wir auch geringe Konzentrationen von Curcumin messen konnten.

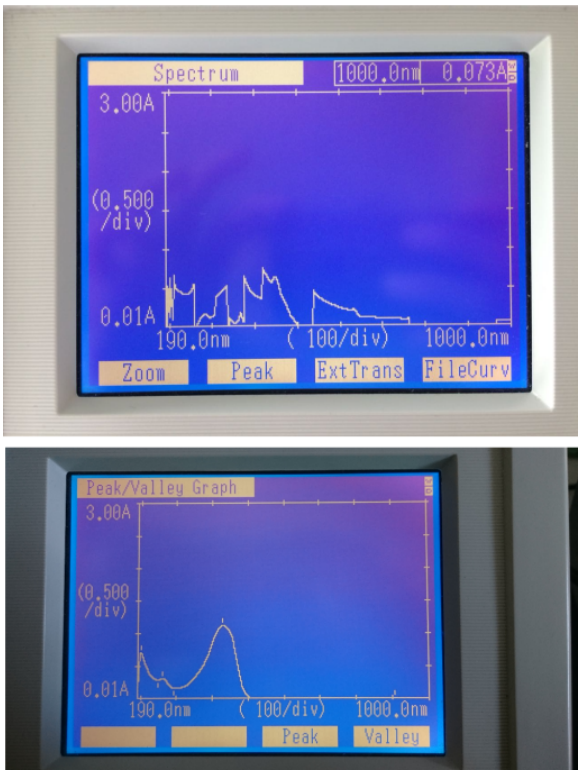


Abbildung 10: Spektren von Curcumin; oben: unser Spektrum, unten: Sollspektrum von Curcumin (y-Achse: Absorption, x-Achse: Wellenlänge [nm])

Um nun von der Absorption auf die Konzentration schließen zu können, erstellten wir im nächsten Schritt eine Kalibriergerade. Dafür bestimmten wir die Absorption bekannter Curcumin-Konzentrationen, fügten diese Werte in einen Graphen ein und erhielten eine fast gerade Linie. Schließlich ergänzten wir noch die Trendlinie in dem Graphen, worauf eine lineare Gleichung ersten Grades ausgegeben wurde.

Nun konnten wir die Absorptionen der Pro-

ben, die wir von den Experimentatoren der Franzschen Zellen erhielten, mit dem UV/Vis-Spektrometer messen, die Konzentration mit Hilfe der Formel berechnen und die Freisetzungsgraphen erstellen. Die Proben wurden immer so gemessen, dass die Proben einer Formulierung nacheinander, mit aufsteigender Curcumin-Konzentration, also nach aufsteigender Zeit, gemessen wurden. Nachdem wir alle Proben einer Formulierung gemessen hatten, spülten wir die Küvette mit 50 %igem Ethanol, um die Absorption der nächsten Proben nicht zu verfälschen.

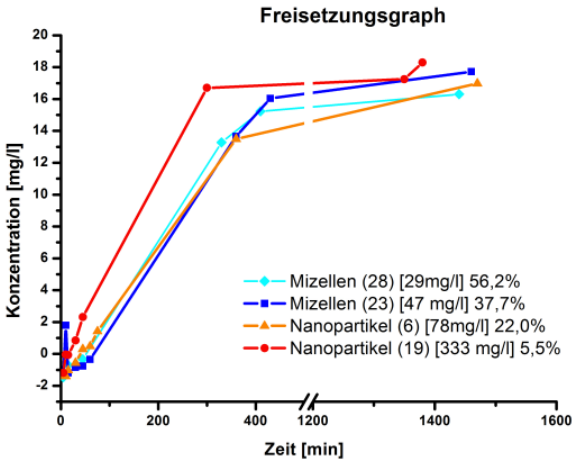


Abbildung 11: Freisetzung des Curcumins in verschiedenen Formulierungen im Vergleich

Abbildung 11 zeigt die Graphen einiger unserer Formulierungen. Wie zu erkennen ist, gaben alle vier Formulierungen in derselben Zeitspanne ungefähr gleich viel Curcumin ab. Nun könnte man meinen, dass die vier Formulierungen gleich gut seien, was aber nicht der Fall ist. In den Formulierungen mit Mizellen war deutlich weniger Curcumin enthalten und es wurden bis zu 60 % des Curcumins freigesetzt, in denen mit Nanopartikeln jedoch nur bis zu 25 %. Formulierungen mit Liposomen sind in diesem Graphen nicht enthalten, da diese alle sehr wenig Curcumin freisetzten, sodass wir dessen Absorption nicht messen konnten. Deshalb sind wir zu dem Ergebnis gekommen, dass Mizellen für die Versuche mit der Franzschen Zelle am besten geeignet sind und Liposomen am wenigsten. Außerdem stellten wir fest, dass nach spätestens sieben Stunden bei den meisten Formulierungen fast kein weiteres Curcumin mehr freigesetzt wurde.

Hautaufbau, Penetrationswege und Membranaufbau

Dana Bostedt, Tami Gibson

Da wir unsere Formulierungen auch direkt an Schweinehaut und menschlicher Haut testen wollten, haben wir uns zunächst mit dem Aufbau der Haut beschäftigt, um den Weg des Wirkstoffes durch die Haut nachvollziehen zu können.

Unsere Haut ist in drei Schichten, die Epidermis (Oberhaut), die Dermis (Lederhaut) und die Subcutis (Unterhaut), gegliedert. Die oberste Hautschicht, die Epidermis, lässt sich in fünf Schichten unterteilen:

Von außen nach innen: das „stratum corneum“, das „stratum lucidum“, das „stratum granulosum“, das „stratum spinosum“ und das „stratum basale“. Im „stratum basale“ werden durch Zellteilung neue Zellen gebildet, die dann durch die anderen Schichten nach oben wandern, dabei langsam absterben und den sogenannten Lipidmörtel bilden. Das bedeutet, dass zwischen den Zellen eine lipophile Masse entsteht und die Zellen dadurch zusammengehalten werden.

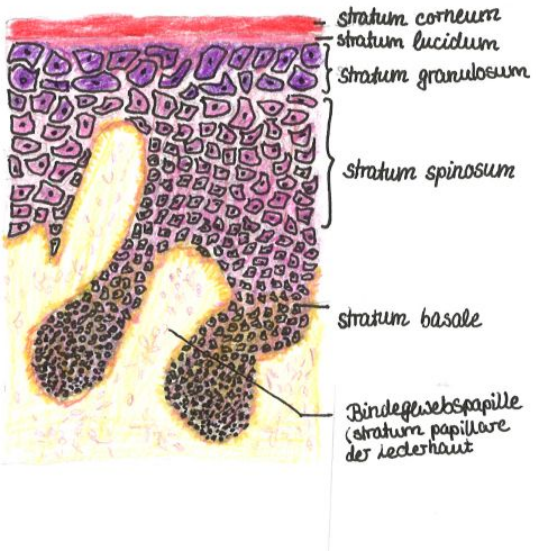


Abbildung 12: Aufbau der Epidermis

Anders als in den anderen Schichten befinden sich in der obersten Schicht der Epidermis, also dem „stratum corneum“, nur abgestorbene Zellen. In der gesamten Epidermis sind keine Blutgefäße vorzufinden. Anders ist dies bei der Dermis: In dieser befinden sich Blutgefäße,

Nervenfasern, Talgdrüsen, Haarwurzeln und Schweißdrüsen. Sie gilt als die stärkste Hautschicht.

In der Subcutis liegen weitere Blutgefäße sowie Fettgewebe und eine Bindegewebsschicht vor, die die Knochen, Muskeln und Organe vor Druck, Wärmeverlust und Stößen schützen.

Damit eine Wirkung erzielt werden kann, muss der Wirkstoff mindestens bis in die Dermis eindringen, da er in die Blutgefäße gelangen muss, die in der Epidermis nicht vorhanden sind. Deshalb haben wir uns Gedanken gemacht, wie wir den Wirkstoff in die zweite oder dritte Schicht unserer Haut eindringen lassen können.

Penetrationswege

Soll ein Wirkstoff über die Haut in den Körper aufgenommen werden, so stehen diesem verschiedene Wege durch die Haut zur Verfügung – die Penetrationswege. Mit vier von diesen möchten wir uns im Folgenden genauer beschäftigen.

Bei dem transglandulären Penetrationsweg geht der Wirkstoff durch Talg- oder Schweißdrüsen in die Haut, und zwar direkt in die Subcutis oder die Dermis, also zu den Blutgefäßen. Das Problem dabei ist jedoch, dass Schweiß oder Talg aus den Drüsen austritt, während der Wirkstoff in die Haut hinein gelangen soll. Deswegen ist noch nicht geklärt, ob dieser Weg für die Wirkstoffe auch wirklich genutzt werden kann.

Im Gegensatz dazu ist beim transfollikulären Penetrationsweg schon wissenschaftlich bewiesen, dass Nanopartikel über Haarfollikel (Struktur, die das Haar umgibt) direkt in die Lederhaut gelangen können, indem sie an dem Haar nach unten gleiten.

Da jedoch nicht überall solche Follikel oder Talg- und Schweißdrüsen zu finden sind, muss der Wirkstoff auch andere Wege verwenden, um zu den Blutgefäßen in der Lederhaut und der Subcutis zu kommen. Hierbei unterscheidet man zwischen dem interzellulären und dem transzellulären Penetrationsweg.

Bei dem interzellulären Penetrationsweg gelangt der lipophile Wirkstoff durch die lipophilen Zellzwischenräume hindurch. Der Wirkstoff

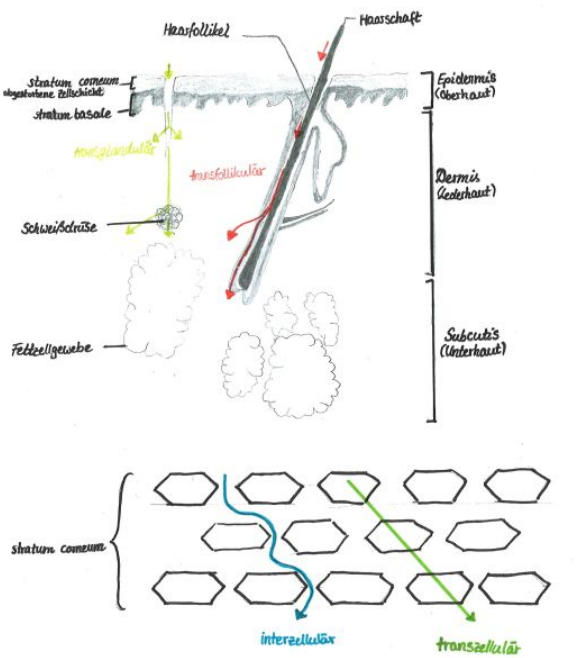


Abbildung 13: Penetrationswege und Hautaufbau

Curcumin, der bei uns Anwendung fand und das vorherige Kriterium erfüllt, würde vermutlich diesen Weg nehmen.

Durch die hydrophilen Zellen und die lipophilen Zellzwischenräume gelangt der Wirkstoff bei dem transzellulären Penetrationsweg. Dafür muss der Wirkstoff jedoch amphiphil sein. Da Curcumin lipophil ist, lässt sich dieser Transport wahrscheinlich nicht auf Curcumin anwenden. Außerdem ist ein weiteres Problem des transzellulären Penetrationsweges, dass sich in den Zellen Keratin (Feststoff, der sich auch in den Haaren befindet) anreichert und zusätzlich den Transport durch die Zellen erschwert.

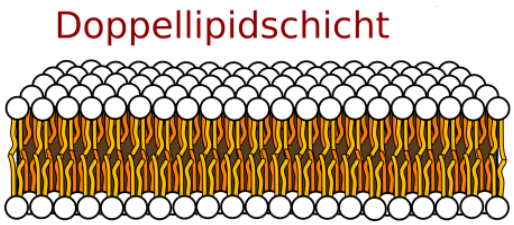
Unser Ziel war es, den Wirkstoff Curcumin so tief wie möglich in die Haut eindringen zu lassen. Dazu können die oben erklärten Penetrationswege durch den Okklusionseffekt verbessert werden.

Unter dem Okklusionseffekt versteht man das Bedecken der Haut durch einen lipophilen Stoff. Durch diese Schicht wird das Austreten von Wasser durch die Haut verhindert, was zu einer gesteigerten Hauthydration und einer Reduktion des Wasserverlustes führt. Durch das Aufquellen der Haut, die dadurch durchlässiger wird, kann der Wirkstoff tiefer in die Haut eindringen, und die Penetration wird gesteigert.

Im Gegensatz dazu bezeichnet der Dochteffekt den Wasserentzug, der durch die Flüssigkeitsverdunstung einer Öl-/Wasser-Emulsion entsteht. Dieser wird angewendet, wenn man eher fettige Haut hat und diese trockener machen möchte. Der Dochteffekt wirkt also feuchtigkeitsentziehend. Da hierbei Wasser entzogen wird, doch der Wirkstoff in die Haut hineingelangen muss, wirkt dieser Effekt der Penetration entgegen.

Membranstruktur

Die gerade beschriebenen Hautschichten bestehen aus Zellen, die von Membranen umgeben sind. Ohne diese Membranen gäbe es keine Zellen und somit auch kein Leben. Sie verhindern den Abbau bestimmter Substanzen und schützen unsere Zelle vor der Vermischung der organellspezifischen Substanzen und erlauben damit die Spezialisierung von Organellen. Der Wirkstoff muss durch die Membran hindurch, um über die Zelltransportsysteme in die Zellen zu gelangen, wo er seine Wirkung entfalten kann. Um einen Weg durch die Membran zu finden, haben wir uns deren Aufbau und Funktion genauer angeschaut.



Unsere Membran besteht zum Großteil aus Lipiden, die aus einem hydrophilen Kopf und zwei lipophilen Schwänzen bestehen. Diese Phospholipide bilden zusammen mit Proteinen eine Doppellipidschicht, die aus zwei einzelnen, parallelen Monolayern von Lipidmolekülen besteht und eine ungefähre Dicke von 5 nm hat. Ihre hydrophilen Köpfe ragen nach außen, und die lipophilen Schwänze werden im Inneren durch hydrophobe Wechselwirkungen zusammengehalten. Die Aufgabe dieser besteht darin, eine Barriere gegen das Entweichen von Zellbestandteilen zu bilden. Der Nährstoff- und Abfallaustausch wird durch die Membran mit ihren hochselektiven Kanälen, Pumpen, Sensoren und Transportproteinen ermöglicht. Die Eigenschaften der verschiedenen Monolayer hängen von der Länge und dem Sättigungsgrad (Reaktivität) der lipophilen Schwänze ab.

Um das zu veranschaulichen, haben wir uns das Modell für die Membranstruktur, das sogenannte Flüssig-Mosaik-Modell, angeschaut. Dieses beschreibt, dass eine Membran ein „Mosaik“ aus Lipiden und Proteinmolekülen ist und sich wie eine Flüssigkeit verhält. Durch die seitlichen Bewegungen der in der Membran eingelagerten Proteine befindet sich die Membran nicht in einem starren, sondern in einem dynamischen und fluiden Zustand.

Die Membranfluidität ist von der Temperatur und der Membranzusammensetzung abhängig. Sinkt die Temperatur, wird sie gelartig. Diesen Übergang nennt man Phasenübergang. Besonders im flüssigen Bereich ist die Membran flexibel, sodass Bewegungen möglich sind. Wenn die einzelnen Lipide aus ihrer Form verdrängt werden, schließen sie sich wieder zusammen. Das funktioniert auf drei verschiedene Arten, neben der bereits bekannten lateralen (seitlichen) Bewegung. Zunächst gibt es die Rotation, was bedeutet, dass sich das Lipid entlang der vertikalen Achse drehen kann. Wenn sich das Lipid biegt, spricht man von der sogenannten Flexion. Im seltensten Fall kommt es zu dem Phänomen des Flip-Flop. Hierbei wechselt das Lipid, welches zuvor im äußeren Monolayer auftrat, in den inneren Monolayer. Dies gilt auch im umgekehrten Fall.

In der Membran gibt es nicht nur eine Art von Proteinen: Die vielen verschiedenen Membranproteine, wie zum Beispiel Transportproteine, Rezeptorenen, Ankerproteine und Enzyme, sind innerhalb der Membran frei beweglich. Ihre Aufgaben sind der Membrantransport und der Zell-Zell-Kontakt, der auch „junction“ genannt wird, und der Verbindung sowie der Kommunikation und der Permeabilitätsbarriere (Durchdringungsbarriere) der Zellen dient. Anhand dieses Modells konnten wir die Phospholipid-Doppelschicht, die die Zellen und Zellorganellen umhüllt, gut verstehen. Die Doppellipidschicht fungiert als Barriere für polare Substanzen. Mit Ausnahme von Wasser, das

passiv durch die Membran dringen kann, benötigen alle polaren Substanzen spezielle Transportsysteme.

Schweinehautversuche

Malte Seeling

Um unsere Formulierungen auch an echter Haut zu testen, haben wir Schweinehaut benutzt, da diese ähnlich wie Menschenhaut aufgebaut ist. Hierfür wurden uns zwei Schweineohren zur Verfügung gestellt. Ziel war es, die Schweinehaut anstelle der Membran in die Franzsche Zelle einzuspannen.

Zunächst mussten die Verletzungen an der Haut markiert werden, da diese Hautstücke die Messungen verfälschen würden und daher unbrauchbar waren. Anschließend wurde die Haut mit einem Skalpell von dem Schweineohr abgetrennt.

Danach wurden Stücke der Haut auf Größe der Membranen ausgestanzt, ausgeschnitten und in einem Wasserbad für 4 min auf 50 °C erhitzt. Nun sollte die Epidermis der Schweinehaut abgelöst werden, was jedoch bei beiden Schweineohren nicht funktionierte. Ein möglicher Grund dafür ist, dass nach der Schlachtung der Schweine Vorbehandlungen der Haut durchgeführt wurden. Deshalb war es leider nicht möglich, die Freisetzung des Curcumins durch die Schweinehaut zu messen und mit der Freisetzung durch die Membran zu vergleichen.

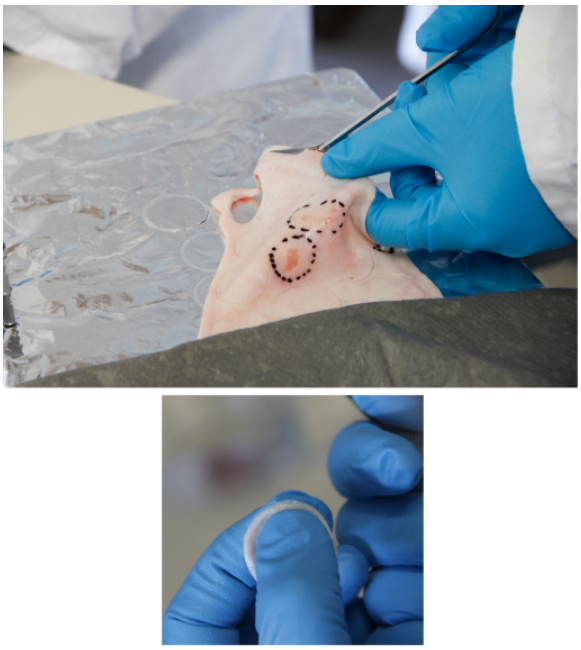


Abbildung 15: Ablauf der Schweinehautversuche
oben: Ausschneiden der Hautstücke
unten: Abziehen der Epidermis

Tape-stripping

Andreas Pietzcker

Wir wollten unsere Formulierungen auch an menschlicher Haut – genauer gesagt: an der unserer Kursleiter – testen, die aus offensichtlichen Gründen nicht in Franzsche Zellen eingespannt werden kann. Das bedeutet auch, dass wir eine andere Methode zur Probenentnahme benötigten. Diese Methode heißt tape-stripping (engl. Klebeband abziehen), und sie funktioniert wie folgt:

Anders als bei Franzschen Zellen gibt es in unserer Haut kein Probeentnahmeröhrchen. Stattdessen werden beim tape-stripping die obersten Zellen des stratum corneum und der Wirkstoff, unter Zuhilfenahme eines Klebestreifens abgezogen. Diese Klebestreifen werden dann verwendet, um Aussagen zu treffen, wie tief der Wirkstoff freigesetzt wurde. Wenn auf den ersten Klebestreifen viel Wirkstoff ist, also in den oberen Zellschichten der Epidermis, hat das Trägersystem (Mizellen, Liposomen, Nanopartikel) weniger gut funktioniert, als wenn er bei den letzten Klebestreifen, also tief in dem stratum corneum, gefunden wird.

Beim tape-stripping wird eine bestimmte Menge Trägersystem (in unserem Fall 100 µl), auf eine markierte Hautstelle aufgetragen. Daraufhin wurde der Wirkstoff 5 min lang inkubiert. Inkubation ist die Zeit, in der man die Formulierung in die Haut einziehen lässt.

Nach fünf Minuten saugten wir die verbliebene Flüssigkeit mit einem Papiertuch auf. Das ist die erste Probe, und diese wird später ebenfalls analysiert. Im Tuch ist der ganze Wirkstoff, der nicht eingezogen ist.

Danach nahmen wir Tesafilm-Proben, dies ist das tape-stripping. Dazu wird ganz normaler handelsüblicher Tesafilm auf die Hautstelle aufgedrückt und dann sofort wieder abgezogen. Die Prozedur wiederholt man neun Mal, so-

dass wir am Ende zehn Proben hatten.

Die Proben werden zuerst in sehr kleine Glasperlen getaucht, da der Klebestreifen immer noch klebt. Diese haften auf der klebrigen Seite und verhindern somit, dass der Streifen im Probenglas kleben bleibt. Sie haben keinen Einfluss auf die Messung des Wirkstoffes, da sie vor der Messung herauszentrifugiert werden.

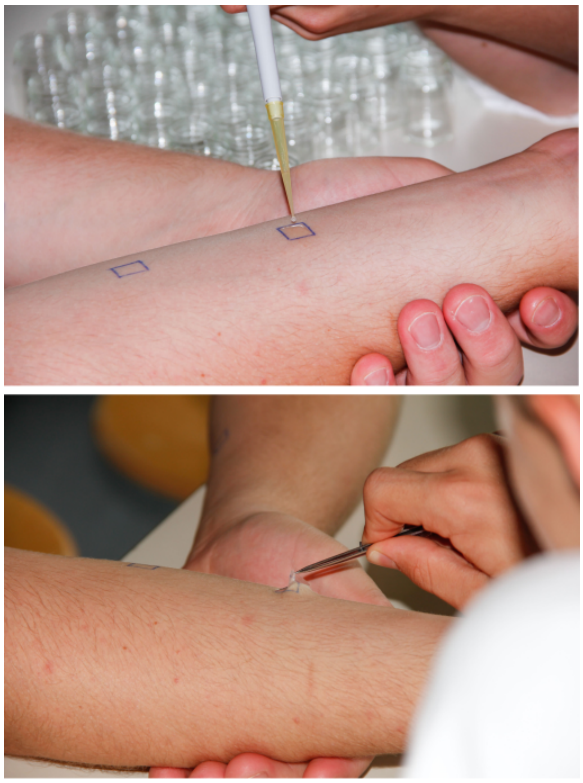


Abbildung 16: Ablauf des tape-stippings; oben: Auftragen der Formulierung; unten: Abziehen des Klebestreifens

Mit Hilfe der Messergebnisse konnten wir auswerten, wie groß die Menge des tatsächlich in der Haut angelangten Wirkstoffes ist und wie tief er in die Haut eindrang. Wenn wir mehr Wirkstoff auf die Haut gegeben hatten, als durch Addition aller Messwerte erhalten wurde, gibt es mehrere Interpretationsmöglichkeiten:

1. Der Wirkstoff ist tiefer in die Haut eingezogen, als unsere Messung gereicht hat, was sehr erfreulich wäre.
2. Die Testperson hat gewackelt und ein Teil des Wirkstoffes hat den Messbereich (das Feld von 1 cm^2) verlassen.
3. Es wurde am Anfang zu wenig pipettiert.

Wenn die Differenz nur sehr gering ist, kann es einfach nur an der Messungenauigkeit liegen.

HPLC, Ergebnisse tape-stripping

Eva Tilscher

Im Kurs Chemie/Pharmazie haben wir, mittels HPLC, tape-stripping-Proben aus dem Hautversuch analysiert. Unser Ziel war es, die Menge des Wirkstoffes Hesperitin in den Hautzellen auf den Klebestreifen zu ermitteln und auf diese Weise festzustellen, wie gut der Wirkstoff von der Haut aufgenommen wurde.

Die HPLC ist dabei eine Chromatographie und damit ein Trennverfahren zur Auftrennung von Stoffgemischen. Sind die Stoffgemische flüssig, spricht man von Flüssigchromatographie. In unserem Fall kam ein Gerät zum Einsatz, bei dem die Trennung durch Druck beschleunigt wird. Das Verfahren heißt Hochleistungsflüssigchromatographie, oder auf Englisch „High Pressure Liquid Chromatography“, und wird mit HPLC abgekürzt.

Die HPLC gehört zur Säulenchromatographie und wird in Bereichen wie der Umweltanalytik, Pharmazie, Lebensmittelchemie und Biochemie eingesetzt. In Adelsheim hatten wir leider kein eigenes HPLC-Gerät zur Verfügung und ließen deshalb unsere Proben, die wir hergestellt hatten, im Anschluss an die Sommerakademie an der Universität Marburg auswerten.

Ein HPLC-Gerät besteht aus einer Säule mit Siliziumpartikeln, die mit einer dünnen Schicht aus lipophilen Ketten umgeben sind. Diese Partikel bilden die stationäre Phase. Der Klebestreifen mit den Hautschuppen wird in 100 %igem Ethanol gelöst und die Lösung in das HPLC-Gerät gegeben. Anschließend kommt eine flüssige Phase, bestehend aus 50 % Methanol, 48 % Wasser und aus 2 % konzentrierter Essigsäure, hinzu. Sie wird unter Druck durch die Säule gepumpt. Auf Grund der lipophilen Oberfläche werden die Klebereste an der stationären Phase durch längere Wechselwirkungen festgehalten und die Probe mit dem Wirkstoff gelangt als erstes durch die Säule und kann somit von den Kleberesten getrennt werden. Am Ende der Säule ist eine Membran angebracht, die dafür sorgt, dass die stationäre

Phase im Gerät bleibt. Abbildung 17 zeigt das Funktionsprinzip eines HPLC-Gerätes vor und während einer Messung.

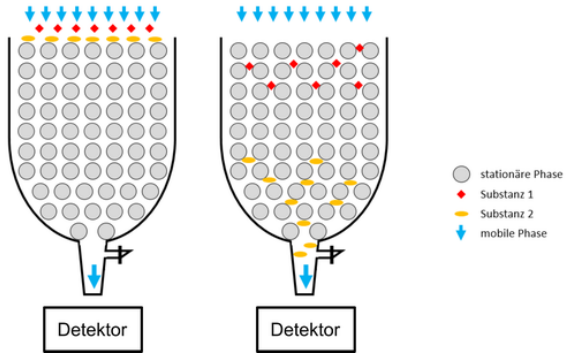


Abbildung 17: Skizze eines HPLC-Gerätes zu Beginn (links) und während der Messung (rechts)

Hinter der Membran befindet sich ein UV/Vis Spektrometer als Detektor, mit dem die Konzentration des zu untersuchenden Wirkstoffes in der Probe gemessen wird. Der Detektor muss mit dem zu untersuchenden Wirkstoff kalibriert werden und erkennt dann, welcher Anteil davon in der Probe enthalten ist. Wichtig ist es, dass die Messung abgeschlossen wird, bevor sich die Klebereste von der stationären Phase lösen und das Messergebnis im Spektrometer verfälscht wird. Die Messergebnisse erhielten wir von der Universität Marburg als Graph (Abbildung 18).

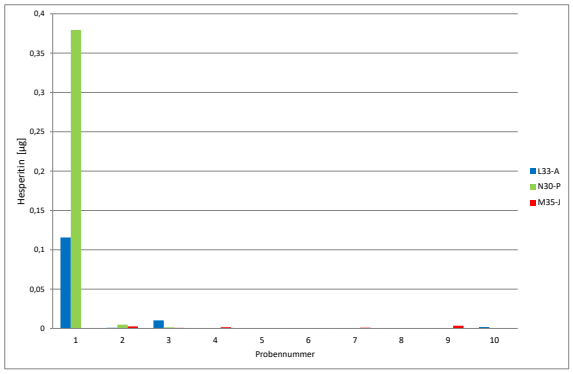


Abbildung 18: Liposomen bei Anna (blau), Nanopartikel bei Philipp (grün), Mizellen bei Jana (rot)

Auswertung: Die Nanopartikel (grüne Balken im Diagramm oben) waren fast ausschließlich in der obersten Hautschicht zu finden (Probennummer 1), schienen also fast gar nicht in die Haut eingedrungen zu sein; sie fanden sich hier jedoch in einer höheren Konzentration als Mizellen und Liposomen. Die Mizellen (rote Balken im Diagramm oben) waren nur in den Probennummer 2, 4 und 9 nachweisbar und dazu in äußerst geringer Konzentration. Die Liposomen fanden sich vor allem in den Probennummer 1, 3 und 10 wieder. Sie waren in der letzten Probe noch nachweisbar, sodass davon auszugehen ist, dass der Wirkstoff Hesperitin mit Hilfe der Liposomen am tiefsten in die Haut transportiert werden konnte.

Verbesserungsvorschläge: Da wir bei unserer Auswertung regelmäßig negative Messergebnisse bekommen haben, könnten wir das nächste Mal bei jedem Kursleiter als erstes eine Blindprobe machen, das heißt mit dem gleichen Kugelschreiber, Wasser, Tesafilm und ohne Wirkstoff, damit sich keine negativen Werte ergeben, da eine negative Freisetzung keinen Sinn macht. Dadurch wären unsere Ergebnisse noch genauer.

Fazit

Philipp Mayer

Die Akademie war einfach eine geniale Zeit. Die erfolgreiche Herstellung eigener Mizellen, Nanopartikel und Liposomen wurde durch labortechnische Analyse bestätigt. Außerdem bewirkte die geglückte Durchführung der Versuche an den Franzschen Zellen sowie der UV/Vis-Spektrometrie einen Synergie-Effekt, der die Gruppenproduktivität steigerte. Die Teilnehmer waren konzentriert und mit froher Natur und jeder Menge Herzblut bei der Kursarbeit dabei. Nachdem der erste Meilenstein überwunden war, fanden die Schülerinnen und Schüler schnell die Richtung und entwickelten neue Arbeitsweisen, sodass sie in Folge dessen selbstständiger wurden, sich gegenseitig halfen und zielstrebiger an die Arbeit herangingen.

War es ein Tiefschlag oder ein Erfolg, sie wuchsen an ihren Aufgaben jeden Tag über sich hinaus, verstanden sich untereinander grandios und hatten eine Menge Spaß. Die ganze Gruppe konnte ihren Horizont durch eine gelungene Akademiezeit, Freundschaften fürs Leben und Erlebnisse, die verbinden, erweitern. Vielleicht war diese Erfahrung für manche der Grundstein zum zukünftigen akademischen Werdegang.

Danksagung

Wir möchten in besonderem Maße dem Institut für pharmazeutische Technologie und Biopharmazie der Philipps-Universität Marburg für die Bereitstellung essentieller Laborgeräte danken. Außerdem einen herzlichen Dank an die Kollegen von Dr. Jana Brüßler, die in der Vor- und Nacharbeit zur Analytik beitrugen. Des Weiteren ein großer Dank an die Firma BRAND GmbH & Co. KG, die uns Kolbenhubpipetten und Zubehör zur Verfügung gestellt hatte, die bei der Präzision der Versuche unabdingbar waren. Zudem gebührt der Firma Joh. Vögele KG ein Dankeschön für die ätherischen Öle, da ohne sie die Badeemulsionen nicht einmal annäherungsweise so gut geduftet hätten. Ein großes Dankeschön geht an die Lipoid GmbH, ohne die die ganze Kursarbeit gar nicht möglich gewesen wäre, da sie uns die Lipide stifteten, mit denen wir unsere Mizellen und Liposomen herstellten.

Abschließend möchten wir uns ganz herzlich bei unseren Kursleitern bedanken, die uns diesen interessanten, abwechslungsreichen Kurs ermöglicht haben.

Jana – Mit ihrem umfassenden Fachwissen hat sie uns nicht nur das Kursthema näher gebracht, sondern auch geduldig alle Fragen, die uns über den Kurs hinaus interessiert haben, beantwortet. Hilfreiche Präsentationstipps, Erfahrung im Formatieren und Quellangaben richtig Setzen haben unseren Kurs bereichert. Liebevoll und geduldig hat sie sich für jeden einzelnen von uns Zeit genommen, um sicherzustellen, dass sich jeder integriert und wohlfühlt. All dies hat zu einem angenehmen Kursklima geführt!

Anna – Mit ihrer lustigen Känguru-Art haben wir sie alle in den zwei Wochen lieb gewonnen. Mit ihrem fotografischen Talent hat sie es dazu gebracht, dass wir viele schöne Erinnerungen an unsere gemeinsame Zeit haben. Dafür sind wir ihr sehr dankbar, ebenso wie dafür, dass sie uns beim Protokoll schreiben, bei den Versuchen im Labor oder im Design vom T-Shirt immer eine große Hilfestellung war. Mit ihrer lieben, ruhigen Art war sie eine Vertrauensperson für uns. Danke, Känguru!

Philipp – Als immer gut gelaunter Schülermentor war er mehr wie ein gleichgesinnter Teilnehmer, der für jeden Spaß zu haben war. Trotzdem hat er uns mit seinem Vortrag über die Membranstruktur gezeigt, was alles in ihm steckt, ebenso wie mit seinen wertvollen Tipps im Hinblick auf die Präsentation. Beim Sportfest hatten wir in ihm einen anspornenden Schülermentoren an unserer Seite, der uns als einziger im Vorfeld keinen unnötigen Sport hat machen lassen. Mit seinem Slogan wird er uns allen in Erinnerung bleiben. In diesem Sinne: „Chemie/Pharmazie – wir verlieren nie!“

Die drei sind uns mit ihrer vielfältigen, lieben Art ans Herz gewachsen, und auch wenn wir teilweise vielleicht nicht unbedingt die leisesten Zuhörer waren, waren sie stets geduldig mit uns. Wir werden uns noch lange an die intensive und heitere Arbeitszeit zurückerinnern!

Vielen Dank für alles
Euer Bester Kurs

Personenbeschreibungen

Alina war hochmotiviert und arbeitete immer sehr konzentriert. Sie konnte auch uns anderen Teilnehmern bei Fragen immer weiterhelfen. Sie war unsere Excel- und Kommaexpertin und sorgte für sehr gute Auswertungen bei dem UV/Vis-Spektrometer.

Andreas glänzte mit seiner überzeugenden Laborerfahrung und konnte viele Teilnehmer für seine Blender-KüA begeistern. Er bearbeitete seine Aufgaben sehr präzise und genau und hatte viel Spaß am Planen der Versuche. Er half auch bei der Organisation des Bergfestes und spielte im Orchester.

Cédric, ein lustig-charmanter Typ mit extra Laborhose, hatte sehr viel Spaß am Gummibärchenpackungen Horten und konnte das Eröffnungswochenende auf die leichte Schulter nehmen, da ihm das Orbitalmodell schon geläufig war.

Clemens war der Designer der T-Shirts und konnte mit seiner Kreativität und charmanten Art jeden zum Lachen bringen. Hungrig, wie immer, erstellte er den optimalen Masterplan für die Rotationspräsentation.

Mit der Frage „Wann gibt's Essen?“ brachte er die Kursleiter dazu, uns immer pünktlich zum Essen zu lassen

Dana ist ein sehr offener Mensch und hatte sehr viel Freude an jeder Aufgabe, war immer hilfsbereit, gut gelaunt und übernahm auch viel Verantwortung. Nicht nur in der Chemie ist sie sehr begabt, sondern hat auch ein großes musikalisches Talent. Dana erledigte ihre Arbeitsaufträge sehr zuverlässig und ihre Aufschriebe waren immer sehr ordentlich.

Eva ist uns mit ihrer ruhigen, aber liebenswerten und witzigen Art während der Akademie sehr ans Herz gewachsen. Immer motiviert bei der Herstellung von Liposomen, Mizellen und Nanopartikeln heiterte Eva mit lustigen Kommentaren die Kurs-Atmosphäre auf. Sie lächelt 24/7, und wenn man sie anschaut, hat man Lust, mitzulachen.

Hendrik konnte nicht nur mit seinem Körperbau, sondern auch mit seiner Intelligenz überzeugen. Er war für jeden Spaß zu haben und konnte sich besonders bei der Vortragsvorbereitung einbringen. In den Tanz-KüAs konnte er den weiblichen Tanzpartnerinnen imponieren.

Jule zeigte bei dem Sportfest, was alles in ihr steckt. Wir konnten bei Fragen zu Mizellen, Liposomen und Nanopartikeln immer auf sie zu kommen. Mit ihrer badischen Ader brachte sie uns bei der ersten Präsentation zum Schmunzeln. Inzwischen ist sie fast ein Hochdeutschprofi.

Lucia ist eine sehr offene Person und konnte auch ihr Schauspieltalent bei der Akademie einbringen. Mit ihrem Organisationstalent hat sie bei der Organisation des Bergfestes mitgewirkt. Ohne sie wären wir in der Akademiezeit mit der Süßigkeitenversorgung auf dem Trockenen gesessen.

Malte ist 'n litter Typ. Im Laufe der Akademie wurde er ein sehr wichtiges Mitglied in unserem Kurs. Mit den Franzschen Zellen konnte er gut umgehen, und die ganze Gruppe musste über seine lustigen Kommentare lachen.

Phuong-Vy Egal wo sie auftauchte – immer schaffte sie es, gute Laune zu verbreiten. Zuverlässig stellte sie Nanopartikel her, die immer zu guten Ergebnissen führten. Sie ist immer sehr hilfsbereit und konnte auch unsere KüAs mit ihrem Sprachtalent bereichern.

Tami ist eine sehr freundliche Person und sorgte durch ständige Lachflashs für eine fröhliche Stimmung in der Gruppe. Mit ihrer vertrauenswürdigen Art und guten Laune konnte man sie nur lieb gewinnen. Auch engagierte sie sich sehr in den Musik-KüAs.

Anna war am besten bekannt als das Känguru. Ihre Fotokamera stets dabei, hatte sie uns immer im Visier und war darum bemüht, uns zum Arbeiten zu motivieren.

Jana hat uns niemals im Stich gelassen, sie hat die leckersten Pralinen und die besten Kuchen gemacht! Mit den Seifenblasen hat sie viel Spaß in den Kurs gebracht.

Philipp war unser hochmotivierter Schülermentor. Er kümmerte sich gut und interessiert um uns und war sehr hilfsbereit, zum Beispiel beim Herstellen von 50 %igem Ethanol. Mit seiner lustigen Art schaffte er es, uns auch immer wieder zum Arbeiten zu motivieren.

Quellen

Das Basiswissen der Chemie, C. E. Mortimer, 6. Auflage, Georg Thieme Verlag

Instrumentelle pharmazeutische Analytik, G. Rücker, M. Neugebauer, G.G. Willems, 3. Auflage, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft Stuttgart

Liposomes from Physics to Applications, D.D. Lasic, Elsevier science publishers B.V.

Lehrbuch der Molekularen Zellbiologie, Alberts, Bray, Hopkin, Johnson, Lewis, Raff, Roberts, Walter, 3. Auflage, WILEY-VCH

Lehninger Biochmie, Nelson, Cox, 4. Auflage, Springer

http://www.med4you.at/laborbefunde/techniken/chromatographie/lbef_chromatographie_hplc_gc.htm

http://www.umweltlabor.de/Labor/hplc.htm

https://www.chem-page.de/publikationen/hplc.html

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Curcumin_structure_(keto).svg

https://chem.nlm.nih.gov/chemidplus/rn/458-37-7

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21374628?dopt=Abstract

https://www.uni-hohenheim.de/pressemitteilung?tx_ttnews[tt_news]=8110&cHash=ce92767653

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hesperetin_structure.svg

https://www.alfa.com/de/catalog/B20528

http://www.haut.de/haut/grundlagen/aufbau-der-haut

Kurs 3 – Unser wilder Heimatplanet: Vulkane und Erdbeben

Unser Kurs

Caro Die geheimnisvolle, vernünftige Caro leistete oft im Hintergrund enorme Arbeit und schüttelte grinsend den Kopf, wenn Dominik wieder Unmengen an Magnesium zur Thermit-Mischung gab. Mit ihrer ruhigen, gefühlsvollen Ausstrahlung brachte sie oft Ordnung ins Chaos.

Dominik Als verrückter Pyromane und Klebeband-Liebhaber machte er mit uns viele Experimente mit Rumms. Dabei stellte er seine eigene Sicherheit eher in den Hintergrund und rannte oft erst in die falsche Richtung davon oder zündete das Vulkanmodell einfach eher unkonventionell an. Dies tat jedoch seiner Kompetenz als Leiter keinen Abbruch.

Tobias Häuptling Großes Wumms-Bumms opferte viel Zeit und Stimme für uns, z. B. beim Sportfest und beim Zusammenführen der Präsentationen. Während des Kurses sorgte er mit vielen Spielen immer wieder für Stimmung, aber auch Inhalte hat er uns gut vermittelt. Unseren schiefen Gesang untermalte er stets mit Beatboxing. Ohne ihn wäre diese großartige Zeit nicht möglich gewesen, denn er ist der Kleber, der uns zusammenhält.

Anika Die selbstbewusste Anika war auch unter dem mehr als zutreffenden Spitznamen ADHS-Biber oder Hamster bekannt und sorgte immer für Motivation. Sie war immer gut gelaunt und konnte das Team auch nach den wenigen missglückten Experimen-

ten aufmuntern. Und als es Gurke gab, war sie auch immer sofort dabei, und die Laune wurde noch besser.

Bennet Der begeisterte Bennet war nicht nur der ruhige Ausgleich zu Anika, sondern auch ein echter Bastler. Er half bei den Vulkanmodellen viel mit und war aus unserem Kurs der beste Tänzer. Beim Bergfest entpuppte er sich als echte Stimmungsbombe.

Daniel Ein Job bei der NSA wäre wahrscheinlich eher nichts für Daniel, vor lauter Aufregung ist schon mal das eine oder andere Geheimnis unseres Kurses nach außen gelangt. Auch Trainer wäre wahrscheinlich nichts für ihn, seine Stimme war nach dem Sportfest fast so kaputt wie die von Tobias.

Was bleibt denn dann noch? Genau: Architekt für gefährliche Geophysikmodelle oder ein Job als Stickstoffkeks-Drache, das wäre genau das Richtige für ihn.

Hanna Immer um ihre Snapchatflammen bedacht, hatte sie stets das Handy parat, mit dem sie uns mit ihrer Musik beglückte. Wenn sie anfing zu singen, machte jeder mit, bis wir ein großer singender und tanzender Haufen waren. Wir alle denken, dass Hanna wirklich social ist, und auch das hat unseren Kurs ausgemacht.

Julian Hörte man die Worte „Check this aus“, wusste man, Julian ist am Start. Er hat eine raue Schale, doch lernte man ihn besser kennen, erkannte man, dass sich hinter seiner Gangsterfassade ein wirklich „litter“ Typ befand, der viel zu unserem Kurs beigetragen hat.

Juliane Die Organisierte, der Toffifan, die Selfie-Queen, das beschreibt Juju am besten. Aber auch sie war immer glücklich und gut gelaunt. Zwar mied sie die ansonsten heiß begehrten Gurken, verschlang dafür aber mit großer Freude Buchstabenkekse und Toffifee.

Lukas Sein badischer Dialekt hinderte ihn nicht daran, Experimente zu planen und auszuführen, auch wenn sie nicht immer glatt gingen. Die vielen Versuche ließen auch sein Chemikerherz höher schlagen. Trotz seines vorübergehenden „Gehörschadens“ konnte er immer mitlachen und eine zweistündige Chemie-KüA veranstalten.

Lennart Ein fester Bestandteil unseres Kurses war Lennart alias „LenNerd“, der als bekennender „Kurpälzer“ mit seinem sächsischen Dialekt sehr oft für unsere Lachflashs verantwortlich war. Unser kleiner Filmproduzent wäre super für einen Job bei der Apothekenumschau geeignet, da er mithilfe unseres kurseigenen Chors die Werbung der Apothekenumschau perfekt nachahmen konnte.

Seine Vorliebe für Buchstabenkekse erkannte man an den leeren Packungen, doch bedenke: Das I schmeckt am besten!

Melina Sie hatte immer passende Kommentare parat und machte die besten Raptexte, was sie uns anhand eines zusammen gedichteten Geophysik-Raps zeigte. Beim Bau der Vulkanmodelle rührte sie mit Perfektion die Spachtelmasse an. Außerdem war sie DIE Fotografin, weshalb wir jetzt viele schöne Erinnerungen haben.

Merit Wenn du eine klare Meinung hören willst, geh zu Merit, sie kommt damit direkt heraus, wenn du sie mit zwei Gurken bestichst. Unsere gute Seele war eine super Zuhörerin und ging auf jeden und alles ein. Ohne sie wären viele Experimente nicht so gut gelungen.

Romie Beim Bergfest war unsere Limbo-Queen eine absolute Tanzmaus. Mit ihrer lauten und starken Stimme war sie nicht nur bei unserem Schlachtruf unüberhörbar, sondern verschaffte uns bei der Präsentation eine Extraportion Toffifee. Bei unserem internen Kursspiel Ninja war sie immer eine der Besten.

Simon-Luca Ging man Simon-Luca mal auf die Nerven, musste man schleunigst „die Kresse halten“, um nicht von einer Erde getroffen zu werden. Trotzdem war er ein guter Kumpel und erstellte einen Kursfilm, natürlich mit Linkin-Park-Musik. Kleister anrühren muss er noch üben, aber ansonsten hat der den Kurs gerockt.

Vorwort

Tobias van Lier

Fünfzehn Leute. Zwei Wochen. Drei Räume. Zwei Regentonnen. Drei Spachtelmassenberge. Ein Hexenkessel. 14 Plastikflaschen. 69 Tischtennisbälle. 100 Liter Stickstoff. Unzählbare Toffifee. Und ein Ruf: ACHTUNG! – SPRENGUNG! – ACHTUNG! – SPRENGUNG! – ACHTUNG! – SPRENGUNG!

Der lauteste Kurs waren unumstritten wir: Sowohl wenn wir mit unserem Schlachtruf den Eckenberg zum Wackeln brachten, als auch, wenn eine unserer explosiven Vulkansimulationen in ganz Adelsheim die Fenster klirren ließ, übertönten wir selbst die omnipräsenten Geräusche der Baumaschinen mit links.

Mit zwölf hochmotivierten und -interessierten Teilnehmern, einem pyromanischen Kursleiter, einer nervenstarken Kursleiterin und einem Schülermentor, dessen Stimme zunehmend abnahm, konnte man in zwei Wochen sehr viel Spaß haben! Innerhalb kürzester Zeit entstanden nicht nur neues Fachwissen und geniale Ideen für Experimente, sondern vor allem feste Freundschaften und ein großartiges Team, in dem wir alle gemeinsam viel lachen, lernen und ausprobieren konnten.

Die Ergebnisse unserer intensiven Forschungsarbeit sind in dieser Dokumentation festgehalten. Nach dem Lesen besteht sicher kein Zweifel mehr, dass die gerechtfertigte Antwort auf die Frage „WER IST DER COOLSTE KURS?“ das bestimmteste und lauteste „WIR!“ ist, das Adelsheim je gehört hat.

Fossiliensuche am Eröffnungswochenende

Bennet Knienieder

Schon am bei unserem ersten Treffen haben wir mit den praktischen Teilen unseres Kurses begonnen, wie zum Beispiel dem „Steineklopfen“, genauer gesagt der Fossiliensuche auf der Baustelle, die das Akademiegelände durchzog. Bevor es losgehen konnte, mussten wir aber noch einige theoretische Dinge zum Thema Fossilien kennenlernen, denn sonst hätten wir gar nicht gewusst, wonach wir suchen sollten.

Fossilien sind ganz allgemein sehr alte Überlieferungen des Lebens auf der Erde. Dabei kann es sich um in Stein bzw. Mineralien erhaltene Überreste der Körper von Lebewesen handeln, aber auch um Überbleibsel der Spuren vergangenen Lebens, sogenannte Spurenfossilien.

Doch wie entstehen Fossilien? Das kann z. B. für eine Schnecke folgendermaßen ablaufen: Nach ihrem Tod gelangen ihre Überreste auf den Grund des Meeres. Das weiche Körpergewebe wird abgebaut. Die übriggebliebene harte Schale aber eingebettet und mit der Zeit von immer mehr Sedimentschichten überdeckt. Der Hohlraum in der Schale wird durch Sediment aufgefüllt. Irgendwann schließlich verwittert auch die harte Schale oder wird aufgelöst, und nur ein Ausguss im Gestein bleibt übrig, quasi eine Kopie des Inneren der Schnecke. Nach der Verfestigung der Sedimente kann diese Kopie als sogenannter Steinkern die Zeiten überdauern. Ein ähnlicher Vorgang kann auch bei Spuren von Lebewesen wie Grab- oder Fraßgängen auftreten. Hierbei wird ebenfalls der entstandene Hohlraum durch Sediment aufgefüllt und bleibt somit als Spur im Gestein erhalten.

Spurenfossilien im Muschelkalk (zum Größenvergleich ein 1-Cent-Stück).

Immer wenn wir bei unserer Suche ein Fossil (oder etwas verdächtig aussehendes) entdeckten, spülten wir es grob mit Wasser ab, damit wir besser entscheiden konnten, welche Fundstücke es überhaupt wert waren, später mit in den Kursraum geschleppt zu werden. Dort angekommen reinigten wir unsere Funde noch

Steinkern eines Ceratiten aus dem Muschelkalk

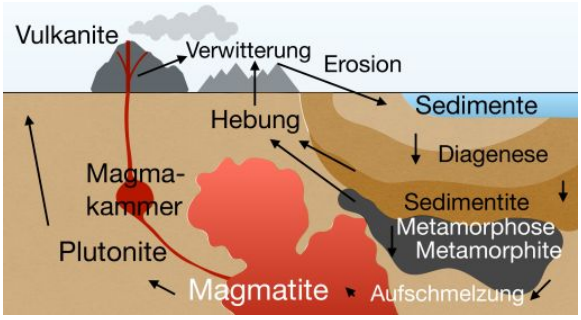
einmal gründlicher und entfernten Dreck oder Moos, damit wir sie genauer bestimmen konnten. Relativ häufig waren dabei die Fossilien von Tieren, die zu ihren Lebzeiten harte Schalen besessen hatten. Dazu zählten als besonders interessante Funde Ceratiten und Nautiliden. Ceratiten sind frühe Vertreter der Ammoniten. Diese wiederum sind eine Teilgruppe der Kopffüßer, die vom Devon bis zum Ende der Kreidezeit existierte, wobei die Ordnung der Ceratiten vor allem in der Trias verbreitet war. Die Nautiliden des Muschelkalks sind Verwandte des Perlbootes, das es auch heute noch gibt. Besonders häufig fanden wir jedoch auch Muscheln oder Brachiopoden, die oft in ganzen Haufen im Gestein zu entdecken waren. Darüber hinaus fanden wir den Zahn eines Hais, vermutlich aus der Gattung Hybodus, und viele Spurenfossilien, die wie kleine Schlammwürstchen im Gestein aussahen.

Der Gesteinszyklus

Melina Patzartzis

Fossilien kommen in manchen Gesteinen gar nicht so selten vor. Steine finden wir überall in unserem Alltag, dennoch beachten wir sie kaum. Sie interessieren uns nicht, obwohl sie ein Fundament des Lebens auf der Erde sind. Gesteine ermöglichen es uns, einen Blick in die Geschichte unseres wundervollen Heimatplaneten zu werfen. Für uns Geophysiker waren sie natürlich von großer Bedeutung, da sie uns halfen, die Erde besser zu verstehen. Steine sind keine unveränderlichen, harten Brocken, stattdessen verändern sie sich stetig und befinden sich immer auf einer riesigen, nie endenden Reise, dem Gesteinszyklus.

Wie der Name schon sagt, ist der Gesteinszyklus ein Kreislauf. Solche Zyklen finden wir immer wieder in der Natur, wie zum Beispiel beim Wasserkreislauf. Im Prinzip ist der Gesteinszyklus nichts anderes, nur dass er mit Gesteinen vonstattengeht und oft Millionen Jahre dauert.



Schematische Darstellung des Gesteinszyklus.

An der Erdoberfläche verwittern die Gesteine, das bedeutet, sie werden zersetzt und zerkleinert. Dies geschieht durch das Wetter, Temperaturschwankungen, Druckentlastung und chemische Prozesse. Die zerkleinerten Gesteinsstücke werden nun von Wind und Wasser abgetragen und an anderen, meist tiefergelegenen Stellen wieder abgelagert. Diese Vorgänge nennt man Erosion, Transport und Sedimentation. Das zerkleinerte Material schichtet sich dabei zu Sedimenten auf.

Manchmal, z. B. im Meer, können aber nicht nur Gesteinsbruchstücke, sondern beispielsweise auch die Überreste verschiedener Lebewesen zu Sedimenten werden. Diese zuerst noch lockere Aufschichtung wird von weiteren Sedimentschichten immer weiter zusammengepresst und verfestigt sich schließlich. Durch die sogenannte Diagenese werden die Sedimente zu Sedimentiten.

Wandert ein Sedimentit in noch größere Tiefen, erhöht sich der Druck, und die Temperatur steigt. Dadurch ändert sich das Mineralgefüge, und der ehemalige Sedimentit wird in ein Metamorphit umgewandelt. Dieser ganze Prozess der Umwandlung wird auch Metamorphose genannt. Gelangen Metamorphite nun noch tiefer in die Erde hinein, ist die Temperatur so hoch, dass sie aufschmelzen. Dieses flüssige Gestein nennt man Magma. Das aufgeschmolzene Gestein mischt sich dabei manchmal auch mit Material aus noch tieferen Schichten.

Das Magma hat eine hohe Temperatur und eine geringere Dichte als das Material, das es umgibt. Dadurch kann es aufsteigen und wieder in kühlere Bereiche gelangen. Dort erstarrt es, und es entstehen die sogenannten Magmatite oder Erstarrungsgesteine. Das Magma hat dabei die Möglichkeit, langsam in der Tiefe zu erstarren, ohne an die Erdoberfläche zu kommen. Diese Gesteinsart wird Tiefengestein oder auch Plutonit genannt. Das Magma kann aber auch durch eine Vulkaneruption an der Erdoberfläche als Lava austreten und dort erkalten. Ist dass der Fall, sprechen wir von einem sogenannten Vulkanit, auch Ergussgestein genannt. Vulkanite kann man häufig an ihrer großporigen Struktur erkennen. Diese ist Folge von Gasen, die in dem Magma enthalten waren, jedoch keine Zeit hatten zu entweichen. Was sie zurücklassen, sind dann blasenartige Hohlräume im Gestein.

Laut dieser Beschreibung des Gesteinszyklus könnte man denken, dass an der Erdoberfläche nur vulkanische Gesteine zu finden sein sollten. Dies ist aber nicht der Fall, denn es gibt dort auch Tiefengesteine sowie Sedimentgesteine und metamorphe Gesteine. Der Grund dafür ist, dass jede Gesteinsart innerhalb des Zyklus gehoben werden kann. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn es aufgrund der ständigen Bewegung der Erdplatten zur Gebirgsbildung kommt, die eine der Gesteinsarten hebt und somit wieder der Verwitterung aussetzt. Die Gesteine können auch in einem Zwischenstadium gehoben werden. Passiert dies, und das Gestein verwittert, so laufen viele physikalische wie auch chemische Prozesse anders oder gar nicht ab, und so wird es mit der Zeit schwerer, jedes Gestein streng kategorisch einzuordnen.

Innerer Aufbau der Erde

Julian Kramer

Die Ursache für den Gesteinszyklus sowie viele andere Phänomene der Geophysik, vor allem auch Erdbeben und Vulkane, hängt mit dem inneren Aufbau der Erde zusammen. Zunächst haben wir uns die Schichttheorie näher angesehen. Sie ist eine allgemein anerkannte Theorie darüber, dass unsere Erde aus mehreren (häufig unterscheidet man fünf) verschiedenen Schichten besteht. Und so haben wir eine unserer wenigen Theoriestunden (eher halbe Stunden) damit verbracht zu lernen, dass die Erde aus Erdkruste, oberem Erdmantel, unterem Erdmantel, äußerem Kern und innerem Kern besteht.

Dabei haben uns aber vor allem die Unterschiede zwischen diesen Schichten interessiert. Und so haben wir mithilfe von geduldigen Kursleitern und bequemen Stühlen gelernt, dass die Schichten sich zunächst in ihrer Konsistenz unterscheiden: So sind Teile des Erdmantels plastisch, während der äußere Kern flüssig und der innere fest ist. Der Erdkern weist aber noch eine weitere Besonderheit auf: Er besteht, wie Dominik uns erzählte, zu einem nennenswerten Teil aus Eisen und Nickel. Das liegt an der Gravitation, denn diese zieht schwere Elemente nach unten (zum Erdmittelpunkt), weswegen an der Erdoberfläche eher leichte Elemente und ihre Verbindungen zu finden sind.

Konsistenz und Zusammensetzung sind aber nicht die einzigen Unterschiede, die es bei den Schichten gibt. In einer weiteren Theoriephase konnten wir zwei weitere Unterschiede kennenlernen: die Temperaturdifferenz und den Druckunterschied. Die Temperatur im Inneren der Erde ist sehr hoch, da sie eine gewisse Primitivwärme noch aus der Zeit ihrer Entstehung gespeichert hat, erklärte uns Tobias. Außerdem erfuhren wir, dass durch radioaktiven Zerfall von schweren Elementen wie Uran oder Thorium Energie freigesetzt wird.

Als die Frage aufkam, ob das Erdinnere über die Zeit auskühlt oder sich sogar erhitzt, konnte uns Dominik beruhigen, denn die Erde verliert zwar Energie, aber das nur sehr langsam, da die Erde im Vergleich zu ihrer Oberfläche ein relativ

großes Volumen zur Hitzespeicherung hat. Das heißt, das Innere der Erde bleibt noch eine lange Zeit warm, bevor es so kühl wird wie die Oberfläche des Mondes oder eine Tiefkühlpizza.

Aber wie vorhin erwähnt, steigt nicht nur die Temperatur im Inneren der Erde, sondern auch der Druck. Das ganze hängt wieder mit der Gravitation zusammen. Dominik erklärte uns, dass durch die Gravitation die Materie in Richtung Erdmittelpunkt (Erdkern) gezogen wird. So steigt der Druck, je weiter man in das Erdinnere vordringt. Zum Glück hatte Caro eine passende Vereinfachung parat, dass nämlich einfach mehr Material über einem liegt, wenn man im Erdinneren ist. Deswegen ist vermutlich auch der innere Erdkern fest, da der Druck dort so hoch ist, dass sich das Material nicht mehr verflüssigen kann.

Plattentektonik

Lennart Laqua

Die unterschiedlichen Eigenschaften der Erdschichten haben faszinierende Konsequenzen auch an der Erdoberfläche. Die Erdkruste und der oberste Teil des Erdmantels, die man zusammen auch als Lithosphäre bezeichnet, bestehen aus einzelnen Platten. Diese Kontinentalplatten verweilen nicht starr an einem Ort, sondern sind in ständiger Bewegung. Das nennt man Plattentektonik. Unter den Kontinentalplatten dagegen steigt durch Konvektion heißes Material im Erdmantel auf und kühleres sinkt ab.

Diesen Vorgang darf man sich wie eine kochende Suppe vorstellen. Das heiße Wasser sprudelt dabei nach oben, wird durch nachströmendes Wasser verdrängt, kühlt ab und sinkt wieder zu Boden. Auch in unserer Erde passiert genau das Gleiche. Heißes Material steigt nach oben, kühlt ab und sinkt an anderen Stellen wieder nach unten. Die Erdplatten darf man sich dann vielleicht so ähnlich vorstellen wie Fettaugen, die auf unserer Suppe aufschwimmen. Natürlich gibt es bei den genauen Mechanismen und Abläufen dann doch Unterschiede, vor allem aber dauert bei der Erde alles ein wenig länger: Die Geschwindigkeit, mit der sich die Platten bewegen, ist vergleichbar mit der Wachstumsgeschwindigkeit unserer Fingernägel.

Es können sich jedoch nicht alle Platten in eine Richtung bewegen, was zwangsläufig dafür sorgt, dass sich Platten auch mal „in die Quere kommen“. Zum Beispiel bewegt sich zurzeit die indische auf die eurasische Platte zu, das heißt, es besteht hier eine konvergente Plattengrenze. Wenn sich Platten treffen, muss sich unweigerlich ein hoher Druck aufbauen, der dann auch für die Entstehung von neuen Bergen oder ganzen Gebirgen sorgt – im diesen Fall dem Himalaya.

Wenn an einer Plattengrenze ozeanische Kruste von kontinentaler Kruste „überfahren“ wird, taucht sie nach unten ab, wird wieder erwärmt und schmilzt. Diesen Vorgang nennt man dann Subduktion. Da die Oberfläche der Erde insgesamt gleich groß bleibt, bedeutet das aber auch, dass sich an anderen Stellen anscheinend laufend neue Erdkruste bildet.

Auch bereits bestehende Platten können nämlich auseinanderreißen und sich divergent voneinander wegbewegen. Zum Beispiel geschieht das gerade in Afrika. Dort ist ein Grabenbruch zu erkennen, eine sogenannte Riftzone. Dieser Spalt wird sich weiter vergrößern, bis sich dann die tektonischen Platten endgültig trennen. Allerdings sollte man im Hinterkopf behalten, mit welcher Geschwindigkeit das ganze voranschreitet, und muss sich daher erst mal keine Sorgen machen.

Worüber man aber tatsächlich beunruhigt sein kann, sind mögliche Erdbeben, die meist eine Folge der Plattentektonik sind. An den Grenzen können sich die Erdplatten sozusagen verhaken, was zu einem extremen Druckaufbau führt. Dieser Vorgang kann sich über Jahre und Jahrzehnte erstrecken, bis sich dann die beiden Platten ruckartig weiterbewegen. Es kommt zu einem Erdbeben. Dabei können sich die Erdplatten wenige Zentimeter bis einige Meter verschieben.

Weitere Ursachen für Erdbeben sind Vulkanausbrüche oder menschliche Eingriffe wie zum Beispiel Kernwaffentests. Meistens werden schwere Erdbeben jedoch wie beschrieben durch die Plattentektonik verursacht.

Erdbebenwellen

Merit Neibig

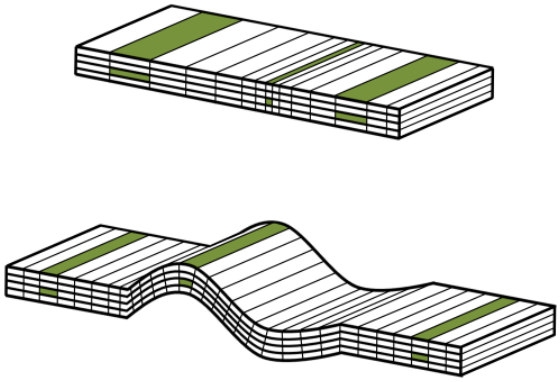
Ein solches Erdbeben gab es auch am 8. September 2017 in Mexiko, das eine Stärke von mehr als acht Magnituden erreichte. Dies konnte sogar in Deutschland gemessen werden. Doch warum kann man Erdbeben messen, die sich auf der anderen Seite der Erde ereignen? Bei der Suche nach Antworten auf diese Frage sind wir auf Wellen gestoßen, die bei einem Erdbeben ausgelöst werden.

Allgemein kann man zwischen drei unterschiedlichen Arten von Erdbebenwellen unterscheiden. Die sogenannten Primärwellen (P-Wellen) sind Longitudinalwellen, d. h. sie schwingen in Ausbreitungsrichtung. Eine solche Welle bewegt sich vorwärts, indem das Ausbreitungsmedium gestaucht und gestreckt wird. Die P-Welle wird auch als Druckwelle bezeichnet und ist die schnellste Form der Erdbebenwellen. Ein anderes Beispiel für Longitudinalwellen aus dem Alltag ist der Schall, dessen Wellen ebenfalls in Ausbreitungsrichtung schwingen.

Bei einem Erdbeben werden außerdem Sekundärwellen (S-Wellen) ausgelöst. Diese schwingen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung, sind also Transversalwellen. Ein Beispiel für Wellen, die sich transversal ausbreiten, ist das Licht. Bei Erdbeben können Sekundärwellen erst nach den Primärwellen gemessen werden, da sie sich langsamer ausbreiten.

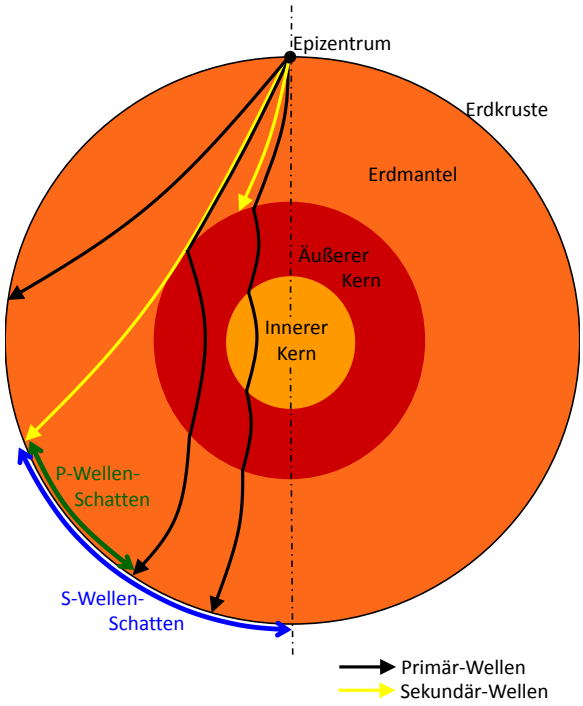
Im Gegensatz zu Primär- und Sekundärwellen bewegen sich Oberflächenwellen nicht wie räumliche Wellen durch die Erde, sondern breiten sich entlang der Erdoberfläche aus. Sie verursachen oft besonders starke Schäden an Gebäuden und Infrastruktur.

Aber nicht überall auf der Erde können die von einem Erdbeben ausgehenden Wellen gemessen werden. Das hängt mit dem inneren Aufbau der Erde und der unterschiedlichen Ausbreitung der Wellen zusammen. Longitudinalwellen können sich in festen, flüssigen und gasförmigen Medien ausbreiten. Transversalwellen hingegen durchdringen nur festes Material. Folglich können Sekundärwellen nicht durch den flüssigen äußeren Erdkern gelangen und daher nicht direkt auf der anderen Seite der Erde gemessen



Ausbreitungsformen von Erdbebenwellen. Oben: Primärwellen breiten sich als Longitudinalwellen aus. Unten: Sekundärwellen breiten sich als Transversalwellen aus.

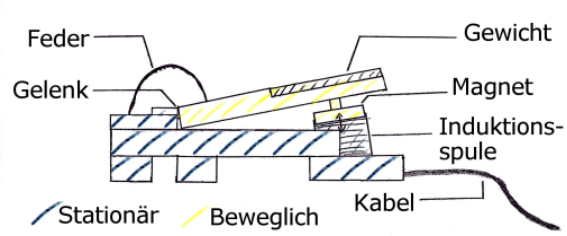
werden. Mithilfe vieler Messstationen kann so berechnet werden, wie groß der äußere Kern ist, indem festgestellt wird, wie weit entfernt vom Entstehungsort eines Erbebens noch Sekundärwellen registriert werden können.



Ausbreitung von Erdbebenwellen im Erdinneren

Primärwellen gelangen zwar durch den flüssigen äußeren Kern, trotzdem gibt es Wellenschatten, also Orte auf der Erde, wo weder Sekundär- noch Primärwellen gemessen wer-

den können, denn wenn sich die Dichte des Ausbreitungsmediums ändert, werden die Wellen gebrochen. Folglich können die Primärwellen eines Erdbebens an einigen Orten der Erde nicht registriert werden, selbst wenn sie dem Entstehungsort des Erdbebens näher sind als andere Stellen, an denen die Erdbebenwellen aufgezeichnet werden können.



Schematischer Aufbau eines einfachen Seismometers.

Seismometer

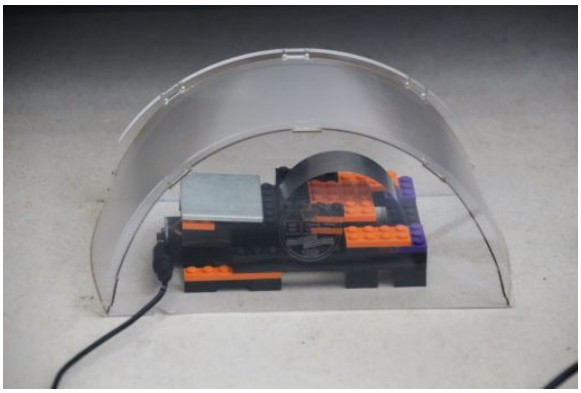
Lukas Hamm

Aufbau und Funktion

Erdbebenwellen kann man mithilfe eines Seismometers messen. Ein einfaches Seismometer besteht aus zwei grundlegenden Teilen, die sich unabhängig voneinander bewegen können: einem Gewicht und dem Gehäuse. Beide Teile sind mittels einer Feder verbunden. Wenn die Erde zu beben beginnt, dann bewegt sich das ganze Gelände um das Seismometer inklusive des Gehäuses. Das Gewicht bleibt aber erstmal auf seiner Position, da es eine hohe Masse besitzt und daher relativ träge ist. Somit bewegt sich das Gehäuse relativ zum Gewicht, bzw. das Gewicht relativ zum Gehäuse. Diese Bewegung lässt sich nun aufzeichnen, beispielsweise indem das Gewicht mit einem Magneten versehen wird.

Jeder, der sich jetzt noch an den Physikunterricht in der Schule erinnert, der wird jetzt an Induktion denken und genau richtig liegen! Der Magnet befindet sich nämlich in einer Spule, und wenn dieser sich jetzt relativ zur Spule bewegt beziehungsweise die Spule zum Magnet, dann wird in der Spule eine Spannung induziert, die sich messen lässt und somit am Computer aufgezeichnet und analysiert werden kann. Wer mitdenkt, würde jetzt aber auch ein Problem sehen: Wenn das Gewicht dann irgendwann anfängt mitzuschwingen, dann wird es wegen seiner Masse auch nachschwingen! Diese Annahme ist genau richtig. Deshalb funktionieren manche modernen Seismometer auch etwas anders, sie messen nämlich die Kraft, die nötig ist, das Gewicht mitschwingen zu lassen.

Moderne Seismometer können Schwingungen, also Erdbebenwellen, von etwa 50 Hz bis zu einer Schwingung pro Stunde messen. Zum Vergleich: Unser Hörbereich liegt zwischen 20 Hz und 16 bis 19 kHz. Wichtig ist hierbei auch die Position des Seismometers und dessen Ankopplung ans Erdreich und seine Entkopplung von Störungen. Deshalb befinden sich Seismometer z. B. in Kavernen und sind durch Eisenstäbe tief im Erdreich verankert. Wichtig ist hierbei auch, dass am Seismometer keine Schwingungen durch lokale Störungen erzeugt werden. Eindeutige Ergebnisse erhält man aber sowieso nur durch den Vergleich mit anderen Stationen, denn wenn in der Nähe der Station z. B. Bauarbeiten stattfinden, können die Erschütterungen kleinen Erdbeben entsprechen. Zusätzlich können Position und Stärke des Bebens mit nur einer Station nicht so gut ermittelt werden.



Unser LEGO®-Seismometer. Die Plexiglasabdeckung dient dem Schutz vor Luftbewegungen.

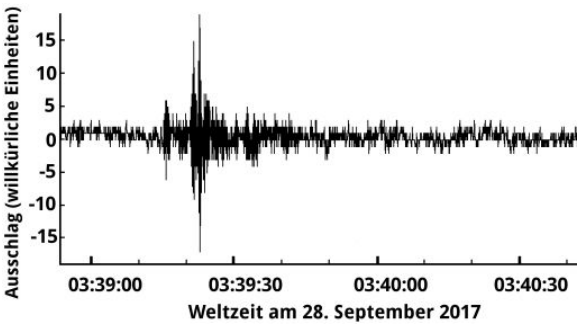
Unser eigenes Seismometer

Wir wollten natürlich auch selbst Erdbeben messen und haben uns mit einem Bausatz ein einfaches LEGO®-Seismometer aufgebaut. Dieses sollte nach dem Bau eigentlich an einen Raspberry-Pi angeschlossen werden, der dann

ununterbrochen durchlaufen sollte. Nach anfänglichen Schwierigkeiten mit der Software lief das Ganze auch erstmal, aber nach mehreren Minuten Laufzeit hatte sich das Programm immer aufgehängt. Letztlich sind wir zum Schluss gekommen, dass der Pi wohl zu heiß wurde: Also Gehäuse ab und weiter. Das ging auch eine Weile gut, aber die Leistung des Pis war einfach zu schwach. Daher mussten wir auf einen Laptop umsteigen und siehe da, alles klappte wunderbar! Nun mussten wir das Gerät auch mal testen, also haben wir uns immer weiter von diesem entfernt und sind gesprungen. Die Ausschläge wurden immer geringer. Einmal haben wir sogar die ganze Akademie nach dem Essen in der Mensa hochspringen lassen. Leider wurden dabei keine Wellen aufgezeichnet, vielleicht weil sich die Mensa in einem anderen Gebäudeteil befand. Beim Abschlussfoto wiederholten wir den Test, aber auch hier waren die Ergebnisse nicht eindeutig positiv.

Der Kernwaffentest in Nordkorea

Während der Akademiezeit wurde am 3. September 2017 in Nordkorea um 03:30 Uhr Weltzeit ein Kernwaffentest durchgeführt. Er löste ein Erdbeben mit der Magnitude 6,3 aus, und die Bombe hatte eine Sprengkraft von ca. 50–250 kT TNT-Äquivalent. Leider war unser Seismometer nicht in der Lage, dieses Ereignis aufzuzeichnen (aus technischen Gründen lief das Messprogramm zu diesem Zeitpunkt auch gar nicht), aber uns wurde einmal mehr bewusst, dass es auch menschengemachte Ursachen für Erdbeben geben kann.



Unser Seismogramm des leichten Erdbebens in der Region Darmstadt am 28. September 2017.

Fortsetzung der seismischen Messungen

Wir haben bis zum Doku-Wochenende noch weiter gemessen, unser Seismometer stand dafür am Haus der Astronomie in Heidelberg. Leider haben wir das verhehrende Erdbeben in Mexiko am 8. Spetember 2017 nicht nachweisen können, da das Seismometer unmittelbar nach dem Ende der Akademie noch nicht wieder aufgebaut war. Dafür konnten wir aber das Erdbeben am 28. September 2017 nahe Darmstadt aufzeichnen. Das Epizentrum dieses Bebens lag im Süden des Mühltaler Ortsteils Nieder-Beerbach. Das Erdbeben hatte eine Magnitude von 2,5 und war damit ein sehr leichtes Erdbeben. Anwohner beschrieben es wie eine Erschütterung durch einen vorbeirauschenden Zug.

Vulkane

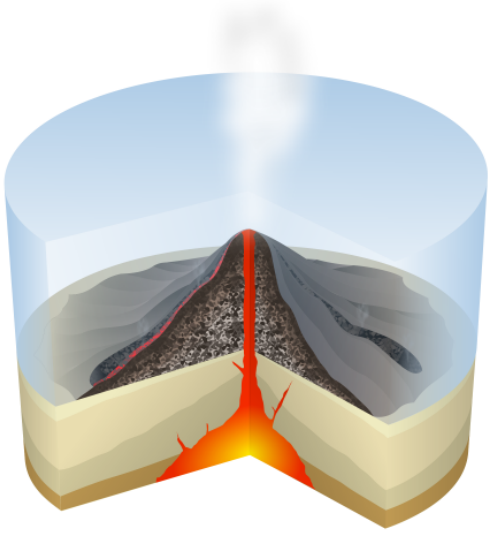
Simon-Luca Schabel

Zum Glück gibt es bei uns nur kleine Erdbeben und keine aktiven Vulkane. Dennoch sind Vulkane für Menschen schon sehr lange ein faszinierendes geologisches Phänomen. Viele Geschichten ranken sich um die feuerspeienden Berge. Lange wusste man nicht, warum es in manchen Gegenden viele Vulkane gibt und in manchen nicht. Erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurde Licht ins Dunkel gebracht.

Die meisten Vulkane entstehen an Rändern tektonischer Platten. Ausnahmen sind Vulkane, die dort entstehen, wo sich eine Platte über einen sogenannten Hotspot bewegt. Dort heizt sich das Gestein so stark auf, dass es schmilzt und eine Magmakammer bildet. Von Zeit zu Zeit wird das Magma in einem Vulkanausbruch an die Erdoberfläche gefördert. Die Hotspots bleiben relativ lange an derselben Stelle. Die darüber liegenden Platten bewegen sich über sie hinweg. Im Laufe von Millionen von Jahren entstehen so Vulkan- und Vulkaninselketten.

Einen Vulkanausbruch kann man nur schwer vorhersagen. Er kündigt sich erst kurz vorher zum Beispiel durch kleine Gasausströme und Erdbeben an.

Es gibt zwei für uns besonders wichtige Arten von Vulkanen: Schichtvulkane (Stratovulkane)



Schnittbild durch einen Vulkan. Bild: Wikimedia, Wikimedia-Nutzer Sémhur, CC-BY-SA

und Schildvulkane. Schichtvulkane sind meist explosive Vulkane. Das heißt vereinfacht gesagt, dass das Magma dort oft sehr zähflüssig ist und die gelösten Gase schwer entweichen können. Dadurch entsteht hoher Druck, der sich explosionsartig entladen kann.

Ausbruch des Eyjafjallajökull auf Island.
Bild: „Eyjafjallajökull first crater 20100329“, Wikimedia, Wikimedia-Nutzer David Karnå, CC-BY

Schildvulkane sind dagegen meist effusive Vulkane, was bedeutet, dass das Magma oft dünnflüssig ist. Die Gase können leichter entweichen. Dadurch baut sich kein so hoher Druck auf und die Lava läuft aus dem Krater heraus. Unterschiede gibt es durch den Druckaufbau, die Umgebung, die Beschaffenheit des Magmas und die darin gebundenen Gase.

Zudem haben die Eruptionen unterschiedliche Folgen. Während ein Schildvulkan oft relativ harmlos ausbricht, gibt es bei einer Eruption eines Schichtvulkanes weitaus größere bzw. folgenschwerere Auswirkungen. Wenn die Eruption explosiv ist, werden die Auswurfmaterialien wie zum Beispiel Lava, Asche oder auch Gesteinsbrocken, sogenannte Bomben, weit in die Höhe geschleudert. Das sieht beeindruckend aus, ist aber auch sehr gefährlich. So kann es zum Beispiel durch die Aschewolke ein großflächiges Flugverbot geben. 2010 wurde der komplette Flugverkehr in Europa wegen des Ausbruchs des Eyjafjallajökull gesperrt.

Ruinen von Pompeji, im Hintergrund der Vesuv.
Bild: Wikimedia, Wikimedia-Nutzer Morn the Gorn, CC-BY-SA

Eine weitere Demonstration der Kraft der Vulkane konnte man im 18. Jahrhundert sehen. Ein Vulkanausbruch auf Island sorgte in Europa für einen besonders strengen Winter. Viele Flüsse froren zu, wodurch sich das Wasser aufstaute, was am Ende des Winters dann zu starken Überschwemmungen führte.

Der wohl berühmteste Vulkanausbruch ereignete sich um 79 n. Chr. in Italien. Dabei wurde die Stadt Pompeji, die am Fuße des Vulkans Vesuv lag, zerstört und unter Asche begraben. Manche Überreste der Stadt kann man heute noch besichtigen, da diese unter den Aschenschichten nahezu perfekt erhalten wurden.

Auf der Welt gibt es ca. 1500 aktive Vulkane, also solche, die während der letzten 10.000 Jahre ausgebrochen sind. Jährlich ereignen sich auf der Erde etwa 50 Vulkanausbrüche. Trotzdem wohnen ca. 20 % der Erdbevölkerung in der Nähe von Vulkanen. Wieso aber leben so viele Menschen an so gefährlichen Bergen? In der

Umgebung von Vulkanen gibt es sehr fruchtbare Böden, da die Auswurfmaterialien der Vulkane viele für Pflanzen verwertbare Elemente aus dem Inneren der Erde mit sich führen. Dadurch kann man dort sehr erfolgreich Ackerbau betreiben.

Vulkanversuche

Daniel Hohm, Bennet Knienieder, Hanna Kotlarski, Julian Kramer und Juliane Pistel

Um uns die Vorgänge im Inneren eines Vulkans besser vorstellen zu können, führten wir mehrere Versuche durch.

Wachs-Wasser-Vulkan

Eines unserer ersten Experimente war der Wachs-Wasser-Vulkan. Wir hatten vor, kaltes Wasser in kochendes Wachs bzw. später auch Öl zu schütten und durch das schlagartige Verdampfen des Wassers eine Explosion zu erzeugen. Wir gingen also vor das LSZU I und riegelten mit Absperrband den Bereich um den Versuch ab. Dann befestigten wir einen Topf mit dem festen Wachs an zwei Stativen über einem Gasbrenner. Darüber kam dann ein Erlenmeyerkolben, an dem wir eine lange Schnur befestigten, damit man ihn auch aus einer Entfernung von ca. 10 Metern mit einem Ruck an der Schnur umkippen und somit das Wasser in den Topf befördern konnte.

Nachdem alles aufgebaut und der Gasbrenner angezündet war, verließen auch wir den abgesperrten Bereich und warteten darauf, dass das Wachs zu kochen anfing. Als Caro und Dominik schließlich das OK gaben, waren wir bereit: Alle Kameras standen, die dramatische Musik lief, der Countdown wurde gebrüllt, die Schnur wurde gezogen und es passierte außer ein paar Spritzern ... nichts. Wir hofften noch zehn Minuten auf eine Nachreaktion, doch passierte immer noch fast nichts.

Wir vermuten, dass das Wachs nicht heiß genug war, und machten den ganzen Versuch noch einmal mit Öl anstatt Wachs, doch es passierte auch weiterhin kaum etwas. Vielleicht hätten wir weniger Wasser oder eine Flüssigkeit mit einem niedrigeren Siedepunkt nehmen müssen, z. B. Alkohol. Obwohl beide Versuche misslangen, hatten wir viel Spaß und konnten einiges lernen.

Unser Wachs-Wasser-Vulkan: Die Konstruktion mit der Schnur dient zum Eingießen des Wassers.

Effusiver Vulkan

Da wir auch die effusiven Vulkane kennengelernt hatten, nahm sich ein Teil von uns vor, einen solchen Vulkan modellieren. Dafür wollten wir die Reaktion von Backpulver und Essig ($NaHCO_3 + CH_3COOH \longrightarrow Na^+CH_3COO^- + H_2CO_3$ und $H_2CO_3 \longrightarrow H_2O + CO_2$) nutzen, bei der Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird und so das Gemisch aus dem Vulkanmodell treiben kann. Natürlich ist ein echter Ausbruch eines effusiven Vulkans keine chemische Reaktion, sondern ein physikalischer Vorgang, aber es war ja auch nur ein Modell.

Wir nahmen für das Modell erst Kaninchendraht und bogen ihn in eine vulkanähnliche Form. Dann rührten wir Tapetenkleister an, was am Anfang auch noch sehr gut funktionierte. Wir klebten drei Schichten Zeitung auf den Kaninchendraht, doch wir hatten viel zu

Kaninchendraht diente uns als Stützgerüst.

wenig Kleister angerührt. Die zweite Kleistermischung reichte zwar, war jedoch längst nicht so gut wie die erste Mischung, wenn man die weißen, glitschigen Klumpen mit Wasser überhaupt als Kleister bezeichnen konnte. Trotzdem hielt die Zeitung auf dem Kaninchendraht.

Modellieren des Vulkankegels mit Spachtelmasse.

Während das Pappmaché trocknete, bauten wir ein Holzgestell für einen Erlenmeyerkolben, auf den das Modell dann gesetzt wurde. Diesen klebten wir dann auf ein Holzbrett, und darüber befestigten wir den unförmigen Klumpen, der eigentlich den Vulkan darstellen sollte. Damit es mehr nach einem Vulkan aussieht, nahmen wir Spachtelmasse, Sand und Steine und ummantelten den Klumpen damit.

Oben ließen wir absichtlich ein Loch, damit man den Erlenmeyerkolben rein- und rausnehmen konnte. Für dieses Loch formten wir dann noch einen passenden Aufsatz aus Knete. Schlussendlich sah das Modell dann wirklich wie ein Vulkan aus, wenn auch mehr wie ein Schichtvulkan anstatt wie ein Schildvulkan. Der Versuch selber klappte im Vergleich zu den Vorversuchen ziemlich gut, und noch Tage später konnte man unseren Vulkan im NwT-Raum riechen.

Thermitvulkan

Um einen explosiven Vulkanausbruch nachzustellen, wagten wir uns an den Thermit-Versuch. In diesem Versuch wird Aluminium mit Eisenoxid zur Reaktion gebracht, wobei das Eisenoxid durch das Aluminium reduziert wird, da letzteres eine höhere Affinität, also Bindungsfähigkeit, zu Sauerstoff besitzt.

Da die Reaktion $Fe_2O_3 + 2Al \longrightarrow 2Fe + Al_2O_3$ stark exotherm verläuft, hat das dabei entstehende flüssige Eisen Temperaturen von über 2000 °C. Das Thermitverfahren wird oft zum Verschweißen von Bahnschienen benutzt.

Thermit-Gemisch (Aluminium und Eisenoxid), zusätzlich mit Magnesiumpulver versetzt.

Da wir jedoch nicht Schweißen, sondern einen explosiven Vulkan simulieren wollten, brauchten wir irgendetwas, damit das Eisen, sozusagen unser Magma, explosiv ausgeschleudert wird. Unsere Lösung war Wasser. Das flüssige Eisen sollte irgendwie auf Wasser gelangen, so dass dieses durch die enorme Hitze des Eisens schlagartig verdampft und das Eisen herausschleudert.

Hierfür bauten wir folgende Vorrichtung: Wir verschlossen die Ablauflöcher zweier Blumentöpfe zuerst mit Spachtelmasse, sodass wir in den einen Wasser und in den anderen das Aluminium-Eisenoxid-Gemisch geben konnten.

Dann befestigten wir den einen Topf auf einem Brett und überstülpten ihn mit einem Stück Kaninchendraht, der in der Mitte ein Loch hatte, so dass man den zweiten Topf darin einzwängen konnte. In den unteren Topf kam nun das Wasser, in den oberen das Thermit-Gemisch, wobei wir auch etwas Magnesiumpulver hinzugaben, damit die Umsetzung des Gemisches hoffentlich schneller und heftiger abläuft. Das flüssige Eisen sollte sich dann durch den Topfboden durchbrennen und ins Wasser gelangen, um von diesem durch das plötzliche Verdampfen herausgeschleudert zu werden.

Zuletzt bastelten wir noch eine Umhüllung für die Töpfe aus Kaninchendraht und Pappmaché, welche wir so anmalten, dass sie einem Vulkan ähnelte. Als wir den Vulkan dann auf unserem Testgelände zündeten, nutzten wir eine spezielle Anzündmischung und Magnesiumband als Zündschnur.

Thermit-Versuch

Geklappt hat dieser erste Durchgang nur zum Teil. Zwar war die extrem helle Flamme der Reaktion gut zur Vulkandarstellung geeignet, jedoch wurde das flüssige Eisen nicht wie wir es uns vorgestellt hatten ausgeworfen. Aus diesem Grund wiederholten wir den Versuch, diesmal jedoch zum einen mit einem Kunststoffbecher als Behältnis für das Thermit-Gemisch, da durch den niedrigen Schmelzpunkt des Kunststoffes im Gegensatz zum Blumentopf mehr Eisen ins Wasser gelangen sollte, und zum anderen ohne die Pappmachéumhüllung.

Bei diesem zweiten Versuch wurde nun tatsächlich Material ausgeworfen, wenn auch immer noch nicht allzu viel. Schön anzusehen war es aber auf jeden Fall, obwohl wir durch das helle Licht geblendet wurden.

Stickstoffvulkan

Zum Glück hatten wir in den zwei Akademiewochen flüssigen Stickstoff zu Verfügung, den wir als Antriebsmaterial für einen Stickstoffvulkan benutzten.

Zunächst einmal mussten wir das dazu notwendige Vulkanmodell natürlich planen. Nach längerem Hin und Her stellte sich heraus, dass wir einen Großteil unseres ursprünglichen Vorhabens wegen fehlender Materialien über den Haufen werfen mussten. Also entwarfen wir in kürzester Zeit ein neues Vulkanmodell.

Endlich konnten wir mit dem Bau beginnen: Wir benutzen aneinandergeklebte Plastikblumentöpfe als Vulkanschlot. Bei allen außer dem untersten Topf schnitten wir den Boden weg. Dann setzen wir sie in Turmform aufeinander und befestigten sie mit Panzertape aneinander. Das Resultat wäre fast perfekt gewesen, doch zum Glück merkten wir noch rechtzeitig, dass der Turm nicht dicht war. Und so bemühten wir uns die nächsten Stunden, den Turm wasserdicht zu bekommen, bis wir gefühlt zwei Tonnen Panzertape und ein paar Heißklebepistolen später ein respektables Ergebnis hatten.

Damit der Turm nicht umfällt, mussten wir ein Fundament finden, auf dem wir den Plastikvulkanschlot befestigen konnten. Und – tada – wieder gab es Probleme. Wir hatten uns darauf geeinigt, eine Holzplatte als Fundament zu nehmen, um den Turm dann mit Heißkleber und Panzertape darauf zu befestigen. Als wir dann eine Platte gefunden hatten, war sie einem Teil der Gruppe zu klein, eine andere Platte war zu groß und wieder eine andere war zu schwer. Einen gefühlten halben Wald später, und weil wir keine bessere Platte fanden, entschieden wir uns für eine der ersten.

Und weiter ging das Bauen. Nun, da wir den Schlot auf dem Fundament befestigt hatten, mussten wir uns darum kümmern, dass unser Vulkan auch wie ein Vulkan aussieht. Um die typische Vulkanform zu bekommen, bauten wir ein Gerüst aus Kaninchendraht. Den Draht befestigten wir dann am Fundament und bogen ihn so zurecht, dass er Vulkanform hatte. Nun kam der etwas gröbere Teil der Arbeit, denn wir hatten vor, den Draht mit einer di-

cken Schicht Pappmaché zu verkleiden. Das fiel vor allem der Zeitungs-KüA zu Lasten, da diese ihre Zeitungen für unseren Vulkan opfern musste. Nach eineinhalb Stunden Kleben und Kleistern hatten wir den Draht dann endlich vollkommen mit Zeitung bedeckt und in Form gebracht. Jetzt hieß es warten, bis das Pappmaché genug durchgetrocknet war, sodass wir es bemalen konnten.

Nach zwei Tagen konnten wir dann mit der Verzierung des Vulkans beginnen. Das Bemalen war der einfachste Teil der Arbeit und verlief ohne Komplikationen. Der obere Teil des Vulkans erhielt einen Anstrich in Braun, der sich weiter unten am Fuß des Berges in einen Grünton wandelte. Nach dem Streichen mussten wir noch warten, bis die Farbe getrocknet war, um endlich den Vulkan zünden zu können.

Nach einem weiteren Tag war es endlich soweit, und der Vulkan war fertig. Wir hatten uns den Verlauf der Eruption so vorgestellt, dass wir den flüssigen Stickstoff in den Vulkanschlot füllen und dann Wasser darauf kippen. Da flüssiger Stickstoff ca. $-196\,^{\circ}\mathrm{C}$ kalt ist und sich das Volumen beim Aggregatszustandswechsel von flüssig zu gasförmig um einen Faktor von ungefähr 650 vergrößert, war unser Plan, dass der flüssige Stickstoff sich mit dem Wasser vermischt und schlagartig verdampft, da das Wasser für den flüssigen Stickstoff auch bei Zimmertemperatur „heiß“ ist. Dadurch baut sich Druck auf, der das Wasser und den restlichen Stickstoff nach oben hinausschleudert. Das Ganze hat beeindruckend gut funktioniert, sodass sich sagen lässt, dass sich der Aufwand auf jeden Fall gelohnt hat.

Gesprengte Regentonnen

Für viel Action sorgte unser Versuch, bei dem wir mit der Sprengung einer Regentonne die Explosivität eines Vulkans simulierten. Dafür verwendeten wir eine Regentonneaus Plastik, eine Colaflasche, Tischtennisbälle, Lebensmittelfarbe, flüssigen Stickstoff und jede Menge Wasser. Mit dem Versprechen unserer Kursleiter, dass eine große Wasserfontäne aus der Regentonne in die Luft geschleudert werden würde, begannen wir hochmotiviert mit den Vorbereitungen.

Wir positionierten die Regentonne auf dem Weg, der vom Eckenberg-Gymnasium zu den LSZU-Gebäuden führt. In der Nähe stellten wir zwei Stative mit Kameras auf, die alles ganz genau filmen sollten. Während ein paar von uns etwas Stickstoff in einen Styroporbehälter füllten und diesen dann vorsichtig Richtung Regentonne trugen, hieß es für die anderen: Wasser holen!

Mit Eimern und Schüsseln bewaffnet stürmten wir das LSZU I und das LSZU II, um Wasser zu besorgen. Doch leichter gesagt als getan; wir konnten die Gefäße nicht ganz füllen, weil sie dann zwischen dem Waschbecken und dem Wasserhahn einklemmten. Mit Gewalt kam man da auch nicht weiter, was man an dem leicht überschwemmten Duschraum der Jungs feststellen konnte. Als wir es schließlich schafften, unsere Gefäße zu befüllen, merkten wir, dass es gar nicht so einfach war, diese zu transportieren (die Jungs haben sich sicher gewundert, warum ihr Flur so nass ist). Die Treppen blieben auch nicht ganz trocken, und auch wir Träger bekamen etwas an Wasser ab. Trotz der leichten Komplikationen war die Regentonne schnell gefüllt (viele Hände schafften ein schnelles Ende).

Für die Optik färbten wir das Wasser noch mit Lebensmittelfarbe rot und legten viele Tischtennisbälle darauf, die als Auswurfmaterial dienen sollten. Vorsichtig gossen wir mithilfe eines Trichters den flüssigen Stickstoff in die Colaflasche, die wir zuvor mit Panzertape an einen Ziegelstein festgemacht hatten. Noch schnell ein Gruppenbild vor dem fertigen Versuchsaufbau schießen und schon begann die heiße Phase (eigentlich müsste man ja „kalte Phase“ sagen).

Wir hatten uns auf einen Sicherheitsabstand von mindestens 20 Metern geeinigt; über das Ausmaß der Explosion wussten wir nämlich wenig. Hanna und Lukas vollendeten unter Dominiks Aufsicht und unseren Schlachtrufen den Versuch: Lukas schraubte mit Handschuhen die mit Stickstoff gefüllte Flasche zu und Hanna ließ sie gerade stehend in die Tonne gleiten. Beide hatten zur Sicherheit eine Schutzbrille auf.

Nachdem die beiden sich in Sicherheit gebracht hatten, blickten wir gebannt auf die Regen-

tonne. Als zwei Baustellenfahrzeuge eintrafen, mussten wir den Fahrern mit lautem Rufen klarmachen, dass sie sich in gefährlichem Gebiet befanden. Und plötzlich brach die Regentonne mit einem lauten Knall und einem riesigen Wasserschwall auseinander! Jubelnd und klatschend liefen wir zu der Regentonne beziehungsweise zu dem, was noch von ihr übrig war. Auch die Colaflasche lag in viele Teile geplatzt auf dem Boden.

Beim Sportfest sorgte unser zweiter Regentonnenversuch für allgemeine Begeisterung.

Nachdem wir alles wieder aufgeräumt hatten, gingen wir zu unserem Kursraum zurück. Während wir ein paar Süßigkeiten vertilgten, klärten wir, warum die Regentonne und die Flasche überhaupt explodiert sind: Ähnlich wie beim Stickstoffvulkan gilt ja, dass das Wasser im Vergleich zum flüssigen Stickstoff ziemlich warm ist. Auch wenn die beiden Flüssigkeiten nicht direkt miteinander in Berührung sind, verdampft der Stickstoff, wenn man die Flasche mit dem Stickstoff ins Wasser gibt, wenn auch langsamer. Da das Stickstoffgas aber nicht aus der Flasche entweichen kann, baut sich ein enormer Druck auf, viel mehr als beim Stickstoffvulkan. Schließlich kann die Flasche dem nicht mehr standhalten und explodiert. Der restliche Stickstoff verdampft ebenfalls, und der Druck wird auf das Wasser und damit auf die Regentonne übertragen. Das halten die nur wenige Millimeter dicken Wände der Plastiktonne nicht aus. Zusätzlich wird das Wasser in einem großen Schwall herausgeschleudert.

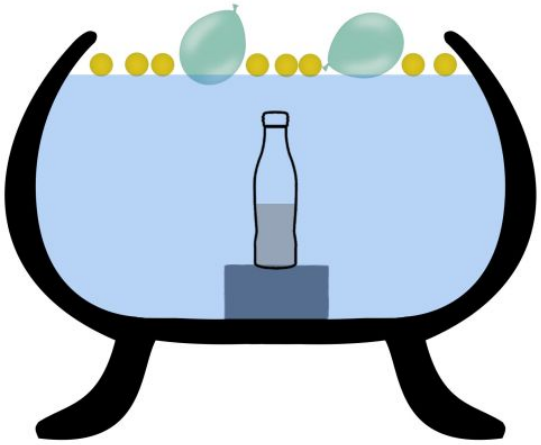
So ähnlich sind manchmal auch die Vorgänge im Inneren eines Vulkans. Im Magma sind Gase enthalten, die mit der Zeit entweichen wollen. Sie können aber nicht immer entweichen, z. B. wenn der Vulkanschlot durch einen Magmapfropfen verstopft ist und sich ein hoher Druck aufbaut. Irgendwann aber wird der Druck zu groß, der Pfropfen wird zerstört und es kommt zum Ausbruch. Das konnten wir durch unseren Versuch zumindest annähernd nachvollziehen.

Auf ähnliche Weise zerstörten wir im Laufe der Akademie vierzehn Colaflaschen und hatten dabei jede Menge Spaß. Den anderen Kursen zeigten wir eine ähnliche Explosion am Sportfest, bei der eine weitere Regentonne zerbarst. Dabei durften wir die verwendeten Tischtennisbälle mit unseren Namen beschriften, um dann zu schauen, welcher am weitesten fliegt. Wir machten alles so wie beim ersten Mal, doch es passierte längere Zeit einfach gar nichts. „Wenn es jetzt nicht funktioniert . . . “, dachten wir alle voller Sorge. Doch völlig zu Unrecht, denn die Tonne explodierte schließlich mit einem lauten Knall. An den Gesichtern der anderen konnte man sehen, dass sie von unserem Versuch ziemlich beeindruckt waren, darauf waren wir natürlich besonders stolz!

Hexenkesselversuche

Ein Großteil unserer Zeit widmeten wir uns den „Hexenkesselversuchen“. Es handelt sich dabei um eine Weiterentwicklung des Regentonnenversuchs mit noch spektakuläreren Ergebnissen. Die Grundidee ist erneut, den flüssigen Stickstoff in eine Flasche einzuschließen und dadurch hohen Druck zu erzeugen. Die Regentonne ersetzten wir allerdings durch einen stabilen Metallkessel, der eigentlich als Requisite für den Hexenkurs gedacht war. Um die Vorgänge im Nachhinein genau analysieren zu können, stellten wir neben dem Kessel wieder

zwei Stative auf, darunter eines mit Tobias „Opferkamera“. Wir schafften aber es aber nicht, diese zu zerstören.



Schematischer Aufbau des Hexenkesselversuchs.

Analog zu echten Vulkanen und genau wie beim Regentonnenversuch baute sich ein großer Druck in den Flaschen auf. Dieser war immer nach wenigen Minuten so groß, dass die Flaschen barsten. Erstaunlicherweise lagen die dabei gefundenen Schwachstellen der Flaschen nicht am Hals, sondern in der Flaschenmitte und am Flaschenboden. Die entstehende Druckwelle drückte den Kessel in Richtung Boden, während das Wasser über der Flasche in einer bis zu 15 Meter hohen Fontäne aus dem Hexenkessel geschleudert wurde.

Diese bildete verschiedene Formen aus, was vermutlich an Parametern wie der Füllhöhe, der Lage der Flasche, der Menge an Stickstoff und der Festigkeit der Flasche lag. So bemerkten wir zum Beispiel, dass der Hexenkessel bei einem der Versuche fast 1 Meter nach oben sprang, bei einem anderen aber nur wenig hoch sprang, sich aber drehte und umkippte.

Zu solchen Experimenten gehört immer auch eine Auswertung, die aber genauso viel Spaß bereitete wie der Versuch selbst. Wir werteten vier der Hexenkesselversuche aus, hinzu kommen die zwei gesprengten Regentonnen und ein Hexenkesselversuch, bei dem wir auch mit dem Seismometer maßen.

Uns interessierte brennend, in welchem Ausmaß Energie bei unserem Experiment auf das ausgeworfene Material übertragen wurde. Um

Beeindruckende Wasserfontäne beim Hexenkesselversuch.

das zu messen, überlegten wir uns zunächst, wie wir die Energie bestimmen konnten. Wir orientierten uns am Energieerhaltungssatz. Dieser besagt, dass in der Physik die Energie grundsätzlich erhalten bleibt, und immer nur von einer Form in eine andere umgewandelt wird. Das bedeutet also, dass die freigewordene Energie durch das Verdampfen und die damit verbundene Volumenzunahme des flüssigen Stickstoffs letzten Endes die Energiequelle für die Beschleunigung der Tischtennisbälle ist.

Die dann in der Geschwindigkeit der Bälle steckende kinetische Energie sollte schließlich – bei Vernachlässigung von Verlusten – der potentiellen Energie am Gipfelpunkt des Fluges entsprechen. Die Geschwindigkeiten maßen wir, indem wir unsere Videos Frame für Frame abspielten und dabei die zurückgelegte Entfernung bzw. die Höhe maßen. Die Rechnung ergab aber ganz unterschiedliche Ergebnisse. Das lag wohl an der Form der Fontäne. Die herausgeschossenen Bälle könnte man zwar an unterschiedlichen Stellen messen; wir nahmen aber immer die frühestmögliche Gelegenheit, um die durch die Wasser- und Luftreibung ent-

Umfangreiche Vorbereitungen für einen der Hexenkesselversuche.

stehenden Abweichungen möglichst gering zu halten.

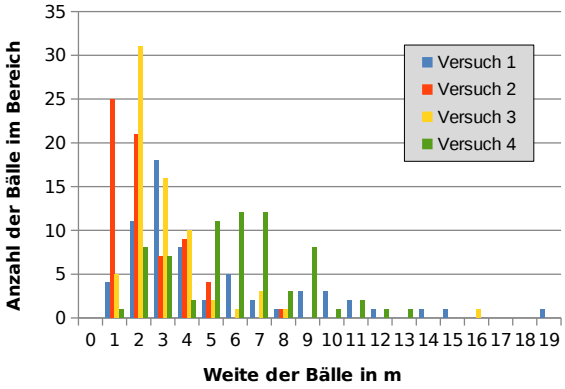
Dennoch fanden wir unterschiedliche Arten von Ballflugbahnen: Der erste Ball-Typ ist schnell und entkommt noch vor der Hauptmenge des Wassers. Er ist daher gut messbar. Der zweite Ball-Typ ist langsam und wird in die Wassermasse hineingeschleudert, durchdringt sie aber nicht. Somit wird er abgebremst und ist schlechter messbar. Der dritte Ball-Typ schießt schräg durch die Wassermasse und daran vorbei. Deshalb ist er spät, aber gut messbar, wird aber stark abgebremst und zeigt eine große Streuung. Als Folge davon kann man nur mit den ersten Typ die Höchstgeschwindigkeit sinnvoll berechnen.

Ball-Nr.	Versuch	s [m]	v [m/s]	v [km/h]	h [m]
1	3	0,1	12	43	5,75
2	3	0,08	9	32	3,25
3	3	0,2	24	86	5,5
4	2	0,14	17	61	7

Messergebnisse für ausgewählte Tischtennisbälle. Dabei ist s die pro Frame zurückgelegte Strecke, v die Geschwindigkeit und h die maximal erreichte Höhe.

Man sieht also, dass Geschwindigkeiten von über 80 km/h erreicht werden. Durch die verschiedenen Formen der Fontäne in verschiedenen Versuchen sind immer nur die Bälle eines Versuches untereinander zu vergleichen. Anhand der Maximalgeschwindigkeit erkennt man, dass eine große Energiemenge umgesetzt wird.

Bei echten explosiven Vulkaneruptionen werden häufig „Bomben“ aus dem Vulkan geschleudert. Dabei handelt es sich um erstarrte Gesteinsbrocken. Wir maßen die Entfernung der Tischtennisbälle vom Hexenkessel und versuchten, die Menge an Auswurfmaterial in einem bestimmten Bereich zu visualisieren.



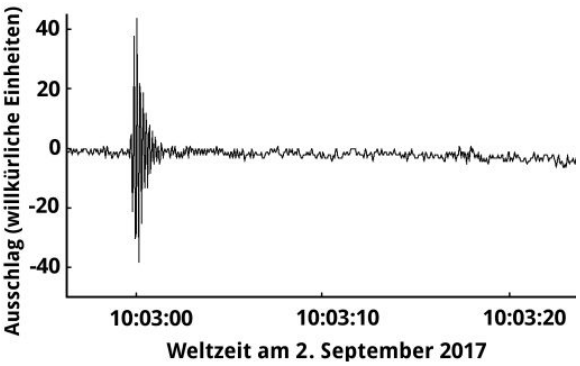
Flugweitenverteilung der ausgeworfenen Tischtennisbälle.

In dem Diagramm kann man erkennen, dass viele Bälle in den Bereich von 2–4 Metern flogen, aber wenige näher oder weiter entfernt vom Kessel waren. Daraus kann man schließen, dass diese Bälle von der Fontäne hochgetragen wurden und nicht sehr schräg flogen. Eine gewisse Abweichung zum Ausgangspunkt könnte vielleicht auch dadurch bedingt sein, dass wir einen Kessel mit schrägen Wänden verwendeten.

Analog zum echten Vulkan konnten wir feststellen, dass sich auch bei unseren Experimenten „Aschewolken“ bildeten. Sie bestanden allerdings nur aus kondensiertem Wasser, das noch in der Luft war, als das flüssige Wasser wieder auf den Boden gefallen war. Interessanterweise sahen wir aber, dass diese Wolke instabil war: Der untere Teil dieser Wolke rutschte ab und strömte in das umliegende Gebiet, während der obere Teil aufstieg und sich verteilte. Dieses Phänomen kann man auch bei echten Vulkanausbrüchen sehen: Große Aschewolken steigen auf, der instabile untere Teil rutscht aber ab und bildet gefährliche pyroklastische Ströme, die alles unter sich verbrennen.

Die letzte Wasserfontäne, die wir erzeugten, ließen wir im Gegensatz zu den anderen Fontänen direkt vor unserem Kursraum explodieren. Wir wollten nämlich die durch den Rückstoß

erzeugte Erschütterung mit unserem Seismometer messen. Man kann im aufgezeichneten Seismogramm erkennen, dass uns das auch gelungen ist. Wir sehen eine abrupt einsetzende und sehr schnell wieder endende Erschütterung. Bei realen vulkanischen Erdbeben sind die Wellen natürlich insgesamt deutlich stärker und länger anhaltend als die von uns erzeugten.



Seismogramm einer Hexenkesselexplosion.

Raketen

Ein Versuch, der eher dem Funfaktor als dem wissenschaftlichen Hintergrund diente, war die Stickstoffrakete. Wir befüllten eine Plastikflasche mit Wasser, aber nicht ganz voll, und zusätzlich noch mit Stickstoff.

Der erste Versuch war unüberhörbar laut. Bei den folgenden Versuchen bekamen wir vorsichtshalber noch Ohrenschützer dazu, die wir aber gar nicht gebraucht hätten, da keine Flasche explodiert ist. Nun passierte auch das, was eigentlich beim ersten Mal hätte passieren sollen: Die Flasche flog mit einem Zischen wie eine Rakete gen Himmel, teilweise bis zu 100 Meter hoch und weit. Auch hier verdampfte der Stickstoff, und es baute sich Druck auf. Da aber die umgedrehte Flasche nicht zugeschraubt war, konnte das Gas das Wasser aus der Flasche treiben. Dadurch zischte die Flasche nach oben.

Wieder und wieder führten wir den Versuch durch, am Ende ließ jeder einmal, manche auch zweimal eine solche Stickstoffrakete starten. Jedes Mal lachten und jubelten wir, dem Spaß waren keine Grenzen gesetzt!

Geysire

Romie Niedermayer

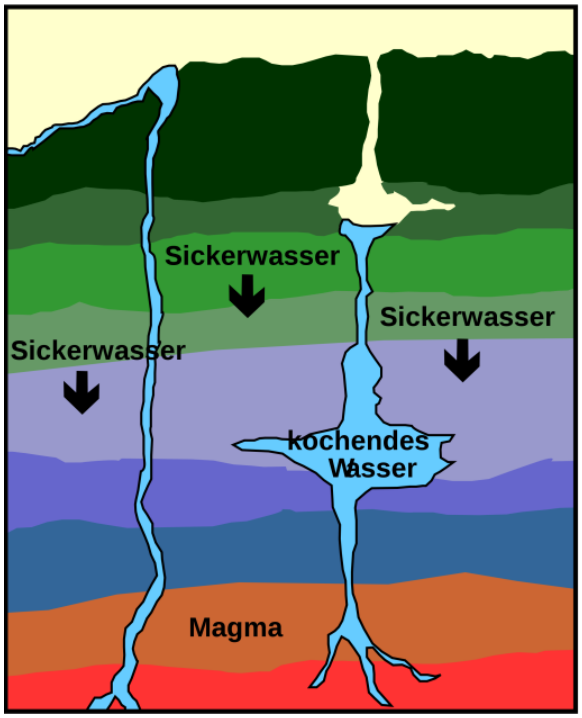
Doch nicht nur Vulkane zeigen eruptives Verhalten. Geysire sind typischerweise heiße Quellen, die von Zeit zu Zeit eine Wasserfontäne und Dampf ausstoßen. Die Eruptionshäufigkeit ist von Geysir zu Geysir verschieden. Er kann alle paar Minuten, aber auch alle paar Jahre ausbrechen. Dies hängt unter anderem davon ab, wie heftig die vorherige Eruption war und wie schnell neues Wasser ins Reservoir nachfließen kann.

Geysire finden wir häufig in Gesellschaft mit Vulkanen, also zum Beispiel auf Island oder in Neuseeland, aber auch in den USA.

Castle Geyser im Yellowstone Park, fotografiert von unseren Kursleitern Caro und Dominik einige Tage vor der Akademie.

Doch wie funktioniert ein Geysir? Man kann sich das vereinfacht so vorstellen: Wasser sammelt sich in einem unterirdischen Reservoir. Das obere Ende der Wasserkammer mündet in einen Kanal, der sich Richtung Oberfläche er-

streckt, aber eine Engstelle aufweist. An heißem Gestein wärmt sich das Wasser auf. Wenn die Engstelle im Kanal klein genug ist, kann Dampf oder warmes Wasser aber nicht effektiv aufsteigen. Durch das umgebende Gestein, die Engstelle und das Gewicht der Wassersäule entsteht ein hoher Druck im Wasser, der zum Siedeverzug führt. Das Wasser erreicht nun Temperaturen von mehr als 100 °C. Letztendlich beginnen irgendwann aber doch Dampfblasen aufzusteigen und die Wassersäule hoch- und herauszuschieben. Nun tritt Druckentlastung ein. Ein Teil des Wassers siedet jetzt schlagartig und vervielfacht sein Volumen. Der Druck wird zu groß, und in einer Fontäne schießen Wasser und Dampf aus dem Boden. Eine solche Eruption kann in der Natur Höhen von über 100 Metern erreichen. Nach der Eruption fließt wieder neues Wasser nach, und der Prozess beginnt wieder von vorne.



Funktionsweise einer normalen heißen Quelle (links) und eines Geysirs (rechts). Bild: Wikimedia, Wikimedia-Nutzer Huebi, CC-BY-SA

Geysir-Experiment

Anika Luz

An dieses Phänomen haben wir uns natürlich auch mit einem Versuch herangewagt. Dazu überlegten sich Daniel und Lukas, einen Geysir mit einem dünnen Glasrohr mit einem Stopfen in einem mit Wasser gefüllten Erlenmeyerkolben nachzustellen. Wir wollten das Wasser im Kolben erhitzen, bis es eruptive Erscheinungen zeigt. Allerdings gelang uns dies nicht bei den ersten Malen, und wir kamen zunächst nicht zum endgültig zufriedenstellenden Ergebnis. Zuerst spritzte das Wasser nur leicht aus der Öffnung des Rohrs hinaus. So erkannten wir, dass es solche Systeme auch ohne große Eruptionen geben kann.

Eine unserer experimentellen Geysiraufbauten.

Um danach doch noch einen spektakulären Ausbruch anschaulich zu machen, stellten wir das Rohr exakt senkrecht, damit ein größerer Druck auf dem Wasser lastet. Aber auch dies ging erst einmal in die Hose, denn das Wasser lief außen am Rohr hinunter und löschte die Brennerflamme. Also auf ein Neues, weiter probieren! Wir stellten den Kolben wieder schräg.

Bis diesmal Wasser mit dem Überlaufen begann, vergingen ein paar Minuten voller angespanntem Warten. Und wie soll es auch anders sein, wir quasselten aufgeregt durcheinander, lachten und stellten auch schon Vermutungen an, was letztendlich passieren würde. Wird der

Versuch gelingen? Oder wird uns der Kolben platzen? Doch nach ca. fünf Minuten war der Druck schon ziemlich groß, weshalb auch schon Wasser aus dem Glasrohr floss, und somit wurde die Wahrscheinlichkeit, dass der Versuch nicht klappen würde, immer geringer. Als dann ungefähr sechs Minuten vorüber waren, begann das große Fiebern, denn das Wasser spritzte im kleinen Bogen aus unserem Rohr heraus.

Nun war uns klar: Dies wird kein Fehlversuch. Immer größer wurde der Bogen des Wassers, und mit jedem gewonnen Zentimeter, der den Wasserstrahl noch weiter trieb, und man hörte ein freudiges „Yayyyyy“ oder „Jaaaa“. Da der Wasserstrahl schon fast das gegenüberliegende Waschbecken traf, fieberten wir mit, ob das Wasser bis in das Becken spritzen würde. Als das tatsächlich geschah, riefen wir schon alle ein noch lauter und grinsten bis über beide Ohren über den jetzt schon sehr imposanten Versuch. Als das Wasser dann auch noch gegen die Wand spritzte, gaben wir noch lauteres Jubelgeschrei von uns.

Schließlich gab es einen letzten Druckstoß, der vom verdampfenden Wasser im Kolben ausging, und das Rohr samt Stopfen aus dem Erlenmeyerkolben und gegen die Wand schleuderte. Das Glas zerbrach und die Scherben verteilten sich auf dem Boden – gut, dass wir in sicherer Entfernung standen. Aber trotz der Scherben und des entstandenen Chaos freuten wir uns riesig über den so toll geglückten Versuch.

Exkursion nach Heidelberg

Juliane Pistel

Unser Kurs durfte am 4. September ein bisschen früher zum Frühstück erscheinen, da wir uns um 8 Uhr trafen, um unsere Exkursion nach Heidelberg zu beginnen. Gestärkt verteilten wir uns dann also auf drei Autos, die uns zu einem der Adelsheimer Bahnhöfe brachten. Die Wartezeit, die wir mit fröhlichem Singen noch weiter verkürzten, war nicht sehr lang, und schon saßen wir im Zug Richtung Heidelberg. Anderthalb Stunden verbrachten wir dann mit Schlafen oder mit einem witzigen Gruppenspiel, das man sehr gut im Sitzen spielen konnte. Und schon waren wir am Hauptbahnhof in Heidelberg. Von dort fuhr uns ein Bus zur Universität. Die letzten Meter legten wir gut gelaunt zu Fuß zurück, dann waren wir auch schon da.

Am Institut für Geowissenschaften erwartete uns Professor Axel Schmitt mit einem spannenden Vortrag über unser Themengebiet, also Vulkane und Erdbeben. Zuerst erzählte er uns etwas über die Vulkane in unserer Gegend, wie zum Beispiel den Katzenbuckel im Odenwald. Danach berichtete er über berühmte Vulkanausbrüche und deren Folgen, wie unter anderem die Auswirkungen auf das Klima des Ausbruchs von 1783 in Island, der dann in Europa zum Teil zu Hochwasser geführt hat.

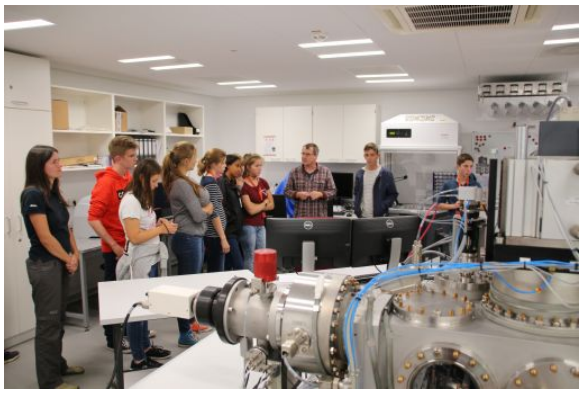
Auf einer Weltkarte zeigte er uns, wo sich sowohl die aktiven als auch die passiven Vulkane auf unserer Erde befinden. Damit konnte er uns auch die Zusammenhänge mit den Erdplatten erklären, da die Vulkane hauptsächlich an den Plattengrenzen liegen. Das war uns zum Teil auch schon durch unser Vorwissen vom Kurs bekannt.

Wir untersuchen Proben mit dem Rasterelektronenmikroskop.

Beeindruckt waren wir von den pyroklastischen Strömen, die bei vielen Vulkanausbrüchen entstehen. Dabei handelt es sich um Ströme aus Gasen und Asche, die hinabsinken und mit bis zu 700 km/h weite Strecken zurücklegen können, auch über Wasser. Das passierte z. B. 1902 auf der Insel Martinique, als der Mont Pelée ausbrach und mit seinen pyroklastischen Strömen 30.000 Todesopfer forderte. Das war beinahe die ganze Bevölkerung der Stadt Saint-Pierre! Dort überlebte als einer von ganz wenigen ein Gefangener, da er durch die dicken Mauern des Gefängnisses geschützt war. Als nächstes klärte

Herr Schmitt uns über die Probenaufbereitung von Vulkanasche auf und welchen Zweck das hat.

Herr Schmitt erntete einen kräftigen Applaus, danach wurde er mit Fragen gelöchert. Als diese beantwortet waren, machten wir uns auf den Weg zu einem kleinen Mittagessen, doch davor durften wir im universitätseigenen Museum tolle Funde von verschiedensten Gesteinsarten und Fossilien bewundern. Zum Essen setzen wir uns in den Außenbereich eines Cafés. Es wurde gegessen, getrunken und viel geredet. Als wir dann zum Institut zurückliefen, stimmten wir das Akademielied „Ein Sack Zement“ an, was für viele belustigte Blicke der Passanten sorgte.



Ein Teil des Kurses am Sekundärionenmassenspektrometer der Universität Heidelberg.

Danach teilten wir uns in zwei Gruppen auf. Die eine Gruppe wurde von Herrn Schmitt zuerst zum Rasterelektronenmikroskop geführt, mit dem man Vulkanasche genau untersuchen kann. Ein paar von uns durften sogar das Mikroskop über den Computer steuern. Nachdem wir noch den Aufbau des Mikroskops erklärt bekamen, tauschten wir mit der anderen Gruppe. Dort erklärte uns Dr. Sonja Storm die pyroklastischen Ströme mithilfe eines Experiments. Man gab Trockeneis (gefrorenes Kohlenstoffdioxid) und Wasser in eine Schüssel. Daraufhin zog man ein Geschirrhandtuch, das zuvor in Seifenwasser gelegt wurde, über die Schüssel, sodass sich eine Seifenblase bildete. Diese blähte sich aufgrund des Kohlenstoffdioxids auf, bis die Blase schließlich platzte und das Kohlenstoffdioxid hinabsank, da es eine höhere Dichte als Luft hat. Dieses Hinabsinken stellte die pyroklastischen Ströme dar.

Nachdem beide Gruppen beide Stationen besucht hatten, schlossen wir uns wieder zusammen und gingen gemeinsam in den Keller des Instituts, wo wir das riesige Sekundärionenmassenspektrometer besichtigen durften. Dieses komplexe System dient zum Analysieren von Gesteinsproben, was uns alle ziemlich beeindruckt hat.

Wir bedankten uns bei Herrn Schmitt, dass er uns alles gezeigt hatte, und konnten uns dann noch 15 Minuten in einem kleinen Einkaufszentrum aufhalten, wo wir vor allem Süßigkeiten für die nächsten paar Tage einkauften. Mit dem Bus fuhren wir wieder zurück zum Hauptbahnhof und mit dem Zug dann wiederum nach Adelsheim. Dort wurden wir mit Autos und dem Kleinbus des LSZU abgeholt und waren dann pünktlich zum Abendessen wieder zurück am Eckenberg-Gymnasium. Auch dieser Tag hat dazu beigetragen, dass wir die Akademiezeit nie vergessen werden!

Rotation und Abschlusspräsentation

Daniel Hohm und Simon-Luca Schabel

Als die Hälfte der Akademie vorüber war, stand wie jedes Jahr die Rotation an. Dabei präsentieren die einzelnen Kurse einen Zwischenstand ihrer Forschungen. Auch der Geophysik-Kurs war darauf bestens vorbereitet: Wir hatten schon erste aussagekräftige Versuche durchgeführt und uns jede Menge Hintergrundwissen angeeignet, das wir den anderen Teilnehmern und Kursleitern zeigen wollten. Dazu mussten wir es aber erst in die Form einer Powerpoint-Präsentation bringen, was wir in Gruppenarbeit taten. Das Resultat war eine tolle Präsentation, die nicht zuletzt durch unser professionelles Geophysik-Layout einen gut vorbereiteten Eindruck machte.

Um uns den Vortrag zu erleichtern, besprachen wir die Vorgehensweise: Wir entschieden uns, es ohne Karteikarten zu versuchen und unsere Übergänge besonders zu gestalten. Dies machte uns Dominik bei einem Probevortrag vor, den wir später alle als gelungenes Beispiel in Erinnerung hatten. Danach ergriff jede der

vier geschlechtergemischten Gruppen ebenfalls die Gelegenheit, die Präsentation zu üben und somit Selbstvertrauen zu gewinnen.

Am Rotationstag selbst lief daher alles wie am Schnürchen, und wir konnten sowohl andere Teilnehmer als auch die Kursleiter von uns überzeugen. Zitate wie „Hätte ich doch auch Geophysik gewählt“ häuften sich, was uns in der folgenden Woche bestärkte.

Als dann die Sommerakademie schon fast zu Ende war, kamen am letzten Mittwoch noch eine große Zahl externe Gäste zum Präsentationstag: Eltern, Großeltern, Geschwister, aber auch Freunde und ehemalige Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Alle waren sehr gespannt zu hören, was wir in den vergangenen fast zwei Wochen erarbeitet und gelernt hatten.

In Dreiergruppen wurde dann erneut präsentiert: Was ist ein Vulkan? Was passiert bei einem Vulkanausbruch? Durch was entstehen Erdbeben und wie kann man sie messen? Und was ist überhaupt ein Geysir? Wer sich diese Fragen schon einmal gestellt hatte, fand in unserer Abschlusspräsentation seine Antworten. Falls allerdings noch Fragen offen waren, konnten die Zuhörer diese natürlich stellen, und soweit sie in unserem Wissen lagen, versuchten wir, sie bestmöglich zu beantworten.

Als dann die Präsentation zu Ende war, konnten die Zuhörer unser selbst aufgebautes Seismometer auch noch ausprobieren, indem sie hochsprangen und dann das Ergebnis auf dem Bildschirm sehen konnten. Die von uns gesammelten Steine lagen auch schön aufgereiht und beschriftet an der Seite, wo sie begutachtet werden konnten. Vor der Abschlusspräsentation waren alle etwas angespannt, aber als es dann vorbei war, waren alle richtig glücklich, weil alles gut gelaufen war.

Unser Stickstoff-Eis

Melina Patzartzis

Nachdem die Stickstoffversuche beendet waren, hatten wir noch eine gewisse Menge Reststickstoff. Damit wollten wir den anderen Akademieteilnehmern unsere erworbenen Fähigkeiten nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Praxis demonstrieren. Also machten wir nach dem gemeinsamen Abendessen am Grillplatz Eis für die ganze Akademie. Da wir eine große Bandbreite von Geschmäckern abdecken wollten, stellten wir nicht nur eine, sondern gleich vier verschiedene Eissorten her. Für die Chocoholics unter uns gab es natürlich cremiges Schokoladeneis, für die, die es etwas fruchtiger mochten, gab es Kirscheis, und wer es etwas tropischer mochte wurde durch das leckere Bananeneis glücklich gemacht. Aber auch für die, die von Laktoseintoleranz betroffen waren, gab es etwas zum Genießen, sie bekamen frisches Kokossorbet.

Was für alle vier Eissorten notwendig war, war die Herstellung der Eisgrundmasse. Beim Kirscheis sowie beim Bananeneis lag der erste Schritt darin, die Früchte zu zerkleinern, um sie danach weiterverarbeiten zu können. Dafür nutzen wir einen handelsüblichen Pürierstab, mit dem wir die Früchte solange pürierten, bis wir eine zähflüssige und weitestgehend klümpchenfreie Masse erhielten. Für das Kokossorbet sowie für das Schokoeis war dieser Schritt nicht notwendig. Für das Schokoladeneis wurde Kakaopulver verwendet, das im Anschluss mit Milch und Sahne vermengt wurde. Dem Kirsch- und Bananenpüree wurden die gleichen Mengen an Milch und Sahne hinzugefügt und mit dem Pürierstab zu einer gleichmäßigen Masse vermischt. Das Kokossorbet bestand, im Gegenteil zu den anderen Eissorten, nur aus Kokosmilch und Zucker, der im nächsten Schritt den Eisgrundmassen hinzugefügt wurde. Dabei achteten wir nicht auf genaue Mengenangaben, sondern probierten, ab wann die Mischung leicht übersüßt schmeckte.

Als wir fertig mit den Grundmassen waren, begann der wesentlich spannendere Teil dieser Aktion: das Beimischen des Stickstoffs. Dabei wechselten wir vom Pürierstab zum großen Löffel. Sobald wir anfingen, den Stickstoff in unser Vorgehen einzubeziehen, waren Sicherheitsvorschriften natürlich von großer Bedeutung. Das hieß: Alle Zuschauer, die auch zahlreich erschienen waren, mussten mindestens zwei Meter Abstand zu unseren Tischen halten. Die Geophysiker, die für den Stickstoff verantwortlich waren, trugen Handschuhe, und natürlich setzten alle beteiligten Eismacher ihre Schutzbrillen auf. Es

ging endlich los, und die Stickstoffbeauftragten schütteten uns langsam und vorsichtig nach und nach den Stickstoff in unsere Mischungen, die unter starkem Aufschäumen und aufsteigendem Nebel abgekühlt wurden.

Wir versorgen die ganze Akademie mit Eis.

Das Problem bei der Eisherstellung ist, die richtige Textur zu erreichen. Bei diesem Punkt konnte unser Eis aber problemlos mit dem Speiseeis aus der Eisdiele mithalten. Aufgabe des Stickstoffs ist es, unsere Eismischungen abzukühlen, dabei kristallisiert das Wasser in den Mischungen.

Rein theoretisch müssten wir dann mit der Zeit aber kein cremiges Eis, sondern einen harten und „eiskalten“ Kirsch-, Bananen-, Kokos-, beziehungsweiße Schokoladeneis-Klotz erhalten. Da wir uns daran aber höchst wahrscheinlich die Zähne vollständig ausbeißen würden, mussten wir die komplette Auskristallisierung des Eises verhindern, was wir durch kräftiges Rühren erzielten. Obwohl es am Anfang ziemlich einfach ging, wurde es mit zunehmender Menge an Stickstoff und vor allem zum Ende hin sehr kraftaufwendig. Da es aber sehr wichtig ist, kräftig und durchgängig zu rühren, um eine cremige Konsistenz zu erzielen, war der ein oder andere am Ende dann doch auf die zusätzliche Kraft des Nebenmanns oder der Nebenfrau angewiesen.

Dies führte aber schließlich dazu, dass wir den freudig wartenden Teilnehmern und Leitern ein gelungenes, cremiges, leckeres und vor allem selbst gemachtes Eis präsentieren konnten. Doch nicht nur das, ein Nebel-Spektakel gab es noch dazu.

Die Herstellung war höchstwahrscheinlich spannender als der Verzehr unseres Eises. Der Geschmack litt darunter aber keineswegs. Bedenken bezüglich der Gesundheit waren absolut überflüssig, da dieses Experiment völlig ungefährlich ist, zumindest was den Verzehr angeht. Was den Umgang mit flüssigem Stickstoff angeht, sollte man das dann doch lieber die machen lassen, die sich damit auskennen. Dennoch überzeugte unser Eis, erhellte vielen die Gesichter noch ein bisschen mehr und versüßte allen noch den Abend.

Schluss(?)-Worte.

Tobias van Lier

Zwei Wochen und zwei Wochenenden können eine sehr kurze Zeit sein. Das hat die Science Academy uns allen sehr deutlich gezeigt. Wir sind zu einer großen Familie geworden, haben viel Spaß gehabt, Experimente gemacht. Haben zusammen gesungen, gelacht, Explosionen erzeugt, Simulationen ausgedacht. Damit soll jetzt einfach Schluss sein? – Nein!

Ich darf diese Worte schreiben, über ein Ende, das keines ist: Erinnerungen, Freundschaften, Erfahrungen bleiben. Ich bin mir ganz sicher, dass das hier keiner von uns vergisst! „We're building it up to bring it back down! We're building it up to burn it down. Can't wait to burn it to the ground!“ Wenn wir diese Zeilen von Linkin Park jetzt im Radio hören, kommt uns allen die Akademie wieder in den Sinn: Wie viele Modelle haben wir aufgebaut, um sie danach abzubrennen? Wie oft auf die nächste Explosion gefiebert? Wie passend, dass Simon-Luca zu diesem Lied ein cooles Musikvideo mit eigenen Bildern gemacht hat!

Auch wenn der Abschied jetzt schwerfällt, weiß ich, dass es keinen Schluss gibt. Dass jeder viel aus Adelsheim mit nach Hause nimmt. Dass wir uns bestimmt noch das ein oder andere Mal wiedersehen. Und dass ich für immer Häuptling Großes Wumms-Bumms bleiben werde.

Zitate aus dem Kurs

Lukas: Ich glaub, dies Jahr Silvester wird langweilig.

Dominik: Wenn ihr schnell macht, dann schaffen wir es noch vorm Mittagessen, was in die Luft zu sprengen.

Daniel: [Zu Dominik] Das hat er jetzt nicht gemacht ...

[Dominik kippt (ausreichend ...) Magnesium-, Eisen- und Aluminiumpulver auf 500 Wunderkerzen.] Daniel zu Caro: War das abgesprochen? Caro [guckt entgeistert]: Nein ...

Anika: Jetzt bummst's gleich.

Lennart: Toffifan!

Alle: Guuurrrkeeee!

Tobias: Zum Glück war ich das nicht – sonst könnte ich weder reden noch hören.

Dominik: Wenn man an der Station jetzt aussteigt, ist man nicht Mind, aber f****d.

Kurs 4: Hexenhorror – Warum sind Hexen eigentlich so böse?

Einleitung

Pia Kehder, Florian Seubert, Martin Christ

Abrakadabra, Simsalabim und Hex Hex, schon sind wir um den magischen Zauberkessel versammelt. So begann ein Morgen bei den Hexen und Hexern, allen voran mit den beiden Kursleitern Martin Christ und Florian Seubert und ihrer Schülermentorin Pia Kehder und den Teilnehmerinnen und Teilnehmern des Amerikanistik-/Geschichtekurses. Als Exot unter den Kursen in vielerlei Hinsicht stachen wir stets als verzauberter Kurs in Adelsheim hervor. Damit angefangen, dass wir nicht wie die übrigen Kurse ein naturwissenschaftliches Thema untersuchten, sondern uns mit einer geisteswissenschaftlichen Thematik befassten, bis hin zur Tatsache, dass wir nicht zwölf, sondern elf im Kurs waren. Die Zahl elf als Zahl der Spiritualität, Magie und Mystik. Wie passend! Fast so passend wie der Ort, an dem wir unseren Kursraum hatten, dem Gebäude 6, auch bekannt als „Musikgebäude“. Musik in unseren Ohren ließ auch der LKW unseres Vertrauens erklingen, der sich seines Ballastes auf dem Blocksberg, auch genannt Schutthaufen, erleichterte. Abgesehen von diesen kurzen Episoden, in denen der Lastwagen vorbeifuhr, kann man doch von einer äußerst produktiven, nahezu bezaubernden Arbeitsatmosphäre sprechen. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer waren nicht nur für Musik und Tanz mit ihrer Schülermentorin Pia Kehder, sondern auch für allerlei Historisches und Amerikanistisches von ihren Kursleitern zu begeistern. Welche Erkenntnisse sie dabei gewonnen haben, möchten sie nun in diesem Zauberbuch mit Ihnen teilen. Diese Sammlung zu allerlei Wissenswertem über die „Hexen und das Böse“ ist nun

erstmalig in solch einer Form niedergeschrieben. Beim Erkunden und Entdecken wünscht Ihnen der gesamte Hexenkurs viel Spaß!

Basiswissen Hexe

Lilly Jost, Viviane Ell

Etymologie

Will man dem Bösen der Hexe etwas näher auf den Grund gehen, lohnt es sich, sich mit der Etymologie, also der Herkunft des Wortes *Hexe*, zu beschäftigen. Dabei merkt man schnell, dass dieses Wort nicht immer eine schlechte Bedeutung hatte.

So findet man z. B. im *Wörterbuch der Gebrüder Grimm* zur Herkunft von *Hexe* das altnordische Wort *hagr* für *klug* und das schweizerische *hagsch* für *verschmitztes Weib*. Schaut man sich nach weiteren Herkunftsmöglichkeiten um, stößt man auf das altgermanische *hägtesse*, wobei *hag* so viel bedeutet wie *gehegtes Feld* oder *Garten* und *tesse* mit *verderben* übersetzt werden kann.

Demnach wird die Hexe nicht mehr als kluge Frau wahrgenommen, sondern als jemand, der Feld und Besitztum anderer Leute schädigt. Diesen Prozess der Bedeutungsverschlechterung nennt man Pejorisierung.

Darstellung im Laufe der Zeit

Vermutlich haben Sie, wenn Sie an den Begriff *Hexe* denken, das Bild einer alten Frau mit Buckel und einer ekeligen Warze auf ihrer krummen Nase vor Augen: die typische Märchenhexe.

Dieses Bild der Hexe, welches man vor allem an Halloween oftmals als Kostüm zu Gesicht bekommt, ist sehr von der amerikanischen Kultur geprägt. Die Hexe wird als die Böse, als Unheilbringerin, als Feldverderberin gesehen. Das war allerdings nicht immer so: Früher wurde sie als kluges Waldweib, das sich mit Kräutern auskennt, dargestellt. Doch wie Sie bereits gelesen haben, änderte sich diese Bedeutung. So herrschte im 16. und 17. Jahrhundert eine große Angst vor Hexen.

Im 18. und 19. Jahrhundert wandelte sich das Bild erneut: Von Hexen als attraktiven Frauen ging nun eine gewisse erotische Faszination aus. Sie wurden oft mit dem Mysteriösen, dem Geheimnisvollen assoziiert.

Am Eröffnungswochenende sollten wir eine Hexe aus Fimo modelieren

Einige Nationalsozialisten sahen die Hexen wiederum komplett anders: Für sie waren sie die Guten, die an der germanischen Kultur festhielten und von der christlichen Kirche unterdrückt und verfolgt wurden – eine Sicht, die die nationalsozialistische Ideologie und Kirchenpolitik vollauf unterstützte.

Heute wird die Hexe zwar immer noch häufig als die Böse dargestellt, zum Beispiel im Märchen von Hänsel und Gretel oder auch in zahlreichen Horrorfilmen. Doch es gibt auch viele andere Darstellungen der Hexe: In *Harry Potter* beispielsweise tritt sie nicht eindeutig als gut oder böse auf. Geschichten für Kinder wie *Bibi Blocksberg* oder *Hexe Lilli* zeigen sogar eine verniedlichte Form der Hexe. Die dabei stattfindende Vermarktung ist eines vieler Beispiele für die Omnipräsenz der Hexe in unserem Alltag, unserer Kultur und unserer Sprache (z. B. Hexenschuss).

Funktionen der Hexe

Die Hexe hat viele verschiedene kulturelle Funktionen. Hierbei gibt es Unterschiede zwischen den Funktionen früherer Zeit und denen des 21. Jahrhunderts. Heute hat die Hexe, wie sie in Filmen wie *Harry Potter* oder in Geschichten wie *Bibi Blocksberg* zu sehen ist, vor allem eine

Vorbildfunktion und dient als Identifikationsfigur für junge Mädchen und Jungen. Das heißt, die Kinder, die diese Geschichten lesen, erkennen sich in den Figuren wieder und können sich in sie hineinversetzen.

Eine weitere Funktion ist die didaktische: Das bedeutet, dass die Hexe als Negativ-, Lehr- und Abschreckungsbeispiel eingesetzt wird. So wird einem Kind beispielsweise gesagt: „Geh niemals alleine in den Wald, denn da lauert die böse Hexe!“

In diesem Zusammenhang haben wir im Kurs die Sündenbockfunktion besprochen. Wie der Name schon sagt, wird die Hexe dabei als Sündenbock für alles Schlechte genutzt. Vergleichbar ist dies mit der Rolle der Juden im Mittelalter. So wird die Hexe oft auch als Erklärungsmodell für Phänomene benutzt, die unerklärlich scheinen. Noch heute hört man manchmal den Spruch „Das ist ja wie verhext!“, wenn man mit etwas zu tun hat, das man sich nicht erklären kann.

Da wir uns im Kurs auch mit Horror in Filmen auseinandergesetzt haben, haben wir uns die verschiedenen Hexenfiguren in Filmen angesehen. Dort hat die Hexe meist eine dramaturgische Funktion: Sie bringt in der Regel eine negative Veränderung mit sich und gilt als Konflikt- und Chaosbringerin. Ein Beispiel hierfür ist die Verfilmung des Stephen-Sondheim-Musicals *Into The Woods* (2014).

Zum Schluss haben wir die Außenseiterfunktion der Hexe beleuchtet. Eine Hexe, wie die meisten von uns sie sich vorstellen, zeichnet sich durch ihr deviantes (von unseren sozialen Normen abweichendes) Verhalten aus. Wir assoziieren oft Wildheit, Ungepflegtheit und Ekel mit ihr. Dagegen gilt es bei uns als „normal“, zivilisiert, gepflegt und schön zu sein. Bei diesem Punkt sind wir auf das Abjekte zu sprechen gekommen. Abjekt kommt von den lateinischen Wörtern *a*, was soviel wie *weg-/ab-* und *iacere*, was *werfen* bedeutet. Wir haben Teile von dem an beziehungsweise in uns, was die Hexe verkörpert, wollen es allerdings nicht haben und stoßen es ab. Gleichzeitig hat es aber auch einen gewissen Reiz. Wir finden es also ebenso abstoßend, wie anziehend und spannend.

Basiswissen Hexenverfolgung

Viele Menschen denken, dass die Hexenverfolgung ausschließlich ein Phänomen des Mittelalters war. Die meisten Hexenprozesse fanden allerdings von etwa 1450 bis 1750 statt, also hauptsächlich in der Frühen Neuzeit. Die Hochphase vermutet man von ca. 1550 bis 1650.

Insgesamt wurden in Europa ca. 3 Millionen Menschen der Hexerei angeklagt, davon offiziell 40.000–60.000 hingerichtet. Wie groß die Dunkelziffer ist, weiß man bis heute nicht. Auffällig ist, dass es dabei regional sehr große Unterschiede gab: Während im Heiligen Römischen Reich Deutscher Nation, dem damaligen Deutschland, ca. 25.000 und in Großbritannien und Nordamerika ca. 1.500 Personen beschuldigt wurden, waren es in den Niederlanden etwa 200, in Portugal weniger als 10 und in Irland vermutlich noch weniger.

Warum wurden Hexen verfolgt?

Auf diese Frage lässt sich keine eindeutige Antwort finden, doch findet man in der Bibel (Exodus 22, 17) einen Satz, der die Rechtfertigung vieler Verfolgungen darstellte, die von Christen ausgingen: „Eine Hexe/Zauberin/Wahrsagerin sollst du nicht am Leben lassen/dulden.“

Wie man sieht, tut sich dabei jedoch ein großes Problem auf: Da die Originalsprache der Bibel Hebräisch bzw. Altgriechisch ist, ließen manche Wörter keine eindeutige Übersetzung zu. Welche Personen waren nun gemeint? Und sollte man diese nur nicht akzeptieren oder sollte man sie gar töten?

Doch obwohl die Kirche früher einen sehr starken Einfluss auf die Menschen hatte, dürfte dieser Satz noch lange nicht den einzigen Grund darstellen, warum das Prinzip der Hexenverfolgung damals so viele Menschen überzeugt hat. Man vermutet deshalb, dass zu dieser Zeit die Stimmung generell sehr pessimistisch war. Es gab unter anderem eine Inflation, viele Krankheiten und sogar eine kleine Eiszeit, die der Bevölkerung schwer zu schaffen machte. Man konnte sich diese Dinge nicht erklären und suchte jemanden, dem man die Schuld für das ganze Übel geben konnte: die Hexen.

Da Männer gesellschaftlich oft höher gestellt waren als Frauen, waren 75–80 % der Angeklagten weiblich und davon nicht wenige von der Gesellschaft isoliert oder hatten einen schlechten Ruf, wenn z. B. eine Verwandte bereits der Hexerei bezichtigt wurde. Auch die Fruchtbarkeit spielte bei den Anklagen oft eine große Rolle, da es eine der Hauptaufgaben der Frau war, Kinder zur Welt zu bringen. War dies nicht möglich, sei es, weil sie unfruchtbar oder verwitwet war, wurden viele Menschen sofort misstrauisch.

Da die Ankläger oft Nachbarn oder andere Personen waren, die eine Verbindung zu der/dem Angeklagten hatten, vermutet man, dass oft Neid, Hass oder weitere persönliche Motive eine große Rolle spielten. Hatte zum Beispiel der Nachbar ein schönes Grundstück, auf das man ein Auge geworfen hatte, oder wollte man einen Mitbewerber für ein wichtiges Amt aus dem Weg räumen, war es ein Leichtes, ihn aus fadenscheinigen Gründen der Hexerei anzuklagen.

Anschuldigungen

Hexen wurden oft mit dem Teufel in Verbindung gebracht: Sie waren seine Geliebte und er gleichzeitig ihr Auftraggeber. Deshalb lautete die Hauptanklage gegen Hexen, einen Pakt mit dem Teufel geschlossen zu haben. Dabei hatten die Leute eine verblüffend genaue Vorstellung davon, wie das vonstatten ging: Manchen Aussagen zufolge schreibt die Hexe ihren Namen mit ihrem Blut in das Buch des Teufels und verschreibt ihm damit ihre Seele.

Auch sehr beliebt waren Anklagen wegen Schadenszauber (*maleficium*): Hier wurde die Hexe z. B. beschuldigt, Unwetter gehext und somit der Ernte geschadet zu haben. Dieses Phänomen lässt sich vielleicht mit dem häufig schlechten Wetter und Frost durch die kleine Eiszeit in Europa erklären. Auch Zauber, die unfruchtbar machten, fielen in die Kategorie der Schadenszauber.

Des Weiteren sagte man Hexen nach, zum Hexensabbat zu fliegen um dort mit anderen Hexen, Dämonen und dem Teufel zu feiern und zu tanzen und – eine Vorstellung, die man meist aus Märchen wie *Hänsel und Gretel* kennt – Kannibalismus zu betreiben, besonders in Bezug auf Kinder.

In England sprach man außerdem oft von sogenannten „familiars“, also Tieren und Geistern, die von einer Hexe kontrolliert wurden.

Hexenprozesse

Ein typischer Hexenprozess begann, indem die Anschuldigungen gegen die „Hexe“ und damit die Anklage hervorgebracht wurden. Daraufhin wurde diese verhaftet und ins Verhör genommen, wo oft Hexenproben wie die Wasserprobe angewandt wurden. Dabei wurde die Angeklagte mit an ihr befestigten Gewichten ins Wasser geworfen. Blieb sie an der Wasseroberfläche, bedeutete dies, dass sie wirklich eine Hexe war, da das Wasser Kreaturen des Teufels und des Feuers abstieß. Ging sie allerdings unter, war dies ein Zeichen ihrer Unschuld und sie wurde wieder aus dem Wasser herausgezogen. Diese Methode war jedoch nicht überall als juristisches Mittel anerkannt und wurde in England sogar verboten.

Auch die Folter war ein gängiges Mittel bei den Verhören: Die Angeklagten wurden so lange gefoltert, bis sie das sagten, was der Richter hören wollte, und ein Geständnis ablegten. Es gab nur wenige Fälle, in denen die Person standhaft blieb, sodass kein Geständnis erzwungen werden konnte.

Bei diesen Verhören kam es oft vor, dass von den Angeklagten gefordert wurde, noch weitere Personen zu nennen, die mit ihnen beim Teufel gewesen wären. Aus diesem Grund entwickelte sich die Hexenjagd zum Massenphänomen, wodurch zum Teil bis zu 50 % der Bewohner eines Dorfes der Hexerei angeklagt wurden.

Die Hexe im Wandel

Den Glauben an Magie allgemein kann man bis in die Antike zurückverfolgen, und auch heute noch findet man ihn z. B. in Horoskopen wieder. In vielen Kulturen, wie der afrikanischen oder indischen, gibt es den Glauben an Hexen und das Übernatürliche noch immer. So

kam es in Südafrika noch in den 1990ern zu Hexenverfolgungen größeren Ausmaßes.

Im Laufe der Zeit entstanden einige Falschaussagen über die Hexenverfolgung wie, dass insgesamt über neun Millionen Hexen hingerichtet wurden. Auch wenn mit dieser Zahl stark übertrieben wurde, wurden dennoch viele Menschen im Zuge der Hexenverfolgung hingerichtet.

Heutzutage liegt von der Kirche eine offizielle Entschuldigung für die vielen Verbrechen vor, die bei den Hexenverfolgungen begangen wurden.

Es ist hinzuzufügen, dass nicht jeder die Hexenjagd unterstützte. Autoren wie Hermann Wilken (1522–1603) oder Anton Praetorius (1560–1630) zeigten sich bereits zur Zeit der Hexenverfolgung gegenüber dieser kritisch.

Männliche Hexen

Auch wenn bis hier hin nur die Rede von weiblichen Hexen war, wurden auch Männer der Hexerei angeklagt. Männer, die des Hexenwerkes beschuldigt wurden, machten allerdings mit etwa 15–20 % einen deutlich geringeren Anteil der Beschuldigten aus. Dies unterschied sich jedoch von Region zu Region. Männliche Hexen waren also eher Randerscheinungen, weshalb wir unser Augenmerk während der Kursstunden eher auf die weibliche Hexe legten. Für männliche Hexen gibt es viele Umschreibungen, wie zum Beispiel Hexer, Hexenmeister, Zauberer oder auch Magier.

Für uns unterscheiden sich diese Bezeichnungen jedoch zum Teil ziemlich stark voneinander. Einen Magier würden wir eher auf der Bühne in einer Magieshow erwarten. Dagegen haben die meisten von uns bei dem Begriff Zauberer eher das Bild eines lieben, alten Mannes, mit spitzem Hut und einem langen, weißen Bart im Kopf, also in etwa das Bild von Albus Dumbledore aus *Harry Potter*.

Bei dem Begriff Hexenmeister merkten wir, dass diesem durch den simplen Anhang von -meister eine höhere Position als der Hexe zugeschrieben wird. Aber woran könnte das liegen? Beispielsweise war der Rang des Mannes zur Zeit der Hexenverfolgung höher als der der Frau. Er war oft das Familienoberhaupt und versorgte die Familie finanziell, was häufig mit der Bibel begründet wurde.

Native American Witches

Bekanntlich sind wir ja nicht nur der Geschichte-Kurs, sondern auch der Amerikanistik-Kurs! Somit ist es klar, dass wir uns im Sinne der amerikanischen Literatur, Kultur und Sprache auch viel mit Hexen und Hexengeschichten aus dem amerikanischen Raum befasst haben. Hierzu haben wir einige Geschichten von indigenen amerikanischen Hexen und Hexern, den sogenannten Native American Witches, betrachtet. Dabei ist uns aufgefallen, dass zwischen schwarzer und weißer, also böser und guter Magie unterschieden wird, wobei die Übergänge nicht klar getrennt sind. Schnell ist uns auch eine gewisse Verbundenheit zu Tieren und der Natur ins Auge gesprungen. Das merkt man vor allem an Elementen wie *Shapeshifting* und den sogenannten Trickstern. *Shapeshifting* bezeichnet die Veränderung/Verwandlung der eigenen Gestalt, zum Beispiel in ein Tier.

Anthropomorphisierter Kojote

Unter anderem haben wir die Geschichte *The Two Witchmen from Acoma* aus der Kultur des Pueblo-Stammes gelesen, in der sich zwei Hexer in Kojoten verwandeln. Die Legende stammt aus dem süd-westamerikanischen Raum um New Mexico. Wie man in obiger Illustration (gezeichnet von einer Kursteilnehmerin) erkennen kann, hat das Tier (hier: der Kojote) noch immer menschliche Züge und wird somit als anthropomorphisiert bezeichnet.

Um die Vielfalt der Hexenmythen der indigenen Völker erfassen zu können, haben wir uns Legenden aus den verschiedensten Regionen Amerikas angeschaut, in denen die Hexe als vampirisches Wesen oder Kannibalin dargestellt wird. Dieses Erscheinungsbild der Hexe findet sich unter anderem bei Stämmen im Nordosten Amerikas und an der Grenze zu Kanada.

Die Tricksterfiguren wie die Kojoten, die oft eine wichtige Rolle in den Geschichten spielen, könnte man mit den deutschen Schelmen wie Till Eulenspiegel vergleichen. Sie geben gerne Tipps und Wegweisungen. Dabei versuchen sie oft, die Menschen mit Hilfe von Täuschungen hinters Licht zu führen. Vergleicht man die uns bekannten europäischen Märchen mit den Geschichten über Native American Witches, bemerkt man schnell die vielen Parallelen wie z. B. den Kannibalismus. Das liegt an dem Austausch zwischen der amerikanischen und europäischen Kultur seit der Pionierzeit und wird auch als mythische Hybridisierung bezeichnet.

Salem

Annika Hölz, Rahel Hornung, Phillip Yan

Salem historisch

Gab es auch Hexenverfolgungen außerhalb Europas? Was geschah zur selben Zeit im Rest der Welt? In Amerika beispielsweise kam es im 17. Jahrhundert auch zu Hexenverfolgungen. Als wir uns mit diesen amerikanischen Verfolgungen beschäftigten, fokussierten wir uns auf die Prozesse in Salem. Sie wurden auch in dem Theaterstück *Hexenjagd* von Arthur Miller dramatisiert. Und so konnten wir schließlich die Hexenkultur in Europa mit der amerikanischen vergleichen. Dies schärfte unser Verständnis für das Phänomen Hexenverfolgung, lieferte uns eine andere Sichtweise auf die Verfolgungen und zeigte die anhaltende Aktualität der Thematik in verschiedenen soziopolitischen Kulturräumen auf.

Salem, eine Stadt im Bundesstaat Massachusetts, ist eine bedeutende Quelle im Rahmen der Hexenverfolgung. Denn nicht nur innerhalb Europas kam es zur Hexenverfolgung mit Prozessen und letzten Endes zum Hexenwahn.

Im Februar 1692 begann der große Hexenwahn in Amerika. Zu dieser Zeit herrschten schlechte Lebensumstände in Salem. Das damalige Dorf war von nur wenigem fruchtbarem Land umgeben, es kam zu schlechten Ernten, und daraus resultierende eine miserable wirtschaftliche Lage. Außerdem hatten die Dorfbewohner mit Pockenepidemien zu kämpfen, und eine starke Konkurrenz zwischen Salem Village und Salem Town resultierte in starken politischen Spannungen, die zu zusätzlichen Problemen führten. Oftmals kamen noch Angriffe, verübt von umliegenden Indianerstämmen, dazu. Die unerklärlichen Probleme waren für das puritanische Dorf ein schwerwiegendes Laster.

Die Puritaner waren durch ihren Glauben und ihre strenge Auslegung und Befolgung der Bibel von jeglichen kulturellen Veranstaltungen ausgeschlossen. Der Gang ins Theater oder der Besuch eines Musikabends, aber auch das eigene Singen und Tanzen waren untersagt. Jegliches Handeln und Denken wurde in einen religiösen Kontext gestellt. Jede kleine deviante Tat, also Handlungen, die von der Bibel abwichen, war verpönt.

Es wird vermutet, dass diese ethnischen, religiösen und auch persönlichen Probleme die Gründe waren, die zu den massenhaften Anschuldigungen in Salem führten. Ebenso waren vermutlich oft auch Neid, Rachegedanken, Macht und Eifersucht starke Motive. Denn insgesamt wurden zwischen 1692, dem Beginn der Hochphase der Hexenverfolgung, und dem ungefähren Ende 1696 über 150 Frauen, Männer und auch Kinder angeklagt. Dies entsprach damals einem Viertel der Gesamtbevölkerung Salems.

Die ausgesprochenen Anschuldigungen waren, wie auch in Europa, Wetterzauber sowie Unfruchtbarkeits- und Schadenszauber, auch *Maleficia* genannt, aber auch Zerstörung des Eigentums anderer. Eine weitere Furcht war die Beziehung mit dem Teufel. Hexen galten damals als Diener des Teufels, die ihren Namen in sein Buch eingetragen hatten und ihm aus diesem Grund untergeordnet waren. Mit der Unterschrift wurde dem Teufel die Seele überschrieben, um die er gebuhlt hatte, und der Teufelspakt war geschlossen.

Die Anschuldigungen häuften sich, und oft wurden Bewohner mehrmals angeklagt. Für das puritanische Dorf war es ein Entsetzen, dass sich Hexen unter ihnen befanden, die sich Gott widersetzt und von ihm abgewandt hatten, um lieber dem Teufel zu dienen.

In Salem spitzte sich die Lage 1692/93 zu, und fast die gesamte Dorfbevölkerung war untereinander misstrauisch. Es herrschte Verfolgungswahn im ganzen Dorf.

Niemand konnte sich mehr sicher fühlen, denn es lauerten überall potentielle Verräter, die schon lange Rachegedanken hatten und diese letztlich auch über die Anschuldigungen ausführen konnten. Als eine der ersten wurde Tituba, eine Sklavin, die auch in Arthur Millers Drama vorkommt, der Hexerei beschuldigt. Die Beschuldigungen gegen das dunkelhäutige Hausmädchen häuften sich.

1692 begannen Thomas Danforth, der Stellvertreter des Gouverneurs, und der Richter John Harthorne mit den Gerichtverhandlungen, um die „übernatürlichen Vorkommnisse“ in Salem aufzuklären. Das Gericht nannte sich *court of oyer and terminer*.

Es kam zu Kettenprozessen, denn die Zahl der Denunziationen, sprich der Anschuldigungen, nahm in hohem Maße zu. Nur diejenigen, die zugaben, einen Pakt mit dem Teufel geschlossen zu haben und andere Namen nannten, die sie ebenfalls mit dem Teufel in Verbindung sahen, wurden freigelassen, um sie wieder auf den richtigen Weg zu Gott zurückzuführen. In den benachbarten Gebieten Salems kam es ebenfalls zu einem regelrechten Verfolgungswahn und zu Gerichtsprozessen.

Die Geständnisse wurden oft unter schlimmer Folter, wie dem Strecken des Körpers oder dem Drücken von Gewichten auf die Brust, erzwungen. Diejenigen aber, die der Hexerei bezichtigt wurden, selbst aber keinen Grund und Willen verspürten, ihre Taten zu gestehen, wurden zum Tode verurteilt.

In Salem gab es 21 Menschen, die hingerichtet wurden, weil sie ein Bündnis mit dem Teufel nicht zugeben wollten, und weitere 5 verstarben während der Haft. Einer, Giles Corey, wurde lebendigen Leibes unter Steinen begraben, da er sich weigerte zu gestehen, auch weil er wohl den gesellschaftlichen und psychischen Druck und die Folgen der Beschuldigung, mit dem Teufel im Bunde zu sein, nicht mehr ertragen konnte.

Die Hochphase der Hexenprozesse endete noch 1692. Es fanden allerdings auch noch danach Prozesse statt, und es wurden immer noch Hexenproben durchgeführt. Das Einzige, das ausblieb, waren die Verurteilungen mit schlimmen Strafen als Folge.

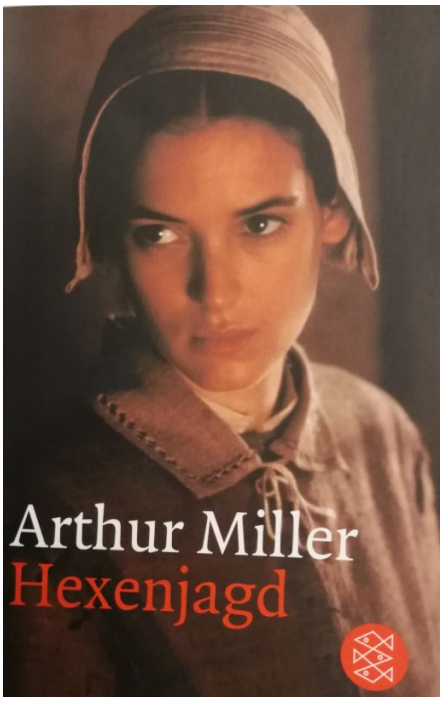
Im Jahre 1696 bemühten sich die beteiligten Juroren um ein Ende der Prozesse, inklusive Vergebung aller Beschuldigten. Dieses Einschreiten beendete die *Salem Witch Trials*. Trotzdem waren noch lange Zeit später die Auswirkungen der Verbrechen zu spüren.

Foltermethode zur Erzwingung eines Geständnisses im Kupferstich *Zum Zug gebunden*

Hexenjagd von Arthur Miller

In seinem Drama *Hexenjagd* aus dem Jahre 1958 beschäftigte sich Arthur Miller mit den Hexenprozessen in Salem.

Zu Beginn spielt sich die Handlung im Haus des Pastors Parris ab, der in der Nacht davor seine Tochter, seine Nichte Abigail und weitere Mädchen, welche nackt im Wald tanzten, überrascht. Seitdem bewegt sich seine Tochter nicht mehr. Da man keine Krankheit feststellen kann, wird Hale, ein Experte für böse Geister, nach Salem gerufen. Abigail, die durch Fragen von Hale in die Ecke gedrängt wird, beschuldigt Tituba, die Sklavin von Parris, mit dem Teufel im Bunde zu sein. Sie habe Abigail gezwungen, im Wald zu tanzen und Blut zu trinken.



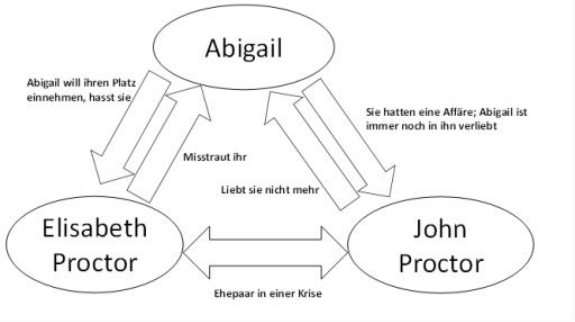
Buchcover unserer Kurslektüre *Hexenjagd* von Arthur Miller

Von einem Todesurteil bedroht, gesteht Tituba und beschuldigt schnell andere Menschen, mit dem Teufel im Bunde zu sein. Abigail und ihre Freundinnen folgen Titubas Beispiel. Die Hexenprozesse beginnen.

Der Bauer Proctor hatte eine Affäre mit Abigail, nun wird seine Frau festgenommen, da ihr vorgeworfen wird, Abigail mit einer Voodoo-Puppe angegriffen zu haben. Proctor versucht, seine Frau zu befreien. Um dies zu erreichen, sagt sein Hausmädchen aus, dass Abigail vor Gericht gelogen hat. Das Hausmädchen bezichtigt anschließend Proctor, ein Hexer zu sein.

Elizabeth Proctor versucht, ihren Mann vor der Hinrichtung zu schützen, allerdings kann er nicht ertragen, dass sein Geständnis ein Hexer zu sein, veröffentlicht wird. Am Ende des Dramas wird Proctor getötet.

Nach den drei Einheiten des Dramas (Raum, Zeit, Handlung), die auf Aristoteles zurückgehen, kann *Hexenjagd* in vielerlei Hinsicht als ein klassisches Drama bezeichnet werden. Doch was bedeuten diese Einheiten? Die Einheit der Zeit bedeutet, dass die Handlung meist nicht mehr als 24 Stunden umfasst und in sich nicht springt. In *Hexenjagd* ist dies nur teilweise so, da sich das Drama über einen Zeitraum von mehreren Monaten erstreckt. Die Einheit des Raumes bedeutet, dass man sich in einem geschlossenen Ort befindet. Geschlossen in dem Sinne, dass sich die Umgebung nicht ständig ändert. *Hexenjagd* entspricht der Einheit des Raumes, da die Handlung durchgehend in Salem spielt. Nach der Einheit der Handlung dürfte *Hexenjagd* kein offenes Ende haben, dies trifft zu, allerdings hat es relativ viele Nebenhandlungen. Somit entspricht es nur teilweise der Einheit der Handlung.



Personenkonstellation der Hauptfiguren

Aristoteles hat nicht nur die Kategorien für das klassische Drama festgelegt, sondern auch für den tragischen Helden. In *Hexenjagd* ist Proctor der tragische Held. Laut Aristoteles erlebt der Held ein Unglück, und die Ursachen dafür liegen in seiner Natur. Er kann nicht gegen seine Prinzipien und seinen Charakter handeln. An Proctor kann man diese Punkte sehr gut erkennen, als er mit sich hadert, das Geständnis zu unterschreiben. Es widerspricht seiner Natur zu lügen, und er kann sein Handeln nicht mit sich selbst vereinbaren. Deshalb zerreißt er am Ende sein Geständnis und erlebt eine Katastrophe, seinen Tod.

In seinem Drama orientiert sich Miller stark an den tatsächlichen Hexenprozessen in Salem. Zu Beginn des ersten Aktes beschreibt er die damalige Situation in Salem. In diesem Abschnitt lassen sich Beispiele für drei wichtige Konzepte der Amerikanistik finden. Das erste ist die Frontier (eng.: frontier = Grenze). Zum Zeitpunkt der Handlung des Dramas ist die *frontier* noch eine tatsächliche Grenze. Sie erstreckte sich zwischen den besiedelten Gebieten an der Ostküste und der daran grenzenden *wilderness*. Wie Arthur Miller schreibt, ist für die Menschen damals diese Wildnis „das Refugium des

Teufels, seine Heimstätte, die Festung seines letzten Gefechtes“ (Arthur Miller, *Hexenjagd*, Fischer Verlag, Seite 9, Zeile 7f.). Im Drama ist der Wald auch der Ort für Hexenrituale, zum Beispiel als die Mädchen anfangs im Wald tanzten. Die damals befestigte Grenze sollte die Kolonisten vor den Ureinwohnern schützen.

Ein weiterer Begriff, der von Miller erwähnt wird, ist *New Jerusalem.* Die in Salem lebenden Puritanier glaubten fest daran, dass sie das auserwählte Volk Gottes seien und sie im *New Jerusalem* leben würden. Dazu findet sich das Zitat: „Ihre Vorfahren [der Puritanier] waren selbstverständlich in England verfolgt worden, deshalb hielten sie und ihre Kirche es für notwendig, jeglicher anderer Religionsgemeinschaft keinerlei Freiheiten zuzugestehen, damit ihr Neues Jerusalem nicht durch falsche Lehrern und Irrwege beschmutzt und korrumpiert würde“ (Arthur Miller, *Hexenjagd*, Fischer Verlag, Seite 9). Hier sieht man deutlich, dass es ihr *New Jerusalem* ist. Darunter verstehen sie, eine paradiesische, perfekte Stadt. Spannend ist hier zu sehen, dass diese Überzeugung in der Namensgebung ihres Dorfes wiederzufinden ist, da Salem der hintere Teil des Wortes Jerusalem ist. Damit haben sie ihr eigenes Neues Jerusalem errichtet.

Das dritte Konzept, *Manifest Destiny*, bedeutet ungefähr „offensichtliches Schicksal“ und zeigt sich besonders gut im dritten Akt. Die Amerikaner im 19. Jahrhundert glaubten, dass sie das „göttliche“ Recht hätten zu expandieren und ihre Ideen, ihre Werte und ihr Gedankengut den anderen (in diesem Fall den Ureinwohnern) aufzuzwingen. Im Drama lässt sich dieser Gedanke bei Richter Danforth erkennen, da er es als seinen göttlichen Auftrag sieht, gegen das Böse in Salem vorzugehen. Dies wird deutlich, als er sagt: „Dies ist eine strenge Zeit, eine genaue Zeit – wir leben nicht mehr in der Dämmerstunde, wo sich das Böse mit dem Guten vermischt. Dank Gottes Gnade strahlt jetzt die Sonne hell, und die das Licht nicht fürchten, werden sie sicherlich preisen“ (Arthur Miller, *Hexenjagd*, Fischer Verlag, Seite 80, Zeile 35–39). Diese Gründungsmythen, die die Amerikanistik untersucht, prägen das Denken und Handeln der Menschen bis heute.

Arthur Miller stellt in *Hexenjagd* verschiedene Arten der Magie dar. Wir unterschieden dabei *greifbare* und *nicht greifbare* Magie. Unter *greifbarer* Magie verstehen wir eine klar beschreibbare Aktion, die für jeden wahrnehmbar ist. Beispielhaft dafür sind die nackten, tanzenden Mädchen im ersten Akt. Die zweite Form der Hexerei können wir im dritten Akt finden, als Abigail einen Vogel sieht, den keiner sonst sehen kann. Proctors Hausmädchen wird unterstellt, diesen herbeigerufen zu haben. Diese Art der Hexerei ist eine *nicht greifbare*, nicht für jeden sichtbare Hexerei. Sie kommt in *Hexenjagd* oft vor. Diese Art von Magie wird *Spectral Evidence* genannt. Interessant ist auch, dass in Salem der Spektralbeweis als sicherer Beweis galt, was so viel heißt wie, dass *nicht greifbare* Beweise (zum Beispiel: Geister, Träume und Wahnerscheinungen) vom Gericht anerkannt werden. Deshalb konnten sie oft auch manipulativ eingesetzt werden.

Wie wir bereits bei den Hexenprozessen in Europa herausgefunden haben, steckten oft hinter den Anklagen weitere Gründe. Diese Motive sind auch bei Abigails Handeln zu vermuten. Als Motiv von Abigail analysierten wir die Rache an Elisabeth Proctor und ihre Liebe zu John Proctor, welche im Drama die Haupthandlung ist. Diese Motive lassen besser erkennen, wie es zu den vielen Anschuldigungen kam.

Hexenjagd ist auch interessant im Zusammenhang mit unserem Kursthema. Dieses lautet „Hexenhorror – Warum sind Hexen eigentlich so böse?“ Um zu verstehen, warum Hexen böse sind, muss man sich anschauen, wie sie dargestellt werden. Hier gibt das Drama viele Antworten.

Zum einen ähneln die Hexenvorstellungen denen in Europa, die wir bereits kennengelernt haben. Zumindest zu Beginn des Dramas werden von der Gesellschaft ausgeschlossene, verwitwete und isolierte Frauen als Hexen bezeichnet. Später werden aber auch angesehene Frauen wie Rebecca Nurse, eine reiche Frau, die sich gegen die Hexenprozesse äußerte, verurteilt. Alles, was von der Norm abwich, also deviant war, wurde als komisch und gefährlich angesehen. Ein Beispiel dafür ist Marte, die Frau von Gi-

les Corey, sie las Bücher, ein damals in einem puritanischen Dorf unübliches Verhalten, und wurde deswegen der Hexerei verdächtigt. Demnach wurde alles Ungewöhnliche mit Hexen assoziiert.

Ein weiteres Kennzeichen von Hexen ist, dass sie nicht in die Kirche gehen, nicht richtig beten können oder den Namen des Herren nicht ertragen. Solch eine Art von Indiz ist immer wieder zu finden, z. B. im ersten Akt, als die Tochter von Pastor Parris zu schreien anfängt, als sie einen Psalm hört. Hexen werden allgemein als Gegner der Kirche dargestellt. Sie sind die Verbündete des Teufels und helfen ihm, die Kirche zu stürzen.

Interessant ist, dass eine Vermischung mit den *Native American Witches* stattfindet. Erkennbar ist dies daran, dass Elisabeth Proctor unterstellt wird, Abigail mit einer Voodoo-Puppe angegriffen zu haben.

Um weiter auf unser Kursthema einzugehen, ist es wichtig zu fragen, wer oder was das Böse in *Hexenjagd* ist. Auch auf diese Frage gibt es mehrere Antworten. Das, was die Menschen damals als Böse empfanden, waren der Teufel und seine Machenschaften. Er war die Bedrohung, vor der man sich schützen musste. Böse war somit alles, was mit ihm im Kontakt war. Dieser Kontakt wurde Hexen auch als Anklagepunkt vorgeworfen.

Ein anderer Aspekt des Bösen in *Hexenjagd* sind Veränderungen. Arthur Miller schreibt im ersten Akt, dass die Zeit, in der das Drama spielt, von Veränderungen geprägt war. Als die Puritanier auswanderten, war im Vereinigten Königreich der Bürgerkrieg ausgebrochen und das Land im Umbruch. Ebenfalls entwickelte sich die Gesellschaft hin zum größeren Individualismus, der besagt, dass die eigene Person in den Vordergrund gestellt wird. Die Welt schien für die Menschen damals aus den Fugen geraten zu sein, und das versetzte sie in Panik. Ein Produkt dieser Angst war die Jagd auf Hexen, weil Sündenböcke nötig waren.

Eine andere Antwort auf die Frage nach dem Bösen ist, dass eine ganze Gesellschaft als böse dargestellt wird. Während des Dramas bleibt immer offen, ob es Hexen wirklich gibt, oder ob sie eine reine Erfindung waren, die von den Menschen zu ihrem eigenen Nutzen eingesetzt wurde. Der Autor kritisiert die schnelle Urteilsbildung über andere, den Willen, sich selbst zu bereichern, die herrschende Verlogenheit und die Stimmungsmache gegen bestimmte Personen. Somit waren die genannten Punkte Teile des Bösen.

Die Ungerechtigkeit der Todesurteile über unschuldige Personen wie Elizabeth Proctor und Rebecca Nurse sind für den Leser kaum zu ertragen. Man empfindet das Gericht, seine Urteile und Abigail, die bewusst versucht, die Angst vor Hexen zu nutzen, um das zu erreichen, was sie will, als unfair. Es könnte sein, dass der Autor diese Gefühle wecken möchte, um auf Probleme in seiner eigenen Gegenwart und seinem politischen Kontext hinzuweisen.

Ein Argument für diese These ist, dass *Hexenjagd* als politische Parabel verstanden werden kann. Das bedeutet, dass seine Handlung sich wie ein Klappbild auf eine andere gesellschaftliche Situation übertragen lässt. So lassen sich hier Parallelen zwischen der Handlung und der McCarthy-Ära, in der das Drama entstand, ziehen. Die Dorfbewohner verfolgen Menschen, von denen sie denken, dass sie Hexen sind, während in der McCarthy-Ära zwischen 1947 und 1956 in den USA die „Hexen“ Kommunisten waren und von der Öffentlichkeit verfolgt wurden.

Benannt ist diese Zeit nach dem Senator Joseph McCarthy (1908–1957). Damals herrschte eine, auch von Propaganda ausgelöste, wahnartige Panik vor der sogenannten „Roten Gefahr“, den Kommunisten. Ihnen wurde Verschwörung gegen den Staat unterstellt. Um gegen sie vorzugehen, wurde 1938 das Komitee für unamerikanische Aktivitäten eingerichtet. Vor dieser Art Gericht mussten sich die Beschuldigten verantworten. Dabei wurde immer gefragt, ob die Angeklagten Kommunisten seien oder es jemals gewesen seien und ob sie Kommunisten kennten (*Are you or have you ever been a communist? Do you know any communists?*). Menschen, die mit dem Kommunismus in Verbindung gebracht wurden, verloren ihre Arbeit, landeten auf der schwarzen Liste oder wurden inhaftiert. Während diesen *McCarthy Witch Hunts* wurde *Hexenjagd* veröffentlicht. Die Parallelen zwi-

schen den real-politischen Begebenheiten und dem Dramenstoff waren für viele Theatergänger offensichtlich. Damit zeigte Miller auch die anhaltende Relevanz der Hexenthematik.

Konstruktivismus

Fabian Homburg, Noah Bauer

Die Hexe: Sie hat eine krumme Nase. Ein grünes Gesicht. Einen Buckel. Rote Haare. Meistens noch einen Besen. Sie jagt Kinder. Wenn wir uns diese Dinge vor Augen führen, denken wir sofort an die Hexe als böse Frau oder brutale Dienerin des Teufels – doch warum sind Hexen so böse? Wie kam es dazu? Damit diese Fragen beantwortet werden können, muss zunächst geklärt werden, welche Handlungen böse sind und was es bedeutet, böse zu sein. An diesem Punkt hilft der Konstruktivismus. Er beinhaltet einen bestimmten Forschungsansatz, den sogenannten *Labeling Approach*, der besagt, dass es kein naturgegebenes Gut und Böse gibt, sondern dass die Menschen dies nur konstruieren. Dazu haben wir Textauszüge aus einem der Bücher des deutschen Philosophen Friedrich Nietzsche gelesen. Er wird auch als Vater des Konstruktivismus bezeichnet und hat in seinem Buch *Die Genealogie der Moral* über das Böse geschrieben.

Labeling Approach

Jeder von uns denkt zu wissen, dass Mörder böse sind, denn jeder von uns ordnet Handlungen sofort als gut oder böse ein. Dabei richtet man sich nach gesellschaftlichen Normen. Normen sind Anweisungen, welche helfen, unsere Handlungen einzuordnen. Dementsprechend wissen wir durch sie, was gut und was böse ist. Also sind Handlungen durch die Normen exakt und sofort als richtig oder falsch definiert.

Den Gegensatz zu diesem Konzept bildet der sogenannte *Labeling Approach.* Auf Deutsch bedeutet dies „Etikettieransatz“. Er besagt, dass alle Handlungen in dem Moment neutral sind, in dem sie geschehen. Sie werden erst später von der Gesellschaft bei Aushandlungsprozessen gelabelt („etikettiert“). Um dies zu verdeutlichen, ein Beispiel: Ein Mann geht in einen Juwelierladen. Er sieht einen teuren Ring, nimmt ihn in die Hand und verlässt den Laden. Der *Labeling Approach* sagt, dass die Tat an sich neutral ist. Weder falsch, noch richtig.

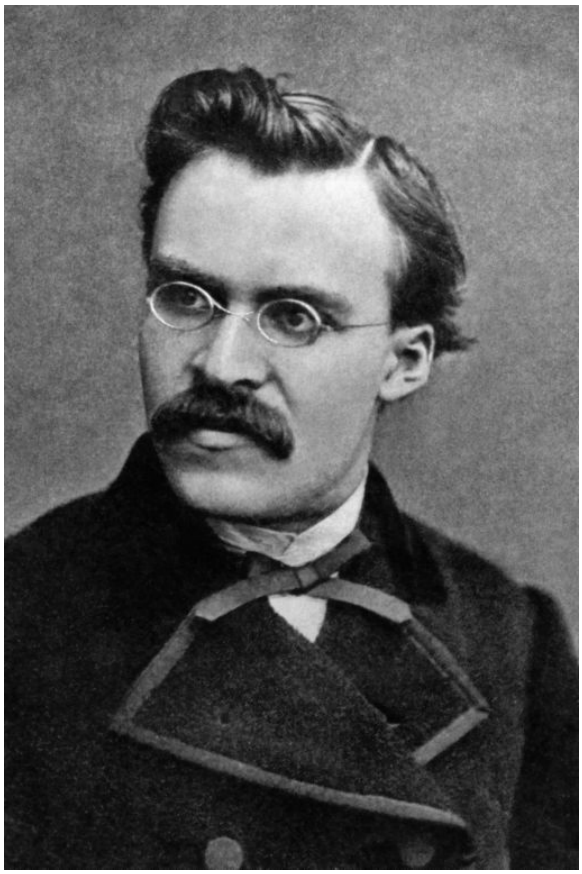
Ganz anders als wir. Wir ordnen diese Handlung sofort in eine bestimmte Kategorie ein, während der *Labeling Approach* auf die Aushandlungsprozesse wartet. Dies bedeutet, dass man sich nicht sofort einig ist, in welche Kategorie die Handlung eingeordnet wird. Sie wird erst durch das Urteil der Gesellschaft als gut oder böse definiert. Aber das Labeln ist immer relativ zum Betrachter. Beispielsweise ist ein Mensch, der von seiner Glaubensrichtung vollkommen überzeugt ist und dafür auch mordet, aus Sicht der Justiz immer noch ein Mörder; er selbst aber labelt sich nicht als böse, sondern als gerecht.

Ein Gegensatz zu diesem Konzept bildet der ätiologische Forschungsansatz, der mehr nach Ursachen fragt. Wie der Name bereits sagt, beschäftigt er sich im Gegensatz zum *Labeling Approach* mit der Frage, warum jemand etwas getan hat. Der *Labeling Approach* fragt nicht nach dem Grund einer Handlung, sondern warum ein bestimmtes Verhalten als kriminell gilt, wie es in seine Kategorie gelangte, wer es in die Kategorie einordnete und warum, wann und welche Widerstände es dagegen gab.

Wenn die Hexe als Außenseiterin auf die Vorstellungen der Gesellschaft trifft, wird klar, dass sie diesen nicht entspricht. Sie muss trotzdem in eine Kategorie eingeordnet werden. Sie wird als fremd und unheimlich gelabelt, aber vor allem als deviant, sprich ihr Verhalten ist abweichend von der Norm. Deviantes Verhalten wird als nicht gut eingeordnet. Es stört das gesellschaftliche System, und dadurch wird die Hexe in die Kategorie des Bösen einsortiert.

Friedrich Nietzsche

Durch den *Labeling Approach* wissen wir, dass Handlungen grundsätzlich nicht als gut oder böse eingeordnet werden können, sondern dass dies erst durch kulturelle Prozesse geschieht. Für unsere Hexe bedeutet das, dass sie bzw. ihr Verhalten generell überhaupt nicht schlecht ist, sondern erst als böse gelabelt wird.



Porträt von Friedrich Nietzsche

An diesem Punkt setzten wir nun mit Friedrich Nietzsche ein. Nietzsche war ein Philosoph des 19. Jahrhunderts und befasste sich ebenfalls mit dem Bösen. Wir haben Ausschnitte aus einem seiner Bücher, der *Genealogie der Moral*, gelesen. In diesem schreibt Nietzsche über Gut und Böse, Schuld und schlechtes Gewissen sowie die Entstehung des Menschen. Das Buch ist bereits 1887 erschienen und ist trotzdem noch für heutige Probleme relevant. Obwohl mehr als einhundert Jahre vergangen sind, sind Nietzsches Werke immer noch topaktuell.

In seinem Buch hinterfragt Nietzsche die Normen und Vorstellungen der Gesellschaft. In der Argumentation geht es darum, dass wir ein System haben, in dem bestimmte Normen, Regeln und Werte gelten. Diese Werte und Regeln werden von jedem akzeptiert und als naturgegeben betrachtet. Sie stimmen einfach. Nietzsche fragt aber, ähnlich wie beim *Labeling Approach*, warum es diese Werte überhaupt gibt. Er kommt zu dem Schluss, dass alles ein Konstrukt ist.

Ein Zitat aus seinem Buch verdeutlicht Nietzsches Auffassung.

> Dass die Lämmer den grossen Raubvögeln gram sind, das befremdet nicht: nur liegt darin kein Grund, es den grossen Raubvögeln zu verargen, dass sie sich kleine Lämmer holen. Und wenn die Lämmer unter sich sagen „diese Raubvögel sind böse; und wer so wenig als möglich ein Raubvogel ist, vielmehr deren Gegenstück, ein Lamm, – sollte der nicht gut sein“? (*Zur Genealogie der Moral*, Reclam Verlag, S. 34, Kapitel 13)

Die Lämmer sind von Natur aus schwächer als die Raubvögel. Und doch erheben sie sich moralisch über die Stärkeren, indem sie diese als böse bezeichnen. Die natürliche Ordnung, nämlich die Vögel über den Lämmern, wird auf den Kopf gestellt.

Es wird verdeutlicht, dass aus einer bloßen Behauptung die Vögel in eine abwertende, falsche Kategorie eingeordnet werden. Man kann das Beispiel auch auf jegliche andere Bewertung übertragen. Denn aus den Feststellungen ergibt sich, dass die moralischen Normen von der Gesellschaft konstruiert sind.

Radikal weitergedacht gibt es die allgemein anerkannte Regel, nicht zu töten. Wenn man tötet, wird man, wie die Raubvögel, zum Mörder und ist böse. Mit dem *Labeling Approach* hinterfragen wir das Urteil und kommen zum Schluss, dass die Person nicht böse ist, sondern eine neutrale Tat verübt hat. Es ist also geklärt, dass wir eine ursprünglich neutrale Tat haben, die durch Regeln eingeordnet – gelabelt – wird. Also muss nun gefragt werden, warum es zu einer solchen Regel kam, warum Töten schlecht oder böse ist.

Nietzsche argumentiert, dass die geltenden Werte, Normen und Regeln einer Gesellschaft nur konstruiert sind. Das, was schon immer gegolten hat, hat auch jetzt noch richtig zu sein. Jegliche Regeln sind nicht reell, sondern menschengemacht.

Nietzsche entlarvt die Konstrukte, die es folglich gar nicht braucht. Man kann sich von diesen Vorstellungen befreien und die Gesellschaft

neu ordnen. Es steckt also auch eine Menge politischer Sprengkraft in seinen Worten – „Warum sollte ich mich denn an die Regeln halten, wenn die doch sowieso nur konstruiert sind und ohne den Menschen nicht gelten? Ich bin ein freier Mensch und kann tun und lassen was ich will."

Allerdings ist dieser radikale Gedanke gesellschaftlich nicht praktikabel. Nach dem konstruktivistischen Denken sind zum Beispiel Schmerzen nur Konstrukte. Ein schwerkranker Mensch würde demnach keine Schmerzen erleiden. Die Grenzen des Konstruktivismus sind deutlich sichtbar und deshalb von der Gesellschaft allgemein nicht anerkannt.

In den Erkenntnissen des *Labeling Approach* und Konstruktivismus steckt einer der wichtigste Teile unserer Antwort auf die Kursfrage: Hexen sind nicht von Natur aus böse. Sie werden lediglich als böse gelabelt, wobei jegliche Kategorien, also auch die des Bösen, nur Konstrukte sind, die von Menschen erschaffen wurden. Es gibt keine von Natur gegebenen Kategorien.

Hexenästhetik und Walpurgisnacht

Elena Mokeeva, Elena Zuschlag

In einer weiteren Kurseinheit beschäftigten wir uns mit der Ästhetik der Hexe, da auch Aussehen und Erscheinungsbild einer Figur den Menschen beeinflussen und abschrecken können. Deshalb kann man in der Ästhetik weitere Antworten auf unsere Kursfrage „Warum sind Hexen eigentlich so böse?" finden.

Klassik und Ekel

Zwei in der Gesellschaft weit verbreitete Ästhetiken sind Klassik und Ekel. Diese sind binäre Oppositionen, also genau gegensätzliche Kategorien. Das beschrieb schon Winfried Menninghaus in seinem Buch *Ekel. Theorie und Geschichte einer starken Empfindung* (1999).

Das klassische Ideal wird allgemein als schön bezeichnet und definiert sich durch geschwungene Linien ohne gewaltsame Unterbrechungen. Schon in der griechischen Kunst galten diese Linien als ein angesehenes Schönheitsideal und wurden von Künstlern in Plastiken berühmter Persönlichkeiten umgesetzt. Dabei liegt der Schwerpunkt auf reiner Haut, was in der Klassik durch glatte Oberflächen widergespiegelt wird. Aber auch Stilkategorien wie „edle Einfalt" und „stille Größe" werden durch die klassischen Formen ausgedrückt, sodass sie insgesamt als den Normen entsprechend gelten und diese sogar mit bilden. Hierbei erkennt man die Übertragung von Stilkategorien in gesellschaftliche Tugenden, infolgedessen schön mit gut und hässlich mit böse assoziiert wird.

Das Gegenteil der Klassik, also die Reinform des Anti-Klassischen, ist das Ekelige. Ekel im Allgemeinen ist eine biologische Abstoßreaktion, die uns z. B. davor bewahrt, verdorbene Produkte zu essen. Gleichzeitig ist es aber auch eine psychologische Verdrängung, durch welche der dunkle Teil unserer Psyche, das Unterbewusstsein, abgestoßen werden soll. Mit dieser Theorie hat sich Julia Kristeva eingehend beschäftigt und den Begriff *abject* mitgeprägt. *Abject* wird auch als „anziehender Ekel" bezeichnet, also etwas, das den Menschen gleichzeitig fasziniert und abstößt.

Aus ästhetisch-normativer Sicht wird der Ekel gemeinhin als hässlich bezeichnet. Unterbrochene Linien und unebene Oberflächen, wie Falten und Warzen, welche alle im Bild der hässlichen Alten vereint sind, definieren diese Ästhetik. Dabei ist die Hexe ein typisches Beispiel für diese Figur. Während die Klassik den Normen entspricht, ist der Ekel deviant, d. h. von der Norm abweichend.

In diesem Sinne kann die Ekelästhetik auch zu einer Gefahr für das Zusammenleben der Menschen werden. Dann nämlich, wenn sie als feste Kategorie verwendet wird und somit eine Art visuelles Label bildet. Denn somit wäre es möglich, diese Ästhetik als Grund für Ausgrenzungen zu verwenden, indem die klassische Ästhetik ihr vorgezogen wird.

Im direkten Vergleich sieht man, dass die Klassische und die Ekelästhetik sich konzeptionell ähneln, da beide durch exklusive Kriterien definiert sind, aber dennoch bleiben sie binäre Oppositionen. Das heißt sie ähneln sich in Auf-

bau und Form, obwohl ihre Inhalte komplett gegensätzlich sind.

Das Groteske

Die klassische Ästhetik und die Ekelästhetik beschreiben das Aussehen der Hexe noch nicht ausreichend, denn ihre Figur kann auch junge und erotische Aspekte beinhalten. Deshalb haben wir uns auch mit der grotesken Ästhetik beschäftigt. Die erste literaturwissenschaftliche Theorie darüber veröffentlichte 1957 Wolfgang Kayser in seinem Buch *Das Groteske. Seine Gestaltung in Malerei und Dichtung.*

Detail aus *Garten der Lüste* von Hieronymus Bosch, um 1500

Zur Etymologie des Wortes gibt es eine Geschichte. Das Wort Grotesk wird auf die Ausgrabungen von Neros Goldenem Palast in Rom im 15. Jahrhundert zurückgeführt. Dabei fanden sich in einer unterirdischen Grotte bizarre Kombinationen aus Tieren, Pflanzen und Menschen, welche heute als erste groteske Abbildungen gelten. Das Wort wurde somit wahrscheinlich vom italienischen grotta (Höhle) zu grottesco, wovon sich wiederum das deutsche grotesk ableiten lässt.

Typisch für das Groteske sind z. B. Malereien wie der *Garten der Lüste* von Hieronymus Bosch. Darauf erkennt man turbulente Häufungen. Das sind bewegte, unruhige Durcheinander, die gleichzeitig fantastisch wirken und außerdem viele Mischformen aus Mensch und Tier oder auch Gegenständen enthalten, so genannte Hybride. Hybride verdeutlichen das Ziel des Grotesken sehr gut, denn es möchte die uns bekannte Welt entfremden, indem es klare Trennungen aufhebt und Statik, Symmetrie und natürliche Größenordnung zerstört. Das Vertraute und Heimische wird plötzlich fremd und unheimlich. Deshalb lässt es sich auch nicht klar einordnen. Dennoch ist es eine wissenschaftliche Kategorie, die aber die klassische Einteilung in binäre Oppositionen verweigert, da es sich nicht nach diesen richten lässt. Es ist inklusiv und kann keinesfalls exklusiv, also das Gegenteil von etwas, sein.

Dies kann man sehr gut an der Formulierung entweder/oder demonstrieren, denn das Groteske ist nicht entweder/oder, sondern entweder und oder zugleich und außerdem das entweder/oder selbst. Es kann alles beinhalten.

Somit ergibt sich auch ein Problem, wenn man das Gegenteil des Grotesken sucht. Bei Begriffen wie Tag und Nacht ist das Ganze einfacher: Das Gegenteil des Tages ist die Nacht und das Gegenteil der Nacht ist der Tag. Groteske und Klassik machen das Ganze um einiges schwieriger. Man kann zwar festlegen, dass das Gegenteil des Klassischen das Groteske ist, aber das Gegenteil des Grotesken ist keinesfalls das Klassische! Das Groteske kann kein Gegenteil haben, da es die Möglichkeit hat, alles zu beinhalten und das Gegenteil selbst ist.

Wie aber soll man solch eine wandlungsliebende Ästhetik definieren, denn das Groteske wird durch das Unbestimmte bestimmt? Wenn man eine Definition festlegen würde, wäre es nicht mehr unbestimmt und somit auch nicht mehr grotesk; aus diesem Grund endet auch der vorherige Satz mit einem Fragezeichen, denn wir wollen diese ästhetische Kategorie ja nicht ihrer selbst berauben, indem wir sie mit einem geschlossenen Satz festlegen. Mit dieser Undefinierbarkeit erlaubt uns das Groteske keine Orientierung, sodass das Gefühl der Entfrem-

dung nochmals verstärkt wird. Damit ist das Groteske eine spielerische Nicht-Kategorie.

Dieses Spielen mit Gegensätzen und Nicht-Definitionen löst beim Menschen eine Verwirrung aus, die man als kognitive Dissonanz bezeichnet.

Wolfgang Kayser spricht in seiner Abhandlung aber auch vom Grotesken als einer heimlichen Befreiung für die Menschen, da das Dunkle und Unheimliche abgebildet und somit vielleicht gebannt wird und außerdem die Normen als feste Kategorien hinterfragt werden.

Man kann in der Ästhetik also einige Antwortmöglichkeiten auf unsere Kursfrage finden.

Zum einen entspricht das Aussehen der Hexe in keiner Weise der klassischen Ästhetik, also den Normen der Gesellschaft. Es ist anders, abweichend und deviant, was schnell mit dem Schlechten und Bösen in Verbindung gebracht wird.

Außerdem erscheinen Buckel, Warzen und unreine Haut, die im Bild einer typischen Hexe dargestellt sind, als abstoßend und gehören somit zur Ekelästhetik, die, wie erwähnt, auch als Mittel der Ausgrenzung genutzt werden kann.

Zuletzt kann man auch Teile der grotesken Ästhetik im Erscheinungsbild der Hexe wiederfinden, denn einige Hexendarstellungen vereinen das Unvereinbare und erscheinen so ungewöhnlich, grotesk und angsteinflößend.

Dabei muss man jedoch beachten, dass sich die Hexenästhetik nicht nur auf Aussehen und Erscheinungsbild der Hexe beschränkt. Es gehören auch typische Bräuche, Umgangsformen und ein bestimmtes Auftreten dazu.

Walpurgisnacht

Zu diesen Bräuchen gehört unter anderem die Walpurgisnacht: Ein Treffen der Hexen und anderer Diener des Teufels auf dem Blocksberg. Das ursprüngliche Vorbild dafür war der Brocken im Hartz. Die Teilnahme an der Walpurgisnacht wurde während der Hexenprozesse oft den Angeklagten vorgeworfen.

Damalige Vorstellungen der Walpurgisnacht kann man aus unterschiedlichen Quellen nachvollziehen. Viele Gemälde aus der Frühen Neuzeit und dem Späten Mittelalter stellen die Walpurgisnacht in unterschiedlichen Formen dar, manche von ihnen mit Beschreibungen in Textform. Die auf diesen Gemälden abgebildeten Hexen sind oft nackt, alt und unattraktiv, obwohl sie gleichzeitig erotische Elemente beinhalten können. Dieser Widerspruch ist auf das Groteske und die Hexenästhetik zurückzuführen.

Bloks Bergs Verrichtung (1668) von Johannes Praetorius

Christliche und heidnische Bräuche überlagern sich bei der Walpurgisnacht. Das Wort Walpurgisnacht selbst kommt möglicherweise von dem Namen der katholischen Schutzheiligen gegen Seuchen, Walpurga. Zum Heidnischen dagegen gehören das Feuer gegen die Pest oder Liebeszauber. Ein Beispiel aus unserer Kurslektüre Salem sind die Mädchen, die mit Tituba Tieropfer bringen und Geister herbeirufen.

Ein wichtiges Motiv ist das Reiten rückwärts auf Tieren, wie z. B. auf einem Bock – manchmal auch Objekten: Heugabeln oder, ganz klassisch, dem Besen.

Das, was die Walpurgisnacht ausmacht, nämlich Tanz, Gesang und Zauberrituale, könnte man heute mit dem Wort *happening*, ein Tref-

fen der gesellschaftlichen Außenseiter mit verschiedenen Performanzen, bezeichnen. Dazu gehören auch Obszönitäten, die eindeutig gegen moralische Normen verstoßen.

Allgemein wird die gewöhnliche Ordnung in der Walpurgisnacht auf den Kopf gestellt, und es gelten weder konventionelle Verhaltensregeln noch die klassischen Normen der Gesellschaft. Das Tanzen sowie das Nacktsein weisen auf eine andere, offene Körperkonzeption hin, im Gegensatz zur geschlossenen, bekleideten Körpererscheinung des „zivilisierten“ Menschen. Die verdrehte Körperkonzeption ist ein Beispiel für die während der Walpurgisnacht geltende „verkehrte Welt“, lateinisch *ordo inverso*.

Obwohl die Walpurgisnacht ursprünglich keine negative Bedeutung hatte, wurde sie mit der Zeit im Laufe der Christianisierung als sündhaft und heidnisch verurteilt. Die Kirche sah darin eine Bedrohung, weil die verdrehten Hierarchien die Machtbasis der Kirche hinterfragten und die Weltordnung unkonventionell, nicht normiert und dadurch unkontrollierbar wurde.

Karnevalismus

Halloween ähnelt der Situation während der Walpurgisnacht. Ein weiteres Beispiel aus dem amerikanischem Raum ist *Mardi Gras*, der „Fette Dienstag“, der unter anderem in New Orleans groß gefeiert wird. Eines seiner Merkmale sind groteske Umzüge, ähnlich wie wir sie im europäischem Raum vom Fasching kennen.

Was haben Halloween, *Mardi Gras* und Fasching gemeinsam? Diese Frage kann man mit der Theorie des Karnevals, dem Karnevalismus, beantworten. Der Karnevalismus wird im Buch *Rebelais und seine Welt* des russischen Literaturwissenschaftler und Kunsttheoretiker Michail Bachtin ausführlich beschrieben. Im Kurs haben wir Auszüge aus *Rebelais und seine Welt* (1995) gelesen und mit anderen Theorien und Erklärungen verglichen.

Michail Bachtin untersuchte Rabelais' Werke, jedoch sah er im Grotesken nicht das Unheimliche so wie viele Wissenschaftler vor ihm. Er entdeckte im Grotesken, das unter anderem in den damaligen Hexendarstellungen vorkommt, die spätmittelalterliche und frühneuzeitliche Lachkultur. Im Gegensatz zu Kayser setzt er den Schwerpunkt nicht auf Angst, sondern auf die Komik und Lebensfreude.

In seiner Theorie ist der Karneval ein obszöner Ausnahmezustand. Während eines Karnevals werden alte Regeln aufgehoben und die ansonsten geltende Ordnung verdreht. Durch das Verhalten, das gegen Konventionen verstößt, verlacht man „zivilisierte“ gesellschaftliche Normen. Der Begriff „verkehrte Welt“, den man auch für die Walpurgisnacht verwenden kann, trifft auf diesen Zustand zu. Für Bachtin ist Karneval eine Inklusion, d. h. es schließt keine Verhaltensmuster aus und ist bereit, alles aufzunehmen und zu akzeptieren. Alle im Volk sind am Karneval gleichermaßen beteiligt, was die sonst geltende Hierarchien in Frage stellt.

Hier wird die Bedeutung des Grotesken im Karnevalismus deutlich, denn das Groteske beschreibt die fluide Ästhetik, bei der man alles vermischen muss, was unter „normalen“ Bedingungen nicht zusammengehört. Der Autor sieht den Karneval als eine Utopie, eine perfekte Welt des Feierns und der Lebensfreude, in der durch das Fehlen der Alltagsgrenzen eine Karnevalsfreiheit entsteht. Da während des Karneval konventionelle Hierarchien verdreht werden, kann jeder jede gesellschaftliche Rolle einnehmen, was im Grunde bedeutet, dass alle gleich werden. Durch diese ungewöhnliche Situation kommt es dazu, dass man die Eindeutigkeit und die Bedeutung der Moralvorstellungen und der gesellschaftlichen Ordnung hinterfragt. Bachtin erwähnt auch, dass durch das Aufheben alter Normen und Systeme neue Normen zusammenkommen, wodurch eine neue Ordnung entstehen kann, die von ganz anderen Werten geprägt wird. Dieser Prozess wird als Dekonstruktion bezeichnet.

Filmprojekt

Pia Meier, David Behnke

Eines unserer Ziele war es, das in Bezug auf unsere Kursfrage Erarbeitete in einer filmisch dargestellten Geschichte selbst anzuwenden und die Ästhetik des Bösen selbst zu erforschen.

Um dieses Filmprojekt zu verwirklichen und um die uns zugeteilten Themen auch gut dar-

stellen zu können, haben wir uns in unserem Kurs zunächst Filmstile und -techniken angeschaut, um danach praktisch mit ihnen zu arbeiten.

Von unserem Kursleiter Florian bekamen wir zunächst einen kleinen Einblick in die Filmgeschichte:

Im Jahr 1888 entstand der erste Film *Roundhay Garden Scene,* in dem eine kurze Sequenz sich bewegender Menschen gezeigt wird. Für uns heute ist dies kein richtiger Film, denn es fehlt eine längere Handlung. Doch es ist eine Abfolge bewegter Bilder ohne Ton. Die Grunddefinition des Films entwickelte sich weiter, und 1896 entstand der erste Horrorfilm *Le Manoir du Diable* von George Melies. Hier wurde schon viel mit der *Stop-Motion-Technik,* die wir auch selbst in einem unserer Filme anwendeten, gearbeitet. Dabei wird die Aufnahme gestoppt und der Szene ein weiteres Detail hinzugefügt, während die Schauspieler im *Freeze* stehen bleiben. Anschließend läuft die Aufnahme weiter und für den Zuschauer sieht es so aus, als wäre dieses Detail aus dem Nichts aufgetaucht. In diesem Film werden zwei Edelmänner vom Teufel an der Nase herumgeführt. Schlussendlich wird der Teufel aber mithilfe eines Kreuzes besiegt. Daran erkennt man die Verbindung des Bösen mit der Kirche, da das Kreuz ein Symbol des Glaubens ist. 1927 kam dann der erste Tonfilm *The Jazz Singer* heraus.

Ein *close-up* der Hand des Teufels nach Kontakt mit dem Kreuz aus dem selbstgedrehten Film *Groteske Bauchgefühle?*

Filme verschiedener Epochen besitzen Merkmale, aufgrund deren man sie einem bestimmten Stil zuordnen kann.

Etwas früher, in den 1910er bis 1920er Jahren kam der *Deutsche Expressionismus* auf. In dieser Zeit lag der erste Weltkrieg, und aufgrund der hohen Reparationen und der Inflation in Deutschland nach der Unterzeichnung des Versailler Vertrags 1918 erschien die Situation in Deutschland aussichtslos. Das dadurch entstehende Bewusstsein der Menschen fand sich durch eine dunkle Atmosphäre auch in den damaligen Filmen wieder.

Des Weiteren wird viel mit Schatteneffekten und -kontrasten gearbeitet. Diese Technik nennt man *Chiaroscuro*. Außerdem bewegen sich die Schauspieler ruckartig durch Seelenlandschaften, die sehr surreal wirken. Diese Seelenlandschaften spiegeln die Gefühle der Menschen wider und kehren ihre inneren Vorstellungen nach außen. Dies alles führt zu einer sehr theatralen, übertriebenen Ästhetik. Auch die Stimme wird wenig eingesetzt, da Tonfilme sehr teuer und aufwendig waren. Wenn die Protagonisten sprechen sollten, wurden Textfelder eingeblendet.

Zwei weitere Merkmale sind die Farbgebung und die Irisblende. Durch die Farbe Gelb wird der Tag dargestellt, ist das Bild bläulich, spielt die Szene in der Nacht. Die Farben waren sehr wichtig, da es zu dieser Zeit noch sehr viele Monochrom-Filme gab. Mithilfe der Irisblende wird der Blick des Zuschauers auf einen kreisrunden Ausschnitt des Bildes gelenkt. Der Rest des Bildes ist dabei schwarz. Dies erzeugt ein klaustrophobisches Gefühl beim Publikum und eine Konzentration auf einen bestimmten Bildausschnitt.

Ab den 1920er Jahren entwickelte sich parallel der Stil des *Classical Hollywood* als die Filmnorm für den Großteil des 20. Jahrhunderts. Dieser Filmstil wurde unter anderem durch dunkle, düstere Stile beeinflusst, zum Beispiel durch stilistische Elemente des *Deutschen Expressionismus*, da deutsche Regisseure aufgrund der Nationalsozialisten in die USA flüchteten. Der *Classical Hollywood* wird auch *invisible style* genannt, da man wie durch eine Fensterscheibe in die Geschichte des Films eintauchen soll. Um diese Wirkung zu verstärken, wird auf Kontinuität in Zeit, Handlung und Ort geachtet. Denn zeitliche Sprünge könnten

dazu führen, dass das Publikum die Illusion bemerkt und aus der Geschichte in die Realität zurückkehrt. Dieser Stil wurde und wird häufig bei Romanzen verwendet.

Für Detektivfilme verwendete man ab den 1940er bis in die 1950er Jahren den Stil des *film noir*, welcher ein düsterer Filmstil ist, und welcher auch den *Classical Hollywood* beeinflusste. Extreme Kameraeinstellungen, bei denen die Pro- und Antagonisten nicht immer zentral im Bild sind, und viele Hintergrundinformationen im Bild sorgen für eine Verwirrung des Zuschauers. Optische Täuschungen und die Asymmetrie eines Bildes tragen ebenfalls dazu bei.

Filme dieses Stils werden in einem starken Farbkontrast zwischen schwarz und weiß gehalten und mit ihnen kam das Bild der *femme fatale* auf. Diese Frau ist, wie der Name schon sagt, verhängnisvoll – vor allem für Männer. Sie beinhaltet die Funktion der Verführerin und sie hintergeht oft die Männerwelt. Die Rolle der *femme fatale* kann auch auf Hexendarstellungen übertragen werden, so zum Beispiel auf die Hexe Circe aus Homers *Odyssee*.

Im Gegensatz zu Hollywood gab es Unternehmen, die kein großes Budget zur Verfügung hatten und trotzdem an der Filmindustrie teilhaben wollten. Dadurch entstand im darauffolgenden Jahrzehnt, von den 1950er bis zu den 1960er Jahren, der *B-Movie-Horror*. Diese Filme waren für einen billigen Abend im Kino gut. Ihr niedriges Budget wurde mit viel Einfallsreichtum, zum Beispiel Pappmachémasken, versucht auszugleichen. Eine billige Ästhetik kam dennoch zum Ausdruck.

Trotzdem waren *B-Movie-Filme* sehr einflussreich und beinhalteten sowohl Elemente des *film noir* als auch Hexen, Zombies und Monster. Die Paranoia und Angst, die diese Filme verströmten, wurden durch die damaligen politischen Umstände verstärkt und beeinflusst, da sie die Angst der Menschen wiederspiegelten. Die McCarthy-Ära prägte die negative Einstellung zu Kommunisten und die Angst, selbst auf einen Verdacht hin verfolgt zu werden. Außerdem befand man sich im Kalten Krieg, was Horrorvisionen von Atombomben hervorrief.

Den letzten Filmstil, den unser Kurs sich ansah, war der *DIY-Style. DIY* ist die Abkürzung für *Do it yourself* und tauchte zwanzig Jahre später in den 1980er Jahren auf. Der Grund dafür waren im Handel erhältliche eigene Handkameras, die auch Amateuren die Möglichkeit boten, eigene Filme zu produzieren. Deswegen nennt man dies auch den Hobbyfilmer-Stil. Er hat einen sehr dokumentarischen Charakter, welcher durch die amateurhaften Kameraeinstellungen und -bewegungen hervorgerufen wird. Durch diese spontane und ungeplante Ästhetik strahlen diese Filme eine gewisse Authentizität aus. An dem Film *The Blair Witch Project* von Daniel Myrick und Eduardo Sánchez, den unser Kurs sich ansah, hat man dies sehr stark gemerkt. Der Film soll Filmmaterial darstellen, das gefunden wurde, nachdem drei junge Dokumentarfilmer in den Wald aufbrachen, um eine Dokumentation über die Legende der Hexe von Blair zu drehen, aber nicht zurückkehrten. Im Laufe ihrer Nachforschungen geraten sie immer mehr in einen Wahn zwischen Realität und Horror. Der Film setzt auf eine realitätsnahe Wirkung, da alles mit Handkameras gedreht wurde und dadurch wie eine echte Dokumentation wirkt.

Dreharbeiten

Nun, da wir die Grundlagen kannten, begannen wir, selbst Filme zu drehen. Wir wurden in drei Gruppen eingeteilt, die jeweils ein bis zwei Vorgaben für das Filmprojekt bekamen. Es gab die Vorgabe (1) *DIY* (also *Do it yourself*), (2) Groteske und *mind fuck* und (3) spätes Mittelalter / frühe Neuzeit.

Die Gruppe, die sich mit dem *DIY-Style* auseinandersetzen sollte, benutzte ihre Handykameras und drehte leicht verwackelte Aufnahmen. Der Effekt: Das Ganze wirkte sehr echt und nicht geschauspielert, da man durch die Kameraführung Teil des Geschehens ist. Des Weiteren verwendete sie für den Horror Schattentechnik, indem sie nur die Silhouette einer Gestalt zeigten. In ihrem Film geht es um eine Gruppe, die nachts in eine Schule einbrechen. Dort begegnen sie etwas Unbekanntem (vielleicht einer Hexe?) und werden anschließend nie mehr gesehen. Die Panik der Jugendlichen wird durch verwackelte und unscharfe Bilder

sehr gut deutlich. Der Kurzfilm *The F-Movie* erinnert vom Aufbau sehr an *The Blair Witch Project*.

Amateurästhetik: Verwackelte Aufnahmen mit der Handykamera der drei Einbrecher im selbstgedrehten Film *The F-Movie*

Die Gruppe, die als Begriffe Grotesk / *mind fuck* zogen, zeigten wie beim *B-Movie-Horror* viel Einfallsreichtum, um den Teufel und einen Engel darzustellen- und das auch noch so, dass man nicht wissen konnte, ob der Teufel vielleicht auch der Engel ist, denn die entscheidenden Beweise wurden vermischt. Der Film *Groteske Bauchgefühle?* handelt von einem jungen, streng gläubigen Mädchen, das vom Teufel verführt, aber von ihrer Freundin und einem Engel gerettet wird.

Zwischen Gut und Böse: Figurendarstellungen aus dem selbstgedrehten Film *Groteske Bauchgefühle?*

Anschließend wacht das Mädchen in ihrem Bett auf und man weiß nicht, ob dies ein Traum war. Dies führt zu einer Verwirrung des Zuschauers, der sich nicht sicher sein kann, ob er sich in der Ebene des Traums oder der Realität befindet. Dieses „Gefühl“ nennt man auch *mind fuck*. Der Film hat sehr ruhige Kameraeinstellungen, die an den *Classical Hollywood Style* erinnern.

Gleichzeitig wurde versucht, in Zeit und Handlung eine Kontinuität zu zeigen. Ebenfalls wurde mit der *Stop-Motion-Technik* gearbeitet, um das Erscheinen und die Verwandlung des Engels Gabriel darzustellen.

Die Gruppe, die sich mit dem Mittelalter und der frühen Neuzeit befasste, wagte einen Zeitsprung in die Gegenwart. Der Film handelt von der Hinrichtung einer Hexe im Mittelalter. In der Neuzeit rächt sie sich an zwei jungen Mädchen. Die Gruppe stellte den Horror geschickt durch das Unbekannte dar, denn man sieht die Hexe nie. Gleichzeitig tauchte man durch eine sehr vielfältige Kameraführung voll in die Geschichte ein, denn durch Wackeln des Bildes wurde Panik dargestellt und auch Perspektiven aus verschiedenen Höhen wurden verwendet. Es wird wenig geredet, denn die Bilder sprechen für sich selbst.

Düstere Atmosphäre: Richter bei einem mittelalterlichen Hexenprozess aus dem selbstgedrehten Film *Rache*

Wir hatten einen Nachmittag, einen Abend und einen Vormittag Zeit zum Drehen der Filme. Mit Handy- und Fotokameras machten sich die drei Gruppen an die Arbeit. Gedreht wurde auf dem kompletten Akademiegelände, teils in den Gärten, teils auf den Wiesen oder zwischen den Bäumen. Dann hatten wir am Nachmittag des zweiten Tages die letzte Chance, einzelne Szenen noch einmal nachzudrehen und anschließend mussten wir das Material sichten, also die guten Sequenzen herausfiltern.

Exkursion

Nachdem wir also zwei Tage lang gedreht hatten, kam der wahrscheinlich wichtigste Teil. Wir mussten die Filme schneiden. Das konnten wir aber nicht in Adelsheim, deswegen fuhren wir am Montag, dem 4. 9. 2017, zum *Zentrum für Kultur und Medien* (kurz: ZKM) in Karlsruhe. Dort haben wir zuerst eine Einführung in das Apple-Programm *iMovie* bekommen und dann durften wir schneiden. Schon am Tag zuvor hatten wir von den vielen Filmaufnahmen die Brauchbaren herausgefiltert, denn da jede Szene mehrmals gedreht wurde und man sich oft versprochen hatte, waren die meisten Szenen unbrauchbar. Die guten Clips brachten wir nun auf USB Sticks oder Computern ins ZKM. Wir überspielten die Clips in das Programm, setzten sie in die richtige Reihenfolge, passten sie zeitlich und handlungsorientiert an und legten, wenn nötig, eine neue Tonspur darüber.

ZKM-Medienpaedagoge Thorsten Belzer hilft beim Schneiden der Hexenfilme

Für die Filme war eigentlich eine maximale Dauer von 90 Sekunden vorgesehen, doch schafften zwei der drei Filme es auf eine Länge von über drei Minuten. Neben dem Schneiden fügten wir auch Spezialeffekte ein. So sprühten zum Beispiel Funken über das Bild, als Noah Bauer sich mithilfe der *Stop-Motion-Technik* in den Engel Gabriel verwandelte. Auch der Horror wurde in den Filmen gut vermittelt, und der Zuschauer wurde regelrecht gefesselt. Die Filme sind alle weit besser geworden, als wir erwartet hatten, und auch unser Leiter des Schneiden-Kurses, Thorsten Belzer, war positiv überrascht. Ihm möchten wir im Namen des ganzen Kurses für den tollen Workshop und viele gute Ratschläge nochmals ganz herzlich danken. Er schlug uns sogar vor, die Filme bei Wettbewerben einzureichen. Wir selbst waren überrascht von den Ergebnissen, denn die Hexen- und Horrorästhetik kam gut zum Ausdruck. Außerdem fiel uns auf, dass Hexen doch wesentlich häufiger das Böse als das Gute repräsentieren. Abschließend lässt sich sagen, dass sowohl das Drehen als auch das Schneiden der Filme uns allen sehr viel Spaß gemacht hat und wir es nur weiterempfehlen können.

Unser Kurs

Pia: Sie sorgte mit der einzigartigen Vorbereitung und der besten Musikbegleitung beim Sportfest bei 30 °C für den fast besten Platz … eindeutig die coolste Schülermentorin! Auch im Kurs hat sie uns ständig mit ihrem Lachen im Ultraschallbereich und vielen Süßigkeiten motiviert. Sie war immer genderbewusst und gilt bei uns auch als der beste männliche Hauptdarsteller von Fifty Shades of Grey. Dank ihr sind unsere Tanzeinlagen legendär geworden.

Florian: Wenn wir „Florian sagt …“ hörten, wussten wir, dass gleich ein Gedicht von unserem lyrisch begabten Kursleiter folgt. Er hat es geschafft, uns das Groteske anschaulich nahe zu bringen und für das ein oder andere Gelächter im Kurs gesorgt. Er war nicht nur Experte für den amerikanistischen Teil des Kurses, sondern gleichzeitig ein super Klavierspieler und Sänger und manchmal auch der modebewusste Wikinger mit der schönsten Rose auf dem Pulli und den besten Locken.

Martin: Wenn Martin mal eine andere Berufsrichtung einschlagen will, wird er auf jeden Fall großen Erfolg im Schlagergeschäft haben, denn der von ihm und Florian ausgedachte Ohrwurm ist im Kurs zum Hit geworden. Bei seinen Geschichtsexkursen konnte man denken, dass er aus dem Mittelalter kommt, auch in der Literatur-KüA blieb er geschichtsbegeistert und brachte historische Quellen mit. Für Motivation sorgte er mit seinem „Seid ihr happy?“, das

immer dann kam, wenn wir noch viel harte Arbeit vor uns hatten.

Rahel: Mit Rahel hatte man immer etwas zu lachen, und sie war für jeden Spaß zu haben. Sie steckte mit ihrer guten Laune und ihrem strahlendem Lächeln alle an. Zusammen mit ihr entstanden so manche Insider, wie das 2D-Baby. Nach ihrer Rolle im Kursfilm nannten wir sie Oberassi. Im Kurs begeisterte sie sich immer für den Kursinhalt und brachte ihre Aussagen genau auf den Punkt.

Elena Z.: Mit Elena hatte man gute Unterhaltung beim Schauen eines Gruselfilms und danach ein leckeres Abendessen ohne rote Speisen. Sie war immer freundlich und nett. Im Kurs machte sie sehr aktiv mit und wusste immer eine Antwort, auch wenn keiner mehr mitdachte. Bei den Kursfilmen war sie die Top-Regisseurin und arbeitete begeistert daran. Mit ihrer Hilfe sind schöne Präsentationen mit tollen Zeitstrahlen entstanden. Außerdem kann sie zum Kuchen super Hanftee organisieren.

Lilly: Mit ihrer lustigen und freundlichen Art trug sie zu einem angenehmen Kursklima bei und hatte immer kreative Ideen. Sie sorgte immer für einen Knall auf dem Boden, wenn sie alles runterschmiss. Sie ist künstlerisch begabt und hat die besten Haare für die Fimohexe gemacht. Außerhalb des Kurses engagierte sie sich viel für die Akademie: Zusammen mit dem Orgateam ist ihr die coole Unterhaltung beim Bergfest gelungen.

Elena M.: Als russische Gedichtkönigin brachte Elena vor allem bei Diskussionen immer Motivation mit in den Kurs. Außer für geschichtliche Themen interessiert sie sich für alles, was mit Informatik zu tun hat. Wenn sie lacht, kann die Hexe nicht weit weg sein!

Viviane: Unser Geburtstagskind hat als tolle Schauspielerin beim Theater sowie im Kursfilm überzeugt. Die Kuchenspenderin spielt wunderschön Klavier und ist immer ausgeglichen sowie mega entspannt. Damit sorgte sie für ein ruhiges Kursklima, was uns allen sehr beim Arbeiten sehr geholfen hat.

Pia: Mit ihrer ruhigen und freundlichen Art war sie immer aufmerksam im Kurs dabei und sorgte für produktive Beiträge. Außerdem ist sie eine grandiose Schauspielerin, egal ob als grotesker Clown-Zwilling, gläubige Klosterschülerin oder zickiges Wellenmitglied. Mit David zusammen bildete sie das Traumpaar des Kurses.

Fabian: Der Sportler unter uns behauptet, er sei gut in Kennenlernspielen. Er machte mit David im Zwillingsspiel eine super Figur und war wahrscheinlich der Motivierteste, wenn es ums Tanzen ging ;-) Als guter Kameramann und Richter weiß der Träger von außergewöhnlichen Socken, wie man den Hammer schwingt.

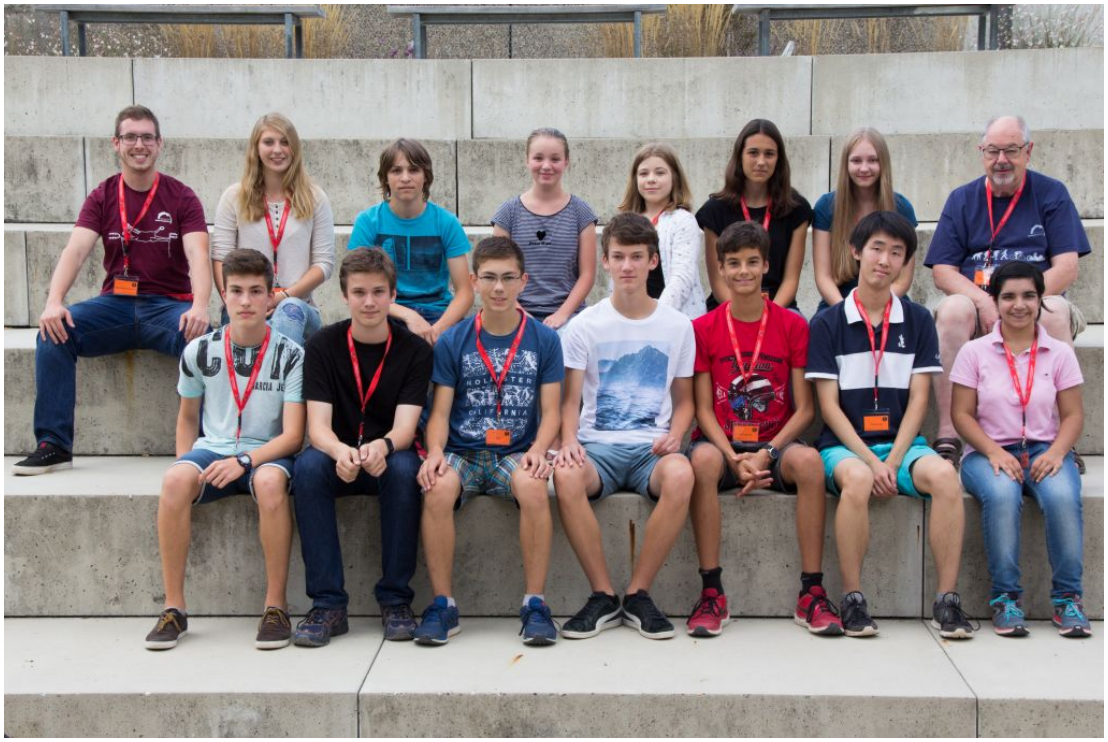
Phillip: Süßer Chinese und gleichzeitig coolster Schwabe! Der Spaßvogel in unserer Gruppe redet gerne und ist ein echtes Karaoketalent. Sein Spitzname: Dixi. In jeder erdenklichen Situation bewies er seine „Alltagsdummheit“ (noch so ein Insider . . .). Außerdem als bester positiver siamesischer Zwilling vielseitig einsetzbar.

Noah: Bester Engel Gabriel! Oder doch Teufel? Unser kurseigenes Bauchgefühl Nono hat sogar einen Schlager inspiriert und hexte sich engelsgleich und von Feenstaub umgeben durch unseren Kursraum. Seine Rolle im Film ist legendär und hat für viele Lacher gesorgt. Den Kurs hat er mit seinen gut durchdachten Ideen immer wieder bereichert.

David: Ohne David würden wir nur halb so viel über Filme wissen, und niemand kann den Teufel besser inszenieren als er. Er ist der unbestrittene Powerpoint-König, wird sicher einmal in Hollywood Karriere machen und mind fuckt sich durchs Leben, nur das Durchhalten beim Wandertag und das Umarmen muss er noch üben.

Annika: Unsere süße Maus mit dem Zauberstab hat das beste Schwäbisch und ist immer für einen da. Mit ihrer fröhlichen und lustigen Art hat sie unseren Kurs immer gut aufgemischt. Außerdem hat sie Pia vor dem Teufel gerettet und in unserem Kurs für eine perfekte französische Aussprache gesorgt.

Kurs 5 – Algorithmen zum Lösen von Problemen



Vorwort

Bernhard Petzold, Jochen Reder, Viktoria Scherb

Dass das Lösen von mathematischen Problemen viel Schreibarbeit verursachen kann, war den meisten Teilnehmern bereits aus dem Schulalltag bekannt. Ein Glück, dass wir heutzutage den Computer als Hilfsmittel benutzen können. Bevor dieser jedoch sinnvolle Ergebnisse liefert, muss das Problem von uns, den Programmierern, verstanden, in kleine Teilprobleme aufgedröselt und in einer dem Computer bekannten Sprache in Form von Algorithmen formuliert werden.

Die Sorge, die wir uns zu Beginn wegen der unterschiedlichen Vorkenntnisse der Teilnehmer gemacht hatten, waren völlig unbegründet. Ganz im Gegenteil, denn die Vielfalt und unterschiedlichen Herangehensweisen brachten völlig neue Ansätze zutage. So entstand eine ganz wundervolle Eigendynamik im Kurs, durch die unser Horizont für gänzlich neue Lösungsansätze erweitert wurde.

Mit Stolz präsentieren wir nun die Ergebnisse dieser zwölf klugen Köpfe.

Personen

Amrei war im Kurs stets motiviert, ausgeglichen und hilfsbereit. Sie fand als Erste die größte Collatz-Zahl in einem gewissen Bereich. Zudem machte es viel Spaß, mit ihr über Lösungsansätze zu diskutieren. Sie beleuchtete ein Problem oftmals von einer ganz anderen Perspektive, an die wir anderen nicht gedacht hatten.

Bianca hatte immer gute Laune und gab nie auf, sondern versuchte tapfer weiter, eine

Lösung zu finden, obwohl sie erst wenig Programmiererfahrung hatte. Sie arbeitete unter anderem mit Lukas an den Folien für die Präsentationen. Außerdem konnte man mit Bianca viel Spaß haben und wunderbar plaudern. Das Orchester bereicherte sie mit ihrer Bratsche.

Erik war immer mit voller Begeisterung dabei. Er war sogar so begeistert, dass er unseren Schlachtruf für das Sportfest immer viermal anstatt dreimal schrie, was den restlichen Kurs irritierte, aber auch amüsierte.

Außerdem hatte Erik zu allen Themen gute Lösungsvorschläge, die er sofort ausprobierte und in ein Programm implementierte. Er konnte sein großes Wissen gut vermitteln und denen helfen, die weniger Erfahrung im Programmieren hatten. In seiner Freizeit spielt Erik gerne Schach und bot deswegen auch an einem Nachmittag die Schach-KüA an.

Fynn zeigte im Kurs immer großes Interesse, vor allem als es um das Programmieren des „Game of Life“ ging, für das er eine grafische Oberfläche entwickelte. Er war nicht nur ein guter Programmierer und beherrschte vier Programmiersprachen, man konnte sich auch immer gut mit ihm unterhalten und tiefgründige Gespräche führen. Außerdem opferte Fynn seine gesamte Freizeit für die Film-KüA, um den mega coolen Akademiefilm zu drehen.

Gregor, dessen Computer man am violetten Bildschirm erkennen konnte, war immer locker drauf und brachte uns mit seinen witzigen Shirts täglich zum Schmunzeln. Er war der Hauptverbraucher der Colorado-Mischungen, die uns Jochen mitbrachte, und ein großer Verfechter des Informatik-Bibers.

Außerdem berührte er uns alle, als er mit der Theater-KüA „Die Welle“ aufführte und seine Schauspielkünste unter Beweis stellte. Zudem bot er die Pen-and-Paper-Rollenspiel-KüA an.

Konstantin, der Lakritze verabscheut, arbeitete zusammen mit Lennart an der Entwicklung einer Grünen Welle. Er war im Kurs jederzeit gut gelaunt und ließ sich von nichts entmutigen – selbst Programmierfehler sah er immer mit Humor. Außerhalb des Kurses engagierte er sich im Orchester als Posaunist und war ein fantastischer Pen-and-Paper-Spieler.

Lennart beschäftigte sich mit großem Eifer am Programm der Grünen Welle. Er gestaltete seine Programme äußerst übersichtlich, war immer mit voller Konzentration dabei und hatte einige gute Lösungsansätze. Sogar kleine Fehler, die zum Scheitern eines Programms führten, bemerkte Lennart sofort. Auch er hatte viel Freude bei der Pen-and-Paper-KüA.

Lucie ist sehr mathematikbegeistert, deswegen bereitete ihr vor allem das Collatz-Problem viel Freude. Ihr mathematisches Wissen konnte sie sehr gut beim Programmieren anwenden. Außerdem war Lucie sehr kreativ, sie dachte sich die Schlachtrufe unseres Kurses für das Sportfest aus. Nicht nur im Kurs war sie engagiert, sondern auch im Orchester und in einem Ensemble mit ihrer Geige.

Lukas war zu allen immer sehr nett und höflich. Er konnte Sachverhalte sehr gut erklären, und es hat stets Spaß gemacht, mit ihm in einem Team zu arbeiten, denn er war immer zuverlässig und hilfsbereit. Sein Perfektionismus, vor allem beim der Gestaltung der PowerPoint-Folien für die Abschlusspräsentation, trug dazu bei, dass die Folien aber wirklich gut wurden.

Natalia arbeitete sich immer gerne in neue Themen ein. Obwohl sie ein Programmierneuling war, wurde sie bald zu einem wichtiges Mitglied der Arbeitsgruppe. Sie war der Meinung, die Einführung von Einbahnstraßen und Kreisverkehren oder die Enteignung der Hausbesitzer sei die optimale Lösung für das Verkehrsproblem auf der Rohrbacher Straße.

Udani, deren ununterbrochene gute Laune uns alle ansteckte, war immer interessiert, aufgeschlossen und hatte viel Spaß dabei, Neues zu lernen. Udani war wohl der größte Fan der Tanz-KüA, sie versuchte aber auch, möglichst viele verschiedene andere KüAs zu besuchen.

Youcheng, der zu seinem Namen kein passenderes Adjektiv als „YOLO“ fand, hatte immer einen witzigen Spruch auf Lager. Im Kurs sorgte er aber nicht nur für Spaß. Er beschäftigte sich intensiv mit dem Collatz-Problem und entdeckte die „Collatz-Zwillinge“. Außerdem ist Youcheng ein hervorragender Schach- und Minesweeper-Spieler.

Viktoria, unsere Schülermentorin, war für jeden Spaß zu haben. Sie spielte mit uns witzige Spiele, wie „Gordischer Knoten“ oder „Hallo, ich bin der Hannes“. Außerdem konnte man sich mit ihr super über die verschiedensten Themen unterhalten. Auch bei der Vorbereitung der Rotationspräsentation (in der sie keinen Biber haben wollte), der Abschlusspräsentation, der Gestaltung und Organisation der Kurs-T-Shirts und beim Programmieren stand sie uns stets zur Seite. Des Weiteren veranstaltete sie an einigen Abenden die Tanz-KüA, die bei allen rege Begeisterung hervorrief.

Bernhard bezeichnet sich selbst als „Harmoniemensch“. Als Nemo verkleidet brachte er uns beim Abschlussabend alle zum Lachen. Außerdem erklärte er uns anschaulich die Java-Grundlagen, war sofort zur Stelle, wenn jemand beim Programmieren nicht weiter kam, und beantwortete unermüdlich unsere Fragen. Als Dank dafür widmeten wir ihm sogar einen Schlachtruf.

Jochen, der begeisterte Mathematiker und „Lehrer in Freiheit“, war vor allem für den mathematischen Teil im Kurs verantwortlich und veranstaltete auch die Mathe-für-Physiker-KüA. Zudem organisierte er vieles wie beispielsweise unser „Hirnfutter“ und gab uns viele nützliche Ratschläge bei der Vorbereitung der Abschlusspräsentation.

Eröffnungswochenende und seine Inhalte

Youcheng Weng, Fynn Kiwitt

Gespannt und auch etwas nervös, was uns erwarten würde, kamen wir am 30. Juni in Adelsheim zum Eröffnungswochenende an und bezogen zunächst unsere Zimmer. Nach dem Abendessen und dem Eröffnungsplenum trafen wir uns zum ersten Mal in den Kursen. In einem Klassenzimmer des Eckenberg-Gymnasiums spielten wir verschiedene Spiele zum Kennenlernen. Eines der Spiele funktionierte wie „Ich packe meinen Koffer“, nur dass wir zu unseren Namen Adjektive fanden.

Im Anschluss gaben unsere Kursleiter einen Ausblick über Themenbereiche, die wir während unserer Akadmiezeit in den Sommerferien behandeln würden.

Nun stiegen wir in das Finden von Lösungen mit Hilfe von Algorithmen ein. Unsere erste Aufgabe bestand darin, die Primzahlen aus dem Bereich 1 bis 200 zu finden. Nach kurzem Probieren fiel uns eine Möglichkeit ein, mit der man die Zahlen systematisch prüfen kann:

Unser erster Ansatz bestand darin, jede Zahl auf ihre Teilbarkeit zu prüfen. Findet man einen Teiler, so ist die Zahl keine Primzahl und wird durchgestrichen.

Der Kurs beim Auflockerungsspiel im Freien

Bald merkten wir, dass die Suche nach den Primzahlen effizienter zu lösen ist. Wir strichen die Zahl 1, da sie keine Primzahl ist. Die Zahl 2 ist eine Primzahl, ihre Vielfachen jedoch nicht mehr. Sie konnten gestrichen werden. Die nächste Zahl in der Reihe war die 3, eine Primzahl. Alle Vielfachen von 3 wurden gestrichen. Danach kam die Primzahl 5, alle Vielfachen wurden gestrichen. Ebenso verfuhren wir mit den weiteren nicht-gestrichenen Zahlen. Am Ende bleiben nur Primzahlen übrig. Dieses Verfahren nennt man das Sieb des Eratosthenes.

Um die Suche effizienter zu gestalten, überlegten wir, ob wirklich jede Zahl betrachtet

werden muss oder einige nicht schon im Voraus aussortiert werden können. Wir kamen zu dem Schluss, dass diese Schritte nur bis zu der Zahl durchgeführt werden müssen, die größer oder gleich der Quadratwurzel des zu überprüfenden Bereiches ist. In unserem Fall der Primzahlen bis 200 ist das gerundet $\sqrt{200} \rightarrow 14$. Da alle niedrigeren Zahlen bereits gestrichen oder als Primzahlen erkannt wurden müsste sie mit einer Zahl größer 14 mulitpliziert werden und würde daher aus unserem Wertebereich herausfallen.

Die Regeln lauten somit:

1. Ist die aktuell betrachtete Zahl größer als die Wurzel aus der größten gesuchten Primzahl höre auf.
2. Ist die aktuell betrachtete Zahl noch nicht gestrichen ist, streiche alle ihre Vielfachen.
3. Betrachte die nächste Zahl und gehe zu Schritt 1.

Auf diese Weise haben wir in kurzer Zeit die Primzahlen unter 200 gefunden.

Am zweiten Tag wurde uns das Collatz-Problem vorgestellt:

Erzeuge eine Zahlenfolge nach den folgenden Regeln:

1. Beginne mit einer natürlichen Zahl N
2. Ist N = 1 dann Stopp
3. Ist N gerade halbiere N und gehe zu 1.
4. Ist N ungerade multipliziere mit 3 und addiere 1 gehe zu 1.

Wir sollten nun systematisch alle Zahlen von 1 bis 50 untersuchen. Hierbei stellten wir fest:

- Die Collatz-Folgen bis zur Zahl 27 waren relativ kurz.
- Bei der Startzahl 27 entstand eine Folge mit 111 Zahlen.

Außerdem stellten wir fest, dass manche Folgen andere Folgen enthielten. Zum Verdeutlichen hier ein Beispiel: $4 \rightarrow 2 \rightarrow 1$

$5 \rightarrow 16 \rightarrow 8 \rightarrow 4 \rightarrow 2 \rightarrow 1$

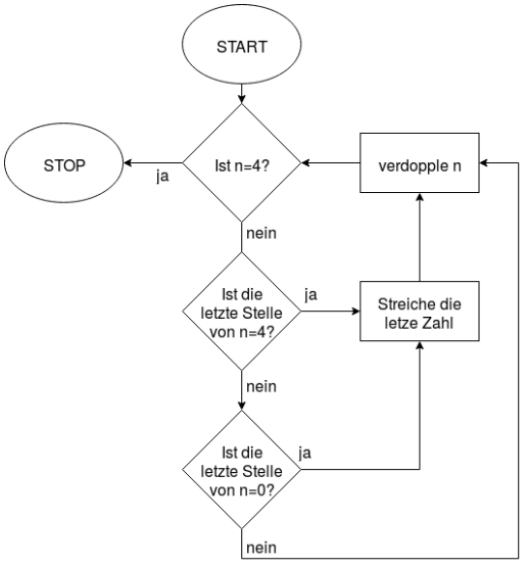
Wie man sieht, enthält die Folge der Startzahl 5 die Folge der Startzahl 4. Diese Erkenntnis ersparte uns eine Menge Arbeit, da wir so nicht bei jeder Folge bis zum Ende rechnen mussten, sondern auf vorherige Folgen zurückgreifen konnten. Alle entstandenen Folgen endeten auf 1.

Wir untersuchten noch Folgen, bei denen 3N+1 durch 5N+1 ersetzt wurde. Schon bei der Startzahl 5 stellten wir fest, dass die entstehende Folge nicht bei 1 endet.

Am Sonntag schrieben wir alle zusammen unser erstes Programm in Java. Dazu betrachteten wir eine alternative Variante, die dem Collatz-Problem ähnelt:

1. Nimm eine beliebige Zahl n
2. Wenn n = 4, STOP
3. Wenn n auf 4 endet, streiche die 4 und wiederhole ab 2
4. Wenn n auf 0 endet, streiche die 0 und wiederhole ab 2
5. Verdopple n, wiederhole ab 2

In folgender Abbildung wurde dieser Algorithmus als Flussdiagramm dargestellt.



Flussdiagramm der Collatz-Abwandlung

Wie wir programmieren lernten

Bianca Elkeries

Bei unserem ersten Kurstreffen am Eröffnungswochenende stellte sich schnell heraus, dass viele von uns noch nie programmiert hatten, andere kannten sich schon mit verschiedenen

Programmiersprachen aus, aber kaum einer hatte Erfahrung mit der Programmiersprache Java. So sah ein Großteil von uns am letzten Tag des Eröffnungswochenendes zum ersten Mal einen Programmcode, als Bernhard uns ein einfaches Programm zum Collatz Problem vorstellte. Unser Interesse war sofort geweckt, und wieder zuhause angekommen, konnten wir nicht anders, als sofort die Java Entwicklungsumgebung Eclipse herunterzuladen und selbst zu programmieren – so gut es eben ging. Bis zur Sommerakademie hatte sich der eine oder andere dann auch schon selbst etwas Wissen und Erfahrung angeeignet, und wir hatten mittlerweile alle keine Schwierigkeiten mehr, simple Programme zu schreiben. Wenn uns doch einmal Wissen fehlte oder unser Programm nicht laufen wollte, war immer jemand zur Stelle, der uns helfen konnte; oft halfen wir uns auch gegenseitig.

Grundlegende Anweisungen zum Schreiben eines Programmes sind zum Beispiel:

if-Anweisungen, um sicherzustellen, dass eine bestimmte Bedingung erfüllt ist und das Programm dementsprechend Befehle ausführen zu lassen:

```
if(Bedingung) {
    // Befehl
}
```

while-Schleifen, die einen Befehl oder eine Befehlskette wiederholen, solang eine bestimmte Bedingung erfüllt ist:

```
while(Bedingung) {
    // Befehl
}
```

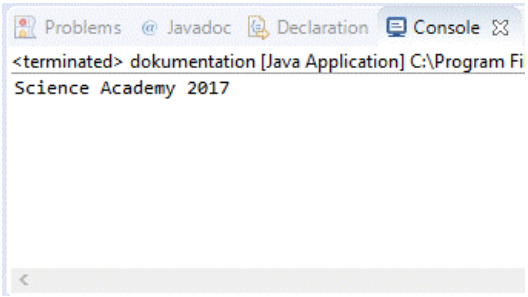
for-Schleifen durch die festgelegt werden kann, mit wie vielen Wiederholungen ein oder mehrere Befehle ausgeführt werden sollen:

```
for(Startwert; Endwert; Variable erhöhen) {
    // Befehl
}
```

System.out.println(),um etwas in der Konsole ausgeben zu lassen, wobei das „ln“ für „line“ steht, und einen Zeilensprung nach der Ausgabe einfügt:

```
System.out.println("Science
                    Academy 2017");
```

Die Ausgabe in der Konsole sieht dann aus wie folgt:



Konsolenausgabe des println-Beispiels

Am Ende der Akademie hatte dann jeder von uns an einem Programm zum „Collatz-Problem“ und zum „Game of Life“ gearbeitet sowie ein Programm zur „Grünen Welle“ nach seinen eigenen Ideen und Ansätzen umgeschrieben.

Rückblickend finde ich es unglaublich, wie viel jeder von uns in so kurzer Zeit dazulernte, obwohl wir anfangs so unterschiedlich viel – beziehungsweise wenig – Erfahrung mit Informatik hatten.

Selbst schreiben, ausprobieren und fragen – so erwarben wir die meisten Programmierkenntnisse. Ab und zu erklärte uns Bernhard nützliches zum aktuellen Thema, wie zum Beispiel Klassen und Methoden oder Arrays (siehe Programmierung des Game of Life).

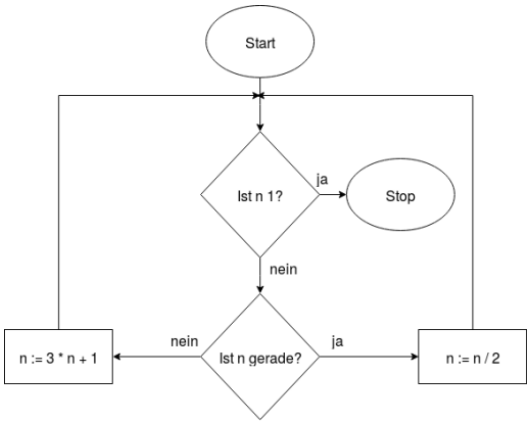
Kaum hatten wir etwas Neues gelernt, durften wir es auch schon in unseren eigenen Programmen umsetzen.

Das Collatz-Problem Einführung

Fynn Kiwitt

Mit dem Collatz-Problem hatten wir uns schon am Eröffnungswochenende beschäftigt. Lothar Collatz stellte 1937 die Vermutung auf, dass man nach der Ausführung bestimmter Regeln immer eine Zahlenfolge erhält, die mit 1 endet, egal welche natürliche Zahl man als Anfangszahl nimmt.

Diese Regeln sind in folgendem Flussdiagramm visualisiert.



Collatz-Problem als Flussdiagramm dargestellt

Ein Beispiel mit der Startzahl 7 sieht wie folgt aus:

$7 \to 22 \to 11 \to 34 \to 17 \to 52 \to 26 \to 13 \to 40 \to 20 \to 10 \to 5 \to 16 \to 8 \to 4 \to 2 \to 1$

Auch wenn es uns gelang, diese Vermutung dank unseres Programms mit mehreren Millionen Startzahlen zu überprüfen, und wir dabei keine Startzahl finden konnten, für die die Folge nicht auf 1 endete, steht ein mathematischer Beweis dieses Problems immer noch aus. Im Jahre 2011 gab es einen deutschen Mathematiker, der von sich behauptete, dieses Problem bewiesen zu haben, bei näherer Betrachtung erwies sich dieser Beweis jedoch als falsch und wurde zurückgezogen. Der Mathematiker Paul Erdős soll einmal sogar gesagt haben, dass er glaube, die Mathematik sei noch nicht bereit, um Probleme wie diese zu lösen.

Zweierpotenzen, größte Zahlen, Iterationen

Udani Melissa Klose

Als Einstieg in die Programmierung nutzten wir das zuvor erklärte Collatz-Problem. Da es von der Komplexität der einzelnen Schritte sehr simpel ist, eignete es sich hervorragen um die Grundlagen der Programmiersprache Java zu erlernen. Um das Collatz-Problem etwas genauer zu untersuchen, beschäftigten wir uns mit Besonderheiten, die in den Folgen auftreten.

Zunächst suchten wir nach Zweierpotenzen in den untersuchten Folgen, da Folgen, die eine Zweierpotenz enthalten immer auf eins enden.

Zur besseren Veranschaulichung hier ein Beispiel:

$2^5/2 = 2^4$

$\to 2^4/2 = 2^3$

$\to 2^3/2 = 2^2$

$\to 2^2/2 = 2^1$

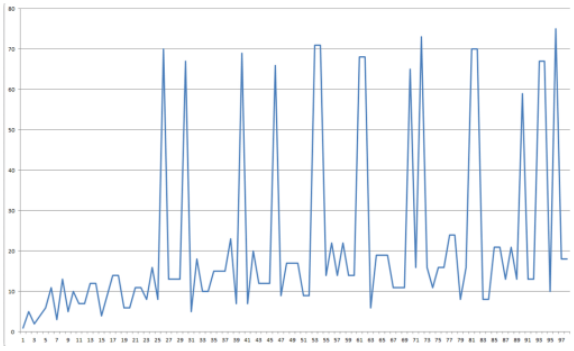
$\to 2^1/2 = 2^0$

$\to 2^0 = 1$

Diese Feststellung könnte wichtig für einen möglichen Beweis sein, dass tatsächlich, wie Lothar Collatz behauptete, jede Folge auf eins endet.

Danach ermittelten wir systematisch die Anzahl der Interaktionen, die die untersuchten Folgen durchlaufen, bis sie auf eins enden. Um diese Anzahl der Iterationen für ein beliebiges N herauszufinden, schrieben wir ein Programm, dass uns die Anzahl der Iterationen für eine beliebige Startzahl ausgab.

Aus den Daten, die unser Programm hervorbrachte, erstellten wir ein Diagramm. Bei diesem trugen wir auf der x-Achse die Startzahlen und auf der y-Achse die Anzahl der Iterationen ein. Wir ließen uns die Anzahl der Iterationen für die Startzahlen n=1 bis n=100 ausgeben.



Anzahl der Iterationen über den Startzahlen

Auf dem Diagramm sieht man, dass die Folgen mit Startzahlen bis 26 sehr wenige Iterationen benötigen, um mit eins zu enden. Bei der Startzahl 27 gibt es plötzlich einen großen Anstieg, 111 Schritte sind erforderlich. Insgesamt zeigt sich, dass bei höheren Zahlen die Anzahl der

Iterationen steigt und somit die Zahlenfolgen länger werden.

Interessant fanden wir es auch, die größte in den Collatz-Folgen erreichte Zahl zu ermitteln. Hierzu mussten wir unser Programm nur an wenigen Stellen anpassen, und es lieferte uns außer den Iterationen auch die größte Zahl der einzelnen Folgen.

„Collatz-Zwillinge“

Lucie Gatzmaga

Betrachten wir noch einmal das Diagramm, so fällt auf, das außergewöhnlich viele benachbarte Startzahlen die gleiche Anzahl an Iterationen vorweisen, allerdings erst von der Startzahl 12 aufwärts. Derartige Zahlen, entdeckt von Youcheng, nannten wir „Collatz-Zwillinge“. Der erste „Collatz-Zwillinge“ eines Zwillingspaares in dem von uns untersuchten Bereich ist immer eine gerade Zahl, bisher fanden wir dafür aber keine Erklärung.

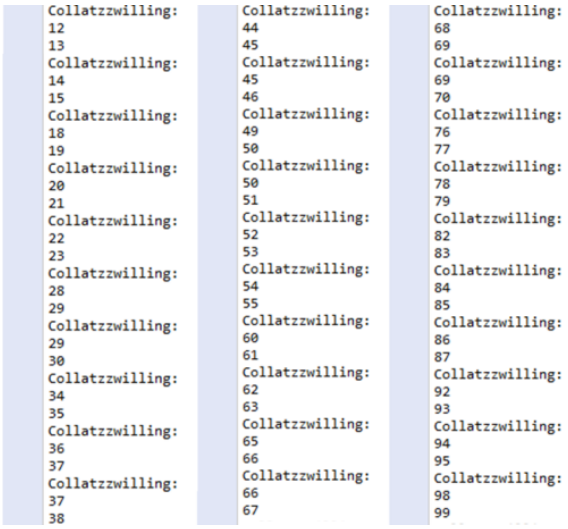
Weitere wichtige Fragen sind, ob es unendlich viele dieser „Collatz-Zwillinge“ gibt und ob der erste „Collatz-Zwillinge“ eines Zwillingspaares immer eine gerade Zahl ist. Um die Collatz-Zwillinge genauer untersuchen zu können, erweiterten wir unser Programm noch einmal so, dass es alle Collatz-Zwillinge in einem vorgegebenen Bereich ausgibt.

```
public static int schritte(int n) {

    int b = n;
    int steps = 0;

    while(b != 1) {

        if (b % 2 == 1) {
            b = 3 * b + 1;
        } else {
            b = b / 2;
        }

        steps++;
    }

    return steps;
}
```

```
public static void main(String[] args) {
  int a;

 for (int index = 1; index < 100; index++) {
    a = index;

    if (schritte(a) == schritte(a + 1)) {
     System.out.println("Collatzzwilling: ");
    }

    System.out.println(a);
    System.out.println(a+1);
  }

}
```

In der ersten Methode namens *schritte()* wird die Anzahl der Iterationen für eine Startzahl im Collatz-Algorithmus hochgezählt.

Später im Programmcode wird die Variable *a* als Startzahl definiert, um die „Collatz-Zwillinge“ mithilfe der oben angelegten Methode bestimmen zu können. Durch die for-Schleife kann der zu untersuchende Bereich festgelegt werden. In der Konsole werden schließlich alle „Collatz-Zwillinge“ geordnet aufgelistet.



Ausgabe der „Collatz-Zwillinge“ in der Konsole

Im Bereich von 1 bis 100 gibt es 30 „Collatz-Zwillinge“ und 8 „Collatz-Drillinge“. Dies sind drei aufeinanderfolgende Zahlen mit der gleichen Anzahl an Iterationen im Collatz-Algorithmus. Durch ein paar kleine Änderungen des obigen Programms kann man diese auch ganz einfach ausgeben lassen.

```
public static void main(String[] args) {
  int a;

  for(int index = 1; index < 100; index++) {
    a = index;

    if(schritte(a) == schritte(a + 1)
       && schritte(a) == schritte(a+1)) {
       System.out.println("Collatz-
                           Drilling:");
       System.out.println(A);
       System.out.println(A+1);
       System.out.println(A+2);
    }
  }
}
```

Die Ausgabe sieht so aus:

```
Collatzdrilling:
28
29
30
Collatzdrilling:
36
37
38
Collatzdrilling:
44
45
46
Collatzdrilling:
49
50
51
```

```
Collatzdrilling:
65
66
67
Collatzdrilling:
68
69
70
Collatzdrilling:
98
99
100
Collatzdrilling:
99
100
101
```

Ausgabe der „Collatz-Drillinge“ in der Konsole

Der erste „Collatz-Drilling“ ist nicht immer gerade. „Collatz-Vierlinge“ sind noch einmal seltener, im Bereich bis 100 kommen sie nur zweimal vor, im Bereich bis 500 gibt es 14 „Collatz-Vierlinge“.

Das Spiel des Lebens – Einführung

Konstantin Zeck

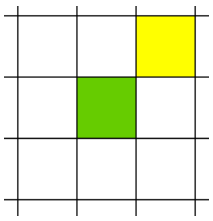
Das „Game of Life“, auch „Spiel des Lebens“ genannt, ist ein zellulärer Automat (eine Computersimulation), bei dem Zell-Lebenszyklen nach bestimmten Regeln mithilfe eines Algorithmus simuliert werden. Dadurch können unterschiedliche „Zivilisationen“ entstehen. Systeme dieser Art werden in der Biologie oder Medizin verwendet, um Zellansammlungen nachzubilden.

Das „Game of Life“ wurde 1970 von dem Mathematiker John Horton Conway entworfen. Er stellte die Aufgabe zu beweisen, dass durch endloses Wiederholen seiner Regeln theoretisch unbegrenztes Wachstum möglich ist.

Das Spielfeld ist kariert, wobei jedes Gitterfeld eine Zelle darstellt. Das Gesamtfeld kann dabei entweder begrenzt oder unbegrenzt sein. Ein „begrenztes“ Feld bedeutet, dass am Rand keine Zellen existieren. Im Gegensatz dazu befinden sich die Nachbarn der Randzellen bei einem „unbegrenzten“ Feld auf der gegenüberliegenden Seite.

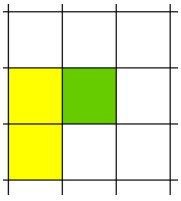
Eine Zell-Zivilisation wird in Generationen simuliert. Um die jeweils nächste Generation zu berechnen, werden zunächst alle Zellen überprüft. Die Änderungen geschehen dann alle gleichzeitig, wodurch die nächste Generation entsteht. Dabei kann der Zustand einer Einzelzelle entweder „tot“ oder „lebendig“ sein. Er wird von dem Zustand der acht Nachbarzellen beeinflusst. Je nach Anzahl lebender Nachbarn stirbt eine Zelle, bleibt am Leben oder wird lebendig.

Die erste Regel ist die Regel der „Einsamkeit“: Hat eine lebende Zelle weniger als 2 lebende Nachbarn, stirbt sie an Unterbevölkerung in der nächsten Generation.



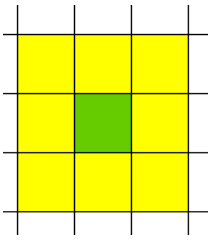
1. Regel der Einsamkeit – grüne Zelle stirbt durch Unterbevölkerung

Eine weitere Regel ist die „Überlebensregel“ und gilt für Zellen mit 2 oder 3 Nachbarn: diese bleiben in der nächsten Generation am Leben.



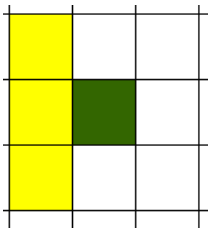
2. Regel des Überlebens – grüne Zelle überlebt diese Generation

Hat eine Zelle mehr als 3 Nachbarn, stirbt sie gemäß der dritten Regel, der „Überbevölkerungsregel“.



3. Regel der Überbevölkerung – grüne Zelle stirbt durch Überbevölkerung

Die vierte Regel besagt, dass tote Zellen mit genau 3 lebenden Nachbarn in der nächsten Generation lebendig werden.



4. Regel der Geburt – dunkelgrüne Zelle wird in der nächsten Generation geboren

Mithilfe dieser Regeln entstehen unterschiedliche Konstellationen. Die meisten Zellen sterben nach wiederholtem Anwenden dieser Regeln. Ein paar Konstellationen sind jedoch in der Lage, unendlich lange am Leben zu bleiben, sich zu bewegen oder sich zu reproduzieren.

Programmierung des „Game of Life“

Erik Klein

Mit der Programmierung des „Collatz-Problems“ erlernten wir die Java-Grundkonzepte und -konstrukte wie Schleifen, Verzweigungen und Datenstrukturen. Mit dem „Game of Life“ stiegen wir in die objektorientierte Programmierung ein. Diese ist sehr nützlich bei komplexeren Problemen. Wir lernten, Klassen aus den Java-Standardbibliotheken zu nutzen, was uns sehr viel Arbeit ersparte, und konnten auch selbst Klassen und Methoden programmieren.

Klassen und Methoden werden benötigt, wenn Teile des Programms häufiger auftauchen, um diese zu kürzen und übersichtlicher zu gestalten. Als einführendes Beispiel überlegten wir uns wiederkehrende Funktionen eines Getränkeautomaten:

Jeder Getränkeautomat kann eine unterschiedliche Anzahl an Colas haben, funktioniert aber trotzdem gleich und stammt von derselben Klasse, die sozusagen sein Bauplan ist, ab. Außerdem hat der Getränkeautomat Methoden wie *colasKaufen(anzahlColas)* oder *fantasKaufen(anzahlFantas)*, die die Anzahl der Fantas um *anzahlFantas* verringern und seine Geldmenge um *anzahlFantas*preisFanta* erhöhen. Im Programm kann jeder Automat einzeln angesprochen werden: zum Beispiel *automat1.colasKaufen(4);*, sodass beim Getränkeautomaten *automat1* vier Colas gekauft werden.

Konzentrierte Diskussion um die optimale Lösung.

Die Anwendung unserer neuen Fähigkeiten übten wir beim „Game of Life“, für das wir die Klassen *Bewohner* und *Spielfeld* programmierten. Die Klasse *Bewohner* hat die Variablen *positionAufDemSpielfeld*, *lebendZuT0* und *lebendZuT1*. Das Spielfeld hat eine Größe und eine zweidimensionale Liste (im Programm durch „[][]“ erkennbar) mit seinen einzelnen Bewohnern.

```
Bewohner[][] Welt = new Bewohner[10][10];
Arrays.fill(Welt, new Bewohner());
```

Wir erzeugten ein 10x10 großes Spielfeld mit Bewohnern.

Zu Beginn werden die lebenden und toten Bewohner festgelegt. Dann wird bis zur Beendigung des Programms das Spielfeld nach den vier Regeln neu berechnet und simuliert.

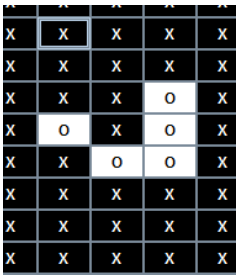
Dafür implementierten wir die Methoden *zeichnen()* und *nextIteration()*, welche nach den Regeln die nächste Iteration berechnen und ausgeben:

```
public static void nextIteration() {
  // Jeder Bewohner des Spielfelds
  for (int x = 0; x < width; x++) {
    for (int y = 0; y < height; y++) {

      // Nachbarn werden gezählt
      if (nachbarnZaehlen(x, y) < 2
      || nachbarnZaehlen(x, y) > 3) {

        // Die Zelle "stirbt"
        Welt[x][y].lebendt1 = false;

    } else if (nachbarnZaehlen(x, y) == 3) {

        // Die Zelle wird geboren
        Welt[x][y].lebendt1 = true;
      }
    }
  }
}
```

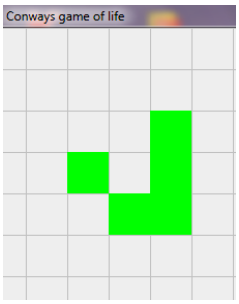
Die *nachbarnZaehlen(x , y)*-Methode prüft, wie viele Nachbarn des Bewohners auf der Position(x, y) leben und zählt sie. Je nachdem, ob bei Bewohnern am Rand des Feldes die Bewohner auf der anderen Seite mitgezählt werden oder nicht, ist das Spielfeld begrenzt oder unbegrenzt.

Jetzt wollten wir das Spielfeld noch grafisch darstellen, was einige in der Konsole und andere in einem neuen Fenster mithilfe eines „Grafical User Interface“ (GUI) umsetzten.

Hier zwei verschiedene Implementierungen:



1. Beispiel eines GUIs des Game of Life



2. Beispiel eines GUIs des Game of Life

Die Grüne Welle

Lukas Weber

Unser Ziel war, anhand des „Collatz-Problems“ und des „Game of Life“ das Programmieren zu erlernen beziehungsweise die vorhandenen Programmierkenntnisse zu erweitern, um uns anschließend an ein reales und praxisnahes Problem zu wagen. Dafür nahmen wir uns vor, eine Grüne Welle in der Rohrbacher Straße in Heidelberg zu simulieren.

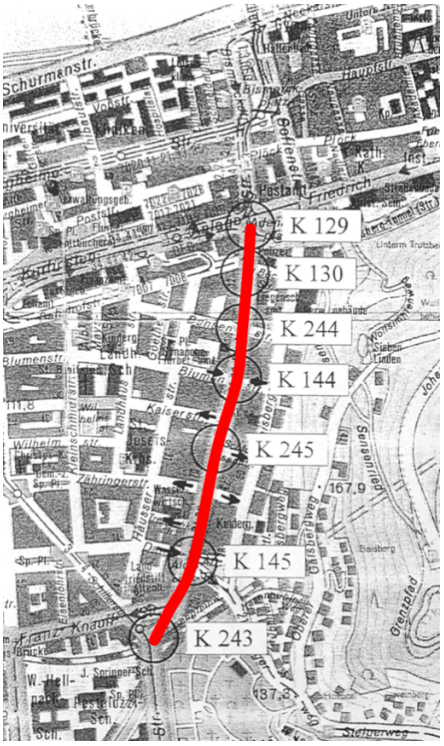
Exkursion nach Heidelberg

Da einige aus unserem Kurs in Heidelberg und Umgebung wohnen und diese Straße und das dortige Verkehrsaufkommen kennen, war diesen Teilnehmern die Rohrbacher Straße bekannt. Die grundlegende Problematik beinhaltet die Länge der Umlaufzeiten, das heißt die Länge der Ampelphasen und eine eventuelle Verschiebung der Grünphasen beziehungsweise die Anpassung an die jeweiligen Kreuzungssituation. Unser Ziel bezüglich dieses Problems war eine Verbesserung des Verkehrsflusses mithilfe von verschiedenen Ansätzen unter anderem auch für besondere Situationen wie zum Beispiel für den morgendlichen Berufsverkehr.

Die Rohrbacher Straße

Bereits vor der Akademie trafen sich die Teilnehmer unseres Kurses aus Heidelberg und Umgebung an der Ecke Bahnhofstraße/Rohrbacher Straße. Unsere Absicht an diesem Mittwochnachmittag war es, ein klares Bild von der Lage zu bekommen und vor allem wichtige Details für ein mögliches Programm herauszufinden. Zuerst legten wir uns einen Plan für die

nächsten Stunden zurecht, an dessen Anfang das Erkunden der Straße, also das Vertrautmachen mit der Umgebung stand. Hierbei berücksichtigten wir die vom Verkehrsamt festgelegten Knotenpunkte, welche die Problemstellen beschreiben.

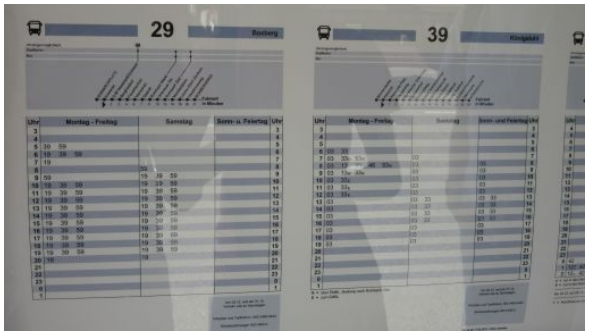


Übersichtsplan über die Knotenpunkte des untersuchten Straßenverlaufs.

Wir starteten bei Knotenpunkt K130 und gingen bis Knotenpunkt K145. Dabei notierten wir an jeder Kreuzung Auffälligkeiten, Besonderheiten, Fragen und den grundlegenden Aufbau, das heißt Fußgängerüberwege, Abbiegerichtungen und vorhandene Ampeln. Hier fielen uns zum Beispiel Induktionsschleifen an verschiedenen Stellen auf.

Eine wissenswerte Information waren Induktionsschleifen in Zufahrten

Als wir die Bushaltestelle Kaiserstraße erreichten, bemerkten wir, dass auch die Busse zu beachten sind und wir notierten ihre Taktung.



Die zwei Buslienien 29 und 39 verkehren jeweils im 20 Minutentakt beziehungsweise 30–60 Minutentakt

Nachdem wir die Straße abgelaufen waren, zählten wir 15 Minuten lang am K145 die Autos in beide Richtungen und auf die Abbiegerstraßen aufgeteilt. Natürlich kann ein Sommerferiennachmittag wohl kaum als Normalzustand gelten. Trotzdem half es uns, die Problematik besser zu durchdringen, weil wir dadurch über einen etwas längeren Zeitraum an einer komplexen Kreuzung die möglichen Fahrtwege nachvollziehen und Konfliktpunkte erkennen konnten. Als Belohnung spendierte uns Jochen ein Eis der „besten Eisdiele Heidelbergs“.

Diskussion mit Herr Bollian

Unsere Fragen, die zum Beispiel mit vorhandenen Induktionsschleifen zu tun hatten oder sich mit der aktuellen Steuerung bei der Ankunft eines Busses beschäftigten, wollten wir klären. Dazu verabredeten wir uns zu einem Gespräch mit dem Leiter des Amts für Verkehrsmanagement, Herrn Bollian, der uns sogar seine Diplomarbeit über die Rohrbacher Straße zur Verfügung stellte. An dieser Stelle nochmal ein großes Dankeschön an ihn!

Trotz einer netten Begrüßung durch Herr Bollian waren die meisten von uns erst etwas unsicher, aber schon nach kurzer Zeit entstand ein angeregtes Gespräch. Herr Bollian zeigte uns zunächst, wie man eine Straße normalerweise in der Verkehrstechnik darstellt, was für unsere weitere Arbeit essentiell war. Anhand dessen formulierten wir dann unsere Fragen

und machten erste Vorschläge zur besseren Koordinierung des Verkehrs.

Interessant war hierbei zum Beispiel der Verknüpfungsaspekt. Unsere Idee war, in Zeiten von drahtlosen Netzwerken auch die Ampeln drahtlos miteinander kommunizieren zu lassen, was laut Herr Bollian aus rein sicherheitstechnischen Gründen nicht möglich sei.

Auch über das Alter der Anlage wurden wir informiert, was dann einige unserer beobachteten Verzögerungen durch ineffiziente Ampelschaltung erklärte. Wir diskutierten noch weitere Ansätze und grundlegende Probleme, wie die nur in eine Richtung mögliche „Grüne Welle“, die uns anschaulich von Herr Bollian erklärt wurde.

Diskussionsrunde mit Herrn Bollian

An Informationen und Gesprächsstoff für unseren Kurs fehlte es uns also nach dieser Diskussion nicht. Glücklich, aber doch etwas müde vom anstrengenden Tag verabschiedeten wir uns von Herrn Bollian.

Fazit

Vor dem Amt für Verkehrsmanagement stellte sich die Gruppe dann noch einmal zum Foto auf.

Wir fassten die groben Erkenntnisse des Tags kurz zusammen, um damit eine Grundlage für die Diskussion im Kurs zu haben. Mit Vorfreude auf die Akademiezeit verabschiedeten sich alle in die unterschiedlichen Richtungen, und jeder hat seine eigenen Anregungen für die kommende Arbeit im Kurs mit nach Hause genommen.

Lösungsansätze für die Grüne Welle in der Rohrbacher Straße

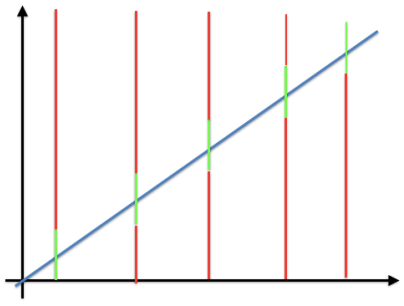
Amrei Mihan

Im Kurs während der Science Academy versuchten wir dann, eine Lösungsidee zu erarbeiten, die den Verkehr auf der Rohrbacher Straße besser regelt.

Unter Einbeziehung der Informationen, welche wir durch Herr Bollian und seine Diplomarbeit erhielten, kristallisierten sich während unseren ersten Diskussionsrunden im Kurs zur „Grünen Welle“ ziemlich schnell zwei verschiedene Lösungsansätze heraus. Diese wurden anschließend in kleineren Gruppen weiter ausgearbeitet. Im Folgenden werde ich auf die beiden unterschiedlichen Vorschläge genauer eingehen:

1. Die Grüne Welle

Die Grüne Welle ist eine immer populärer werdende, umweltfreundliche Form der Ampelschaltung. Bei einer Grünen Welle bekommt ein Auto, wenn es mit einer bestimmten konstanten Geschwindigkeit durch eine Straße fährt, an jeder Ampel grün.



x-Achse: Strecke, y-Achse: Zeit

Das Diagramm stellt eine Grüne Welle grafisch da. Die roten Striche stehen für die Rotphasen und die grünen Striche für die Grünphasen der Ampeln. Die blaue Linie stellt ein Auto dar. Die Grünphasen dauern bei jeder einzelnen Ampel gleich lang und sind zeitlich versetzt.

Um eine Grüne Welle zu konzipieren, muss man zuerst die erforderliche Dauer einer Grünphase $t_{Grünphase}$ ermitteln. Sie ergibt sich aus der Zeit, die eine Autokolonne mit einer vorher festgelegten Länge braucht, um die grüne Ampel zu passieren. Für diese Berechnung haben wir folgende Formel verwendet:

$$t_{Grünphase} = \frac{(L_{Auto} + SD) \cdot N_{Autos}}{v_{Autos}},$$

wobei L_{Auto} die Länge eines Autos ist, SD der Sicherheitsabstand, N_{Autos} die Anzahl der Autos und v_{Autos} die Geschwindigkeit der Autos. Das Ergebnis zeigt, eine wie lange Grünphase die Kolonne benötigt, um die Kreuzung zu passieren.

Als zweiten Schritt betrachtet man, wann die nächste Ampel auf Grün schalten muss. Die Versetzung der Grünphase $t_{Versetzung}$ wird mit folgender Formel berechnet:

$$t_{Versetzung} = \frac{D_{Ampel}}{v_{Autos}},$$

wobei D_{Ampel} die Distanz zur ersten Ampel ist und v_{Autos} die Geschwindigkeit der Autos.

Damit erhält man die Zeit, in der die Autokolonne die nächste Ampel erreicht, also wann die zweite Ampel nach der ersten auf Grün schalten muss.

Eine Grüne Welle ist fußgängerfreundlich, da zwischen den Grünphasen sehr viel Zeit ist, in der die Fußgänger die Straße überqueren können. Natürlich wirkt sich die Grüne Welle auch positiv für die Autofahrer aus, da diese höchstens einmal beim Durchfahren der Straße anhalten müssen.

Das gilt jedoch nur für die Autofahrer aus der einen Richtung. Die Autofahrer, die in die entgegengesetzte Richtung der grünen Welle fahren wollen, müssen wegen den sehr kurzen Grünphasen, die für sie ungünstig gesetzt sind, häufiger anhalten. Aus diesem Grund sollte man eine Grüne Welle auch nur dann anwenden, wenn in der einen Richtung deutlich weniger Autos die Straße passieren wollen. Ist das Verkehrsaufkommen gleich oder ähnlich groß, kann es in der Gegenrichtung zu Staus kommen.

Die Grüne Welle birgt auch einen weiteren Nachteil: Die Autos kommen zwar schnell durch die Straße selbst, stauen sich aber vorher am Straßenanfang, da die kurzen Grünphasen immer nur begrenzt viele Autos durch die Straße lassen und somit wegen der dann folgenden langen Rotphase viele Autos warten müssen.

2. Ampeln gleichschalten

Bei diesem Vorschlag werden zuerst alle Ampeln gleich lang auf Rot und dann gleich lang auf Grün geschaltet. Der Hauptverkehr wird also einmal komplett unterbrochen, um den Seitenverkehr und Fußgänger über die Straße zu lassen. Bei dieser Variante muss der Autofahrer genau einmal in der Straße anhalten. Das gilt für beide Richtungen und ist daher für großes Verkehrsaufkommen auf beiden Seiten gut geeignet.

Auch das Problem mit den Staus am Straßenanfang ist hier gelöst, da sich wegen der längeren Grünphase geringere Wartezeiten am Beginn der Straße ergeben. Je nachdem, wann man in die Straße fährt, muss man an unterschiedlichen Ampeln anhalten. Der Stau am Straßenanfang bei der Grünen Welle wird so also auf die komplette Straße verteilt.

Ein Nachteil bei der Gleichschaltung ist jedoch, dass den Fußgängern und dem Seitenverkehr weniger Zeit bleibt, um die Straße zu überqueren. Das könnte dann zu Staus in den Seitenstraßen führen.

Fazit

Beide Varianten haben ihre Vor- und Nachteile. Deswegen überlegten wir, beide Lösungsansätze zu kombinieren, also je nach Tageszeit und dem damit verbundenen Verkehrsaufkommen eine der beiden Lösungen anzuwenden.

Das Programm zum Erzeugen einer Grünen Welle

Lennart Leuchte

Nach der Planungsphase versuchten wir, ein Programm zur Simulation der entwickelten Lösungsansätze zu schreiben. Dabei betrachteten wir in unserem Programm mehrere Faktoren, so zum Beispiel die Fußgänger, welche die Rohrbacher Straße überqueren wollen und damit die Grüne Welle unterbrechen würden. Ebenso mussten wir den Verkehr aus den Seitenstraßen berücksichtigen, um unnötige Wartezeiten und zu kurze Grünzeiten zu vermeiden. Zur Realisierung unseres Programmes bauten wir die vorher entwickelten allgemein gültigen Formeln in das Programm ein.

Vereinte Fehlersuche im Programmcode

Zur Abschätzung des Verkehrsaufkommens zu einer bestimmten Tageszeit und der daraus resultierenden Anzahl von Autos in einer Kolonne müssen bei weiterer Forschung Analysen und Statistiken von Verkehrszählungen hinzugezogen werden. In unserem Programm schätzten wir diese jedoch grob. Unser Programm bestand aus vier Hauptbestandteilen:

- der *Straße*, die das Grundgerüst für die graphische Ausgabe bildete
- das *Auto*, das speziell dem Erstellen von Punkten diente, die wir stellvertretend für Autos benutzten und denen wir die Möglichkeit gaben, zu fahren und Ampeln zu erkennen.
- eine *Ampel*-Klasse, die uns half, die Autos zu gezielten Zeitpunkten an bestimmten Orten anhalten zu lassen.
- das *Programm*, das dazu diente, alle Klassen und Funktionen zusammenzuführen, die Grünphasen und Versetzungen zu berechnen und an die Ampeln und Autos zu übermitteln.
- die Hauptklasse mit einer *main*-Methode dient dazu, das Programm zu starten und komplette Kreuzungen zu erstellen.

Programmausschnitt, um Autos zu erzeugen:

```
for (int zautos = 0; zautos < 50; zautos++) {

  // Autos werden generiert (50)
  Auto a = new Auto (
    rohrbacherStrasse,
    - (zautos * (Auto.LAENGE
    + Auto.MIN_ABSTAND)));
  rohrbacherStrasse.fuegeAutoHinzu(a);
}
```

Außerdem erstellten wir fünf Ampeln, die sich nur in der Schaltung und dem Abstand voneinander unterschieden, sonst jedoch alle genau identisch waren:

```
Ampel K145 = new Ampel (true, 100);
erzeugeBedarfsAmpelKnopf(K145);
K145.setFussgaengerAmpel(bedarfSchalter);
rohrbacherStrasse.fuegeAmpelHinzu(K145);
```

Als nächstes berechneten wir die Länge der Grünzeiten mit der oben genannten Formel. Bei zehn Autos (je sechs Meter lang und immer mindestens drei Meter Sicherheitsabstand), die pro Grünphase durchgelassen werden sollten, wird eine Grünzeit von 7,7 Sekunden benötigt. Die Rotzeit, die nötig ist, damit alle Autos aus den Nebenstraßen passieren können, schätzten wir auf 18 Sekunden:

```
K145.addSequenzElement(7700, true);
K145.addSequenzElement(18000, false);
K145.starteSequenz();
```

„true“ bedeutete in diesem Fall grün, „false“ verkörperte eine Rotphase.

Danach führten wir Berechnungen durch, um die Länge der Versetzung herauszufinden:

```
double versetzung = (160 / 11.6666) * 1000;
```

Die Variable *versetzung1* legten wir in diesem Fall an, um die Länge der Versetzung zu berechnen. Da die Abstände der Ampeln variierten, mussten wir den Wert für jede Ampel speziell eingeben, in diesem Beispiel der Wert 160.

```
public void addSequenzElement(
                int sekunden, boolean gruen)
```

Hier ist die Funktion zu sehen, die wir einrichteten, um die Grün- und Rotphasen an die Ampeln zu übermitteln. Der Wert „sekunden“ gibt die Länge der Ampelphase an und „gruen“ gibt an, ob die Sequenz eine grüne oder eine rote Phase wird.

Rotation- und Abschlusspräsentation

Gregor Freudenberger

Nach der ersten Woche der Science Academy standen die Rotationspräsentationen an. Dabei stellte jeder Kurs der restlichen Akademie vor, was er bisher erarbeitet hatte und was er noch vorhatte.

Unser Vortrag hatte, wie auch unser Kurs, drei Themenbereiche: Das „Collatz-Problem“, „Conway's Game of Life“ und die „Grüne Welle“ in der Rohrbacher Straße in Heidelberg.

Um diese Themen für die Präsentation vorzubereiten, teilten wir uns in drei Expertengruppen mit jeweils vier Personen auf. Die Expertengruppen bearbeiteten jetzt jeweils eins der drei Themen und erstellten eine PowerPoint-Präsentation. Dann wurden die drei Präsentationen von zwei der Kursteilnehmer und unserer Schülermentorin zusammengefügt und formatiert.

Je ein Teilnehmer einer Expertengruppe bildete mit je einem weiteren aus den anderen beiden Gruppen ein Team, das zusammen die Präsentation hielt. Die Dreiergruppen begannen, die Vorträge zu üben, indem sie die Präsentation vor dem gesamten Kurs hielten. Dabei machten unsere Kursleiter Verbesserungsvorschläge und erklärten uns, dass auch Leute, die sich nicht mit solchen Themen auseinandergesetzt hatten, verstehen sollten, was wir im Kurs bisher erlebt hatten.

Kurz vor der Präsentation waren alle ein bisschen aufgeregt. Doch dank der Präsentationstipps unserer Kursleiter, unserem Fachwissen und der guten Vorbereitung konnten alle eine gute Rotationspräsentation halten und anschließend den Abend beim Bergfest genießen.

Als die Akademie sich dem Ende zuneigte, mussten sich alle Kurse auf die Abschlusspräsentation vorbereiten. Als Grundgerüst für die Abschlusspräsentation nahmen wir die Rotationspräsentation, die allerdings noch erweitert und auf den neusten Stand gebracht werden musste.

Dafür fanden wir uns wieder in den Expertengruppen zusammen, die ihr Thema noch einmal überarbeiteten und neue Erkenntnisse und Fortschritte in die Präsentation einbauten. Die neuen Teilpräsentationen wurden wieder von zwei unserer Kursteilnehmern und Viktoria zusammengefügt.

Darauf folgte üben, üben, üben. Wieder und wieder hielten die Dreiergruppen der Rotation die Abschlusspräsentation vor dem Kurs und bekamen Ratschläge und Verbesserungsvorschläge vom Kurs und unseren Kursleitern.

Da wir die Abschlusspräsentation vor unseren Eltern, Geschwistern und auch wichtigen Sponsoren halten würden, lastete ein gewisser Druck auf uns, doch wieder einmal durch gute Vorbereitung, Fachkenntnisse und gegenseitige Hilfe gingen alle Präsentationen glatt über die Bühne, und wir alle konnten entspannt zum Abschlussfest gehen.

Nachwort

Lukas Weber

Die zwei Wochen haben zwar sehr viel neues Wissen in Sachen Informatik mit sich gebracht, aber auch der Zusammenhalt, der gute Mix aus Ernsthaftigkeit und Spaß und einzigartige Erfahrungen haben diese Zeit geprägt. Jeder hat von jedem gelernt, und alle haben ihren wichtigen Teil zu unserem Projekt beigetragen. Auch

die Kursleiter und unsere Schülermentorin haben dieses Erlebnis unglaublich bereichert und waren mit ihren unersetzlichen Erfahrungen und Ratschlägen immer für uns da. Rückblickend hat sich aus einer Gruppe motivierter Jugendlicher ein echt starkes Team entwickelt, das die Aufgaben gemeinsam und mit großem Interesse gelöst hat. Danke für eine unvergessliche Akademiezeit, durch die jeder vom Informatik-Fieber angesteckt wurde und sogar ein Jugend-forscht-Projekt entstanden ist!

Sprüche

Amrei Mihan, Gregor Freudenberger

Anonym: Elena kann besser programmieren als der gesamte Informatikkurs.

Lukas: Ja, Bianca hatte ja davor gar keine Ahnung.

Viktoria: Ich liebe Stilbrüche!

Viktoria: Ich hab was gegen Biber in seriösen Präsentationen.

Viktoria: NEIN, ihr könnt nicht alle auf einmal reden.

Konstantin: Hallo, ich bin Konstantin und komme nicht aus Konstantinopel.

Gregor: Viktoria, was kannst du eigentlich ... also informatisch?

Gregor: Ich unterstütze alle Biber, auch wenn sie technisch nicht so gut entwickelt sind oder ADHS haben.

Bernhard: Ich bin ein Harmoniemensch.

Jochen: Bist du Waage?

Bernhard: Ne, Fisch, ich schwimme um meine Probleme herum.

Bernhard: Das ist meine Glücksflosse, die ist von Geburt an so.

Jochen: Jetzt stellt euch mal vor, da sitzt ein Amerikanist, der hat gerade gar nix verstanden.

Jochen: Youcheng, du schaust grad so ins Leere, kannst du mal verständnisvoll schauen?

Alle: Ach so, da habe ich ein Semikolon vergessen.

Schlachtrufe: Alle: „Javadabadu“ Alle: „static, float, und double – WIR SCHLAGEN EUCH ZU WABBEL!!!“ Alle: „Bäääärn! – hard! Bäääärn! – hard! Bäääärn! – hard!“ Erik: „Bäärn! – hard!“

Kurs 6: Entwicklung innovativer Sinterverfahren Projektarbeit mit Ernstcharakter

Einleitung

Aaron

Jährlich werden große Mengen an Partikelschaummaterialien (z. B. Styropor® 11,6 Millionen Tonnen[1]) in einem energieineffizienten Verfahren hergestellt. Beim Produktionsprozess geht viel Energie verloren, weil die Sinterform zunächst erhitzt und dann wieder abgekühlt werden muss. Deshalb hat sich der TheoPrax-Kurs in diesem Jahr damit befasst, innovative und energieeffiziente Sinterverfahren zu entwickeln. Um das Problem mit verschiedenen Lösungsansätzen bearbeiten zu können, haben wir uns in drei Gruppen aufgeteilt. Wir bekamen die Aufgabenstellung vom Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT) in Pfinztal durch Herrn Dr. Bader. Die zwei Wochen der Science Academy haben wir genutzt, um intensiv im Labor zu forschen. Durch unsere Untersuchungen haben wir einen Beitrag dazu geleistet, den Stand der aktuellen Forschung in diesem Thema weiterzubringen. Um effizient unser Ziel verfolgen zu können, haben wir uns neben dem praktischen Arbeiten auch besonders tiefgreifend mit Projektmanagement auseinandergesetzt.

[1] Schwaben, Hans-Dieter: Standardkunststoffe. In Kunststoffe, 10/2005, S. 2

Unser Kurs

Lukas, Yannika

Team [wIRsinta.]

Das Team [wIRsinta.], bestehend aus Aaron, Xenia, Lukas und Julian, versuchte dem Namen entsprechend (IR=Infrarot) mithilfe von Infrarotstrahlen zu sintern.

Aaron übernahm in jeglicher Situation die Rolle des Koordinators und brachte uns damit Struktur und Zeitersparnis ein. Außerdem stellte er sich als ausgezeichneter Dokumentationsbeauftragter im Labor heraus und

konnte durch seine mehr oder weniger guten Flachwitze und Wortspiele immer wieder die Stimmung auflockern.

Team [wIRsinta.]

Julian punktete als Teammitglied besonders durch zahlreiche Ideen und seine außergewöhnliche Eigeninitiative bei Planung und Durchführung. Stets mit einem Lächeln unterwegs, beteiligte er sich an Allem und sorgte durch seine aufmerksame und fleißige Art für eine möglichst gute Umsetzung.

Lukas war ein super Teampartner, der viele Ideen hatte. Seinem Team diente er als ausdauernder Vorschäumer. Zudem gehörte Lukas morgens wie mittags zu den Ersten am Teekocher. Obwohl ihn die Film-KüA ständig auf Trab hielt, war er auch im Kurs immer engagiert dabei.

Xenia war mit Abstand die Wärmeempfindlichste des Kurses und nur mit Fächer und sommerlicher Kleidung anzutreffen. Ihre sorgfältige Art stellte einen nötigen Standpunkt in der oft überstürzt angegangenen Laborarbeit dar. Zudem war sie besonders in der Planung und bei Krisendiskussionen der Ruhepol der Gruppe.

Team Sintoflex

Zum Team Sintoflex gehörten Salome, Lorina, Jan, Annika und Fabian. Diese Gruppe forschte daran, mithilfe einer Mikrowelle zu Sintern. Sie war am Ende der Akademie als Gruppe der „Professionellen Reagenzglas-Zerstörer“ bekannt, da sie doppelwandige und damit gut isolierte Reagenzgläser durch das Verschmelzen zweier Gläser herzustellen versuchte.

Annika war eher ruhig und brachte viele gute Ideen und ihre Formulierungsgabe in den Kurs ein. Sie war sehr fleißig, vor allem, als es um den Abschlussbericht ging. Außerdem ernährte sie sich von uns allen während der Kurszeit wohl am gesündesten: Sie zog Äpfel den leckeren Keksen vor.

Fabian half seinem Team, indem er andere Ansichten und Standpunkte vertrat. Um seine Ideen umzusetzen, hatte er immer genug Fachwissen parat. Abgesehen davon übersetzt er gerne Lyrics ins Deutsche oder spielte das Kursmaskottchen, was uns beim Sportfest den inoffiziellen Outfitpreis bescherte.

Team Sintoflex

Jan war sehr hilfsbereit und machte einen wunderbaren Job als Koordinator der Abschlusspräsentation. Er wies immer wieder auf mögliche Probleme und Fehler hin, was die Projektarbeit erleichterte. Außerdem entwickelte er ganz nebenbei zusammen mit Lukas das zeitsparende „Mikrowellenvorschäumen“. Beim Schreiben des Berichtes konnte er durch seine Kreativität überzeugen.

Lorina hat mit ihrer guten Laune und witzigen Art sehr positiv zur Kursatmosphäre beigetragen. Unsere Einhorn-Liebhaberin war bereits vor der Sommerakademie sehr fleißig und hat alle dauerhaft motiviert. Es verging kein Tag, an dem man nicht mindestens einmal das Wort „kräääänk“ von ihr vernahm.

Salome zeigte während der ganzen Zeit viel Initiative und behielt immer den Überblick. In ihrem Team gehörte sie zu den „Glasbläsern“, die Reagenzgläser mit großer Leidenschaft einschmolzen. Nach den zwei Wochen im Sommer war zudem klar, dass es wohl kein Gruppenspiel gab, welches sie noch nicht kannte.

Team 4sintern

Markus, Tim, Yannika und Laurin bildeten das Team 4Sintern. Diese Gruppe war thematisch sehr vielfältig aufgestellt. Sie forschten auch an einer Sintermethode mit der Mikrowelle. Jedoch nahmen sie sich auch einer alternativen Vorschäummethode mithilfe eines Heißluftföhns an und sorgten damit oft für den lieblichen Duft verbrannten Kunststoffes im Labor.

Team 4sintern

Laurin war immer sehr engagiert, hatte viele gute Ideen und war hoch motiviert, diese auch umzusetzen. Manchmal war er jedoch etwas zu schnell, sodass zum mehr oder weniger großen Vergnügen aller das Granulat des Öfteren durch die Luft flog.

Markus war von uns wohl derjenige mit der meisten Erfahrung, was Projektarbeit anging. Mit seinem theoretischen Wissen half er oft weiter. Er blieb auch im Stress immer locker. Markus war eher der Macher und blühte deswegen im praktischen Teil erst richtig auf.

Yannika zeigte insbesondere beim Abschlussbericht, welches Koordinations- und Organisationstalent sie besitzt. Sie war dauerhaft motiviert und eine gute Ergänzung für ihr Team. Ihre gute Laune und ihre Motivation halfen der Gruppe, nach abgefackelten Versuchsaufbauten und anderen Problemen wieder auf die Beine zu kommen.

Tim war immer recht still und hatte doch eine Menge guter Ideen zur Lösung unserer Aufgabe parat. Viele der Materialien für sein Team organisierte oder baute er selbst. Mit Tim konnte man immer gut arbeiten, und er war sehr verlässlich. Gute Laune war bei ihm immer vorhanden.

Kursleiter

Nun zu unseren Kursleitern Matthias und Moritz, und unserer Schülermentorin Clara, die immer und überall für uns da waren.

Kursleiter des TheoPrax-Kurses

Matthias war nicht nur beim Abschlussabend, sondern auch die zwei Wochen davor die gute Fee des Kurses. Sein unerschöpfliches Wissen zur Theorie gab uns die nötige Grundlage für die Projektarbeit. Bei Präsentationen und Berichten war seine perfektionistische Ader klar erkennbar, und er übernahm den undankbaren Job, uns unter den, sicherlich nötigen, Druck zu setzen, um alles in der passenden Zeit und in richtiger Qualität umzusetzen. Zusammen mit Clara war er immer fleißig am Knipsen und hielt alles Wichtige auf seiner Kamera fest.

Moritz hat sein Fachwissen zum Projektmanagement gut rübergebracht und uns bei Präsentationen immer konstruktive Kritik, Lob und Vorschläge zur Körpersprache gegeben. In Diskussionen war er immer ein Ruhepol und sorgte durch kleine Witze und viel Lächeln immer für eine gute Stimmung im Kurs. Morgens, wenn alle verschlafen waren, summte er schon Melodien im Kursraum und steckte alle anderen mit seiner Motivation an.

Clara war eine fantastische Schülermentorin. Sie hatte viele kreative und lustige Ideen, was Spiele und Basteleien für unseren Kurs anging. Clara hatte immer ein offenes Ohr und viel Verständnis für jeden einzelnen. Außerdem schaffte sie es, die Ruhigeren aus unserem Kurs zu ermutigen, etwas mehr aus

sich herauszugehen. Durch aufmunternde Worte oder ein ermutigendes Lächeln sorgte sie selbst in komplizierten Momenten für Motivation.

Was ist TheoPrax?

Aaron

TheoPrax ist eine Lehr-Lern-Methodik, die Jugendlichen dabei helfen soll, die Lernmotivation bei der Arbeit in naturwissenschaftlichen Fächern zu steigern.

Aus dem Namen lässt sich schon schließen, dass Theorie und Praxis vereint werden. Allerdings verbirgt sich hinter dem Namen noch viel mehr: Das Besondere an TheoPrax ist die Projektarbeit mit Ernstcharakter. Dabei wird, wie in der richtigen Forschung, ein Projekt zu einem aktuellen wissenschaftlichen Anliegen bearbeitet und ein Angebot an einen möglichen Auftraggeber geschrieben. Um das Ziel erfolgreich zu erreichen, bekommen die Teilnehmer Vorträge und Übungen zum Thema Projektmanagement.

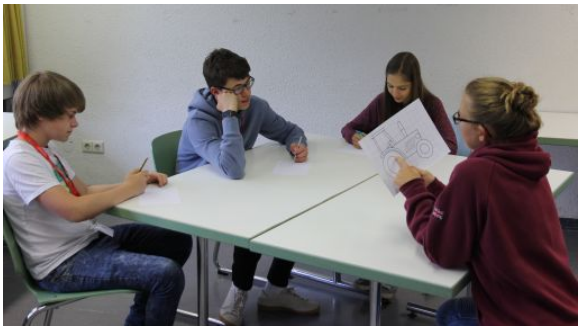
Vortrag zur Herstellung von Partikelschaummaterialien

Das Eröffnungswochenende – Der Startschuss

Fabian

Das Eröffnungswochenende im Juni war der Auftakt der Junior Akademie. Es hatte den Zweck eines ersten Kennenlernens und einer Aufteilung in sinnvoll aufgebaute Teams, in denen wir während der Akademie arbeiteten.

Dieses Teambuilding war essentiell für den reibungslosen Ablauf der Arbeit und eine gleichmäßige Aufteilung der Kompetenzen der Teammitglieder. Durch Spiele wurden Kommunikation und Zusammenarbeit trainiert, welche als Geheimrezept von TheoPrax gelten. Außerdem wurden uns die Grundlagen zum Thema Polymere und Schaumstoffe in dieser Zeit nähergebracht.



Kommunikationstraining

Generell war das Eröffnungswochenende wie ein langsames Herantasten an den Alltag in den zwei Wochen der Sommerakademie und somit unverzichtbar für die Organisation der zwei Wochen im Sommer.

Eine unvergessliche Zeit – Die TheoPrax-Sommerakademie

Salome

Bereits am Anreisetag fand das erste Kurstreffen statt. Es wurden die wesentlichen Kursinhalte sowie der Ablauf der kommenden zwei Wochen besprochen.

Am ersten Tag, nach einer Einheit Projektmanagement, mussten wir innerhalb einer Stunde in den einzelnen Gruppen das Angebot an unseren Auftraggeber schreiben.

Nachdem wir am darauf folgenden Tag die Laboreinweisung bekommen hatten, widmeten wir uns den Vorbereitungen für die Laborarbeit.

Bei unserer ganztägigen Exkursion zum Fraunhofer Institut für chemische Technologie am Montag erhielten wir die Antwort auf unser Angebotsschreiben: den Forschungsauftrag. Somit konnten wir am nächsten Tag mit neuer Energie und dem Auftrag in der Tasche endlich mit den Versuchen beginnen.

Doch viel Zeit blieb uns dafür nicht, denn wir mussten die Rotationspräsentationen vorbereiten. Obwohl uns die dafür eingeplante Zeit anfangs sehr lang erschien, verlief sie doch recht chaotisch und stressig. Das lag aber unter anderem auch daran, dass am zweiten Vorbereitungstag nachmittags das Sportfest stattfand und wir dadurch wertvolle Stunden verloren. Nichts desto trotz lieferten wir am Tag der Rotation eine gute Präsentation ab und ernteten viel positive Rückmeldung. Anschließend durften wir endlich wieder ins Labor, um an unserem Projekt weiterzuarbeiten.

Produktive Diskussion über die Zuordnung der Projektphasen

Doch schon am nächsten Tag mussten wir vormittags erneut unsere Forschungsarbeit unterbrechen: der Wandertag stand an. Mit neuem Elan verbrachten wir die drei folgenden Tage jeweils zur Hälfte im Labor und zur Hälfte im Kursraum mit Lerneinheiten zum Thema Projektmanagement.

Als sich die Zeit in der Sommerakademie langsam dem Ende neigte, begannen wir, uns um den Abschlussbericht zu kümmern, in dem wir all unsere Forschungsergebnisse für den Auftraggeber zusammenfassten. Dabei war das Schreiben des Berichtes so zeitintensiv, dass eine Gruppe bis spät in die Nacht arbeiten musste. Denn nicht nur der Bericht sollte in den letzten Tagen fertiggestellt werden, auch die Abschlusspräsentation musste vorbereitet und geübt werden. Doch der Aufwand lohnte sich: Am Mittwoch hielten wir vor den Besuchern, darunter auch unser Auftraggeber Herr Dr. Bader, unseren Vortrag, der gut beim Publikum ankam.

Am Abreisetag, nach dem Aufräumen, setzten wir uns ein letztes Mal zusammen, um unsere Erfahrungen während der Sommerakademie auszutauschen. Anschließend gab es für jeden Teilnehmer unseres Kurses ein individuelles Feedback der Kursleiter und der Schülermentorin, bevor es dann schließlich Zeit zum Abschied war. Dieser fiel uns zum Glück nicht allzu schwer, da wir wussten, dass wir uns am Dokumentationswochenende wiedersehen würden. Und wir waren uns sicher: Diese wunderbare Akademiezeit wird immer in unseren Herzen bleiben.

Projektmanagement

Annika, Xenia, Jan

Da wir möglichst effizient arbeiten wollten, setzten wir uns anfangs vor allem mit dem Thema Projektmanagement auseinander. Dies beinhaltete alles, was zur Planung und Durchführung eines Projektes notwendig ist. Zuerst schickten wir unserem Auftraggeber ein Angebotsschreiben, in welchem wir unsere Pläne in Muss-, Kann-, und Soll-Projektergebnisse einteilten, d. h. wir ordneten unsere Ziele nach Wichtigkeit.

Präsentation unserer Risikobewertung

Als Anhang fügten wir dann noch die Risikoanalysen und Zeitpläne der einzelnen Untergruppen ein. Bei der Risikoanalyse machten

wir uns Gedanken darüber, welche Störfälle mit welcher Wahrscheinlichkeit eintreten könnten und wie sie vermieden werden können. Der Zeitplan stellte die für jeden Tag geplanten Arbeitspakete übersichtlich dar. Auch an Meilensteine (wichtige Zwischenziele) und zeitliche Puffer mussten wir denken.

Kreativität und Ideenfindung

Da unser Ziel darin bestand, neue Sinterverfahren zu entwickeln, benötigten wir die Fähigkeit, aus bekannten Informationen neue Kombinationen/Ideen zu bilden, kurz: Kreativität. Die Ideenfindung unterteilt sich in mehrere Phasen: In der analytischen Phase ging es darum, die vorhandenen Probleme zu analysieren und Ziele zu definieren. Darauf folgte die intuitive Phase, in der es besonders wichtig war, dass keinerlei Kritik geäußert wird, damit anfangs scheinbar unmögliche Ideen nicht schon im Keim erstickt werden. In dieser Phase konnte man die Kreativität mithilfe verschiedener Methoden fördern:

- Die ABC-Liste (zu jedem Buchstaben des Alphabets eine spontane Idee aufschreiben)
- Die Kopfstandmethode (die Fragestellung umkehren, z. B. statt „Was macht eine tolle Party aus?“, „Was macht eine schlechte Party aus?“)
- Die Identifikationsmethode (jeder nimmt die Sichtweise einer anderen beteiligten Person ein)

Mithilfe dieser Methoden kamen einige kreative Ideen zustande. Nach einer Bewertung in der dritten Phase wurden nur die besten Ideen schließlich weiterverfolgt.

Kommunikation

Durch mangelnde Kommunikation entstehen 75–80 % aller Probleme bei Projektarbeit. Daher sollten die Kriterien einer gelungenen Kommunikation bekannt sein.

Neben dem Inhalt eines Gesprächs ist auch das äußere Erscheinungsbild nicht zu unterschätzen. Die eigentlichen Worte machen nämlich nur 7 %, der Tonfall jedoch 38 % der Kommunikation aus. Das Äußere dagegen punktet mit stolzen 55 %. Deshalb legte Moritz bei den Probepräsentationen großen Wert auf unsere Körpersprache und Haltung und korrigierte sie gegebenenfalls.

Kommunikationsspiel „Zeltaufbau“

Dokumentation

Während unserer Arbeit im Labor führten wir durchgehend Protokoll, um später noch nachvollziehen zu können, was wir wann, warum und mit welchem Ergebnis gemacht hatten. Außerdem erleichterte es uns die Erstellung des Abschlussberichts, den wir an den letzten Akademietagen für unseren Auftraggeber verfassten.

Einführung ins Thema

Julian

Unser Thema drehte sich im Großen und Ganzen um Partikelschaummaterialien. Diese finden im Alltag zahlreiche Anwendungen: z. B. im Fahrradhelm, bei diversen Verpackungen oder als Material zur Wärmeisolation. Außerhalb der Fachwelt werden solche Kunststoffe häufig als Styropor® bezeichnet. Styropor® ist jedoch nur ein Markenname für einen speziellen Partikelschaumstoff (expandiertes Polystyrol). Wer damit schon einmal gearbeitet oder seinen Fahrradhelm näher betrachtet hat, dem ist vielleicht aufgefallen, dass das Material aus vielen kleinen Kügelchen besteht. Die naheliegende Frage ist nun: Wie werden diese Kügelchen zu solch einem stabilen Formteil verarbeitet?

Theoretische Grundlagen

Markus, Tim, Laurin

Polymere

Polymere bezeichnen übergreifend bestimmte Arten von Kunststoffen. Sie sind aus vielen einzelnen Molekülketten aufgebaut. Diese Ketten wiederum bestehen aus vielen hunderten Molekülen. Aufgrund verschiedener Strukturen werden diese in drei unterschiedliche Gruppen eingeteilt: die Thermoplaste, die durch Verformung auf Hitze reagieren, die Duroplaste, die nicht beziehungsweise kaum auf Hitze reagieren und die Elastoplaste, die leicht verformbar und elastisch sind, aber immer in ihre Grundform zurückkehren.

Für unsere Versuche benutzten wir Thermoplaste (insbesondere Polystyrol (PS) und Polypropylen (PP)), da diese gut auf Hitze reagieren.

Was ist Vorschäumen?

Polystyrol ist durch die Einlagerung von Pentan als Treibmittel expandierfähig, d. h. die Kügelchen können sich ausdehnen. Bei Erhitzung bildet das ursprünglich in die Polymermatrix eingelagerte Gas Bläschen, wodurch die Partikel aufschäumen. Dabei expandieren sie bis auf das 30-fache Volumen. Durch dieses Verfahren wird die zur Weiterbearbeitung benötigte Dichte erreicht.

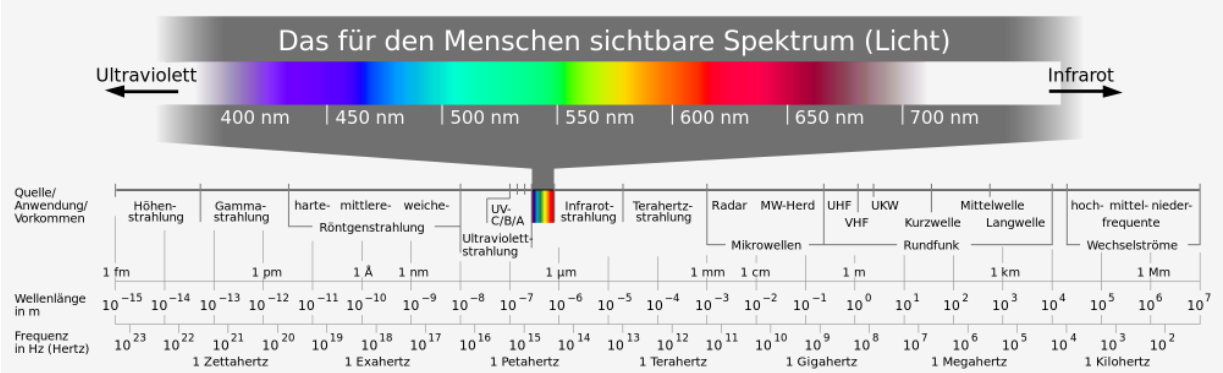
Der Wirbelschichtvorschäumer

Der Wirbelschichtvorschäumer ist eine Apparatur zum Vorschäumen der Polystyrol-Beads. Vereinfacht ist eine Wirbelschicht ein langes Rohr, an dem unten ein Heißluft-Gebläse angeschlossen wird. Dieses wirbelt dann die Partikel im Rohr auf. In einer Wirbelschicht werden Feststoffpartikel mittels eines Luftstroms in einen flüssigkeitsähnlichen Zustand versetzt. Eine gute Durchmischung in der Wirbelschicht sorgt dafür, dass jedes Partikel gleich viel Wärme abbekommt und somit einheitlich expandiert. Vor Inbetriebnahme muss der mindestens benötigte Luftstrom an Heißluft (Föhn) für das Wirbelschichtrohr mit dem gegebenen Durchmesser des Rohres berechnet werden. Das ist wichtig, damit das Granulat vom Boden (Sieb) des Wirbelschichtrohrs aufgewirbelt wird. Allerdings darf der Volumenstrom, der Luftstrom eines Föhns, nicht zu groß werden, damit die Partikel nicht aus der oberen Öffnung des Wirbelschichtrohrs herausfliegen. Für die verwendeten Abmessungen ergab sich ein Volumenstrom von 48 l/min.

In höchster Konzentration

Was ist Sintern?

Sintern ist ein Verfahren zur Herstellung oder Veränderung von Formteilen. Dabei werden kleine Materialteilchen (z. B. Polystyrol- oder Polypropylen-Beads (=Kügelchen), Keramik- oder Metallpulver) teils unter erhöhtem Druck erhitzt, wobei die Temperaturen unterhalb der Schmelztemperatur der Hauptkomponenten bleiben. Aufgrund ihres Bestrebens, möglichst wenig Oberflächenenergie zu benötigen, „verbacken“ die Beads zu einem großen Formteil.

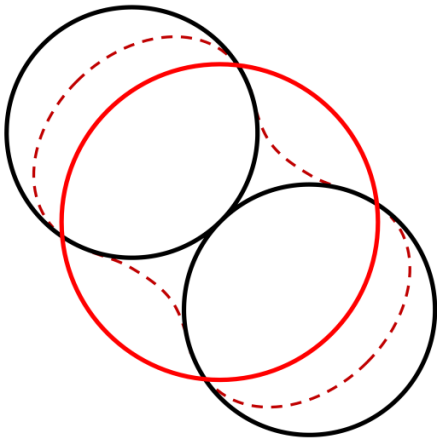


Das elektromagnetische Spektrum[2]

Wir nutzten Polystyrol, da dieses beim Sintern noch etwas expandiert und wir so keine eng gepresste Füllung in der Form benötigten. Wir sinterten bei ungefähr 130 °C.

Mikrowellensintern

Mikrowellenstrahlung ist ein geläufiger Name für den Frequenzbereich elektromagnetischer Wellen von 1 bis 300 GHz (Wellenlänge von 300 mm bis 1 mm). Diese wechselwirken mit einem Dipol (ein polares Teilchen), wie zum Beispiel Wassermolekülen, welche sich dann durch Teilchenbewegung erhitzen.



Schematisches Versintern von zwei Kugeln (schwarz) zu einer Kugel mit gleichem Volumen und geringerer Oberfläche (rot)

Wir haben uns dieses Phänomen zunutze gemacht indem wir in unsere Form mit den Polystyrol-Beads Wasser hinzugegeben haben. Das Wasser erhitzte sich durch die Mikrowellenstrahlung und übertrug diese Wärme auf das Polystyrol, was für die zum Sintern nötige Temperatur sorgte.

Infrarotstrahlung

Der Astronom Friedrich Wilhelm Herschel entdeckte die Infrarot-Strahlung schon vor knapp 200 Jahren. Diese elektromagnetischen Wellen der IR-Strahlung befinden sich jenseits des vom Menschen sichtbaren Spektrums. Sie kann einen Körper durchdringen, von diesem reflektiert oder absorbiert werden. Grundsätzlich strahlt jeder Körper mit einer Temperatur von über 0 Kelvin Wärme ab (Eigenstrahlung). Außerdem absorbieren schwarze Stoffe die Strahlung am besten, im idealen Fall komplett. Aus diesem Grund lassen sich zum Beispiel schwarze Polypropylen-Beads einfacher durch IR-Strahlung erhitzen. Für die Versuche wurde nach einem Stoff recherchiert, der für Infrarotstrahlung durchlässig ist. Dabei sind wir auf den Stoff „Quarzglas“ gestoßen.

Wärmeleitung

Temperatur bedeutet Teilchenbewegung, das heißt, je höher die Temperatur eines Stoffes ist, desto stärker sind die Teilchen darin in Bewegung. Wärme wird dann geleitet, wenn ein wärmerer Stoff einen anderen kälteren direkt danebenliegenden Stoff erwärmt und dabei selbst abkühlt. Einfach erklärt stoßen die Teilchen des wärmeren Stoffes dabei die des kälteren an, so wird die Innere Energie angeglichen. Für unsere Versuche hatten wir die Idee,

[2] Abbildung: Wikimedia, Horst Frank / Phrood / Anony, CC BY-SA

dieses Verfahren durch die Erhitzung von Kupferdrähten in der Sinterform anzuwenden. Dies wäre mittels eines Kurzschlusses sowie über eine externe Hitzequelle aufgrund der geringen Wärmekapazität von Kupfer sehr gut möglich gewesen. Dieser Aufbau würde jedoch ein zu hohes Sicherheitsrisiko darstellen, weshalb wir es nicht durchführen konnten.

Die Probleme des aktuellen Sinterverfahrens

Julian

Momentan wird üblicherweise heißer Wasserdampf für den zum Sintern nötigen Wärmeeintrag genutzt. Die Sintertemperatur liegt knapp unter der Schmelztemperatur der Materialien, d. h. diese „backen“ zusammen. Da die Sintertemperatur von Polypropylen deutlich über der Siedetemperatur von Wasser liegt, ist es nötig, den Wasserdampf unter einen hohen Druck zu setzen, um die Siedetemperatur zu erhöhen.

Zu Beginn des Sintervorgangs wird Heißdampf in eine mit den Kügelchen gefüllte Negativ-Form eingeblasen. Kurz darauf hält man ein fertig gesintertes Formteil in den Händen.

Geöffneter Formteilautomat, zu sehen ist die massive Sinterform

Dieses Verfahren benötigt jedoch sehr viel Energie. Zunächst ist da die Druckerzeugung, welche Energie beansprucht. Zudem sind entsprechend massive Negativ-Formen erforderlich, um dem Druck standhalten zu können. Zur Erhitzung dieser Formen wird wiederum viel Energie benötigt, die beim Abkühlen der Form ungenutzt verloren geht.

Um diesem Problem nachzugehen, haben wir den Auftrag bekommen, an alternativen und damit dampffreien Sinterverfahren zu forschen. Unser Ziel war es, eine möglichst energieeffiziente Methode zu identifizieren, ohne Abstriche bei der Stabilität der Formteile im Vergleich zu den mit Dampf gesinterten Formteilen machen zu müssen.

Gruppe Sintoflex

Annika, Salome

Unsere Gruppe hat es sich als Ziel gesetzt, mithilfe einer Mikrowelle zu sintern. Dafür haben wir mit drei verschiedenen Versuchsaufbauten gearbeitet, die im Folgenden erläutert werden.

Vorschäumen in der Mikrowelle

Um unsere Versuche überhaupt durchführen zu können, benötigten wir vorgeschäumtes EPS. Dieses mussten wir selbst herstellen, indem wir EPS-Mikrogranulat für ein paar Minuten in kochendes Wasser gaben.

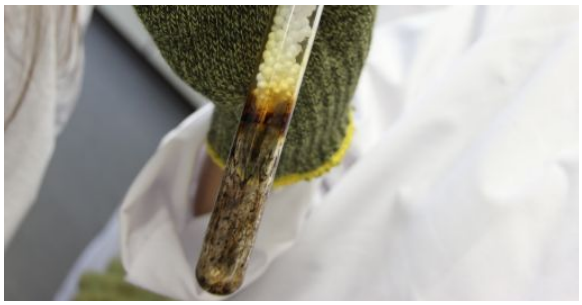
Erst nutzten wir zum Erhitzen des Wassers eine Herdplatte, so wie wir es beim Eröffnungswochenende gelernt hatten. Dann kam uns aber die Idee, statt einer Herdplatte die Mikrowelle zu verwenden. Schon beim ersten Versuch stellte sich heraus, dass dieses Verfahren wesentlich zeitsparender ist, da das Wasser deutlich schneller auf die zum Vorschäumen nötige Temperatur gebracht werden kann. Aus diesem Grund stellte unsere Gruppe das EPS ab diesem Zeitpunkt nur noch in der Mikrowelle her.

Sintern im Reagenzglas

Als erstes hatten wir die Idee, eine doppelwandige und somit besser isolierte Form aus zwei unterschiedlich großen Reagenzgläsern zu bauen. Dazu steckten wir die beiden Reagenzgläser ineinander und erhitzten sie über dem Bunsenbrenner, um sie an der Öffnung verschmelzen zu lassen. Dies funktionierte auch, jedoch bekam die Form beim Abkühlen Risse am verschmolzenen Rand. Zuerst dachten wir, dass dies am zu schnellen Abkühlen liegt. Deshalb

führten wir den Versuch noch einmal durch und achteten darauf, dass die Flamme des Bunsenbrenners nur langsam schwächer wird. Allerdings schaltete jemand versehentlich den Strom aus, weshalb wir den Versuch abbrechen und ein drittes Mal durchführen mussten. Als die Reagenzgläser auch beim langsamen Abkühlen brachen, fiel uns auf, dass sie verschiedene Schmelztemperaturen haben. Sie dehnten sich beim Erwärmen unterschiedlich stark aus bzw. zogen sich beim Abkühlen unterschiedlich stark zusammen, was dann zum Sprung des Glases führte. Aus diesem Grund entschieden wir uns daraufhin gegen die doppelwandige Form und verwendeten stattdessen ein einfaches Reagenzglas.

Nun zu unserem eigentlichen Versuch: Unser Versuchsaufbau bestand aus einem Reagenzglas, welches wir mit feuchtem EPS befüllten und in die Mikrowelle stellten. Dabei war es wichtig, auf die richtige Wasserverteilung zu achten, denn nur polare Stoffe wie Wasser können mit den Mikrowellen wechselwirken und so Wärme erzeugen. Dabei gilt: je mehr Wasser, desto schneller erfolgt die Erhitzung. Wenn aber zu viel Wasser verwendet wird, setzt es sich in der unteren Reagenzglashälfte ab und führt somit zu einer ungleichmäßigen Wärmeverteilung.



Fehlgeschlagenes Sintern im Reagenzglas

Damit unser Reagenzglas stehend in der Mikrowelle erhitzt werden konnte, benötigten wir einen Ständer. Aus Mangel an geeignetem Material kamen wir auf die Idee, eine Küchengarnrolle zu diesem Zweck umzufunktionieren. Nachdem wir es also mit dem Reagenzglas in die Mikrowelle gestellt hatten, wunderten wir uns bald schon über den Rauch, der durch die durchsichtige Mikrowellentür zu sehen war. Wir brachen den Versuch unverzüglich ab und entfernten die außen verkohlte und sehr heiße Garnrolle aus der Mikrowelle. Da das Garn sich aufgrund seiner organischen Bestandteile nicht nur selbst erhitzt hatte, sondern außerdem auch sehr gut isolierte, wurde es in diesem Teil des Reagenzglases sehr heiß, sodass das EPS komplett schmolz.

Verkohltes Garn

Deshalb suchten wir nach einer anderen, ebenfalls metallfreien Möglichkeit, um das Reagenzglas zu stabilisieren. Dafür benutzten wir letztendlich ein Becherglas. Dieses war zunächst so hoch, dass es ca. ein Drittel des Reagenzglases bedeckte. Der untere Abschnitt des Glases war somit im Gegensatz zum oberen isoliert, und es kam wieder zu einer ungleichmäßigen Wärmeverteilung. Aufgrund dessen fielen die EPS-Kügelchen zusammen bzw. begannen zu schmelzen. Daraufhin verwendeten wir ein Becherglas, das dieselbe Höhe wie das Reagenzglas hatte.

Nun versinterten die EPS-Kügelchen zwar gleichmäßig, jedoch standen wir vor einem neuen Problem: Unser fertiges Formteil musste schließlich aus dem Reagenzglas heraus. Dies erwies sich als sehr schwierig, da es nach der Volumenzunahme beim Sinterprozess im Reagenzglas feststeckte. Bei unseren Versuchen, es aus dem Glas zu lösen, mussten wir sowohl Beschädigungen am Formteil als auch ein weiteres gebrochenes Reagenzglas in Kauf nehmen. Um dies in Zukunft zu umgehen, recycelten wir bereits beschädigte Reagenzgläser, in deren Boden wir ein Loch schmolzen. Dadurch konnten wir unsere Ergebnisse ohne großen Aufwand mit Hilfe von Pressluft aus der Form pusten. Um die Löcher in den Reagenzglasboden zu stechen, benötigten wir allerdings viel Zeit. Daher hielten wir nach einem Gefäß Ausschau, das

von Anfang an zwei Öffnungen hatte: Das Reaktionsrohr, mit dem wir die weiteren Versuche durchführten, erfüllte diese Bedingungen.

Sintern im Reaktionsrohr

Reaktionsrohr mit EPP in der Mikrowelle

Nun konnten wir das EPS von beiden Seiten mithilfe von schmalen Reagenzgläsern in das Rohr schieben und stark zusammenpressen. Dabei achteten wir darauf, dass wir nicht zu viel Druck auf das Glas ausübten, da es sonst gebrochen wäre.

Nachdem schließlich das feuchte EPS-Granulat dicht genug eingefüllt worden war, verschlossen wir das Reaktionsrohr an beiden Seiten mit Hilfe eines Lochstopfens und legten es dann in die Mikrowelle. Wir testeten, wie lange das Material auf welcher Stufe zum „Verbacken“ benötigte und erreichten schließlich ein erfreuliches Ergebnis: Die Kügelchen waren gut miteinander versintert. Als wir unser Formteil dann in der Mitte durchbrachen, sahen wir außerdem, dass der Bruch durch die Kügelchen und nicht an deren Kontaktstellen entlang verlief. Dies zeugte von guter Qualität.

Zusätzlich führten wir Belastungstests durch. Dazu klemmten wir unseren gesinterten Stab zwischen zwei Schraubzwingen ein und hängten in seine Mitte Gewichte. Der stabilste Stab hielt knapp vier Kilogramm aus und war somit sehr belastungsfähig.

Sintern im Becherglas

Um eine andere Form auszuprobieren, nahmen wir nun zwei Bechergläser zur Hand, füllten das eine mit EPS und stellten ein zweites Becherglas zum Verschließen darüber. Beim Erhitzen wurde das obere Becherglas durch die expandierenden Kügelchen jedoch so stark nach oben gedrückt, dass das EPS nicht versinterte. Stattdessen erhielten wir nur einzelne, expandierte Kügelchen. Um diese zum Versintern zu bringen, benötigten wir höheren Druck. Deshalb befüllten wir das obere Becherglas nun mit Sand, um es zu beschweren.

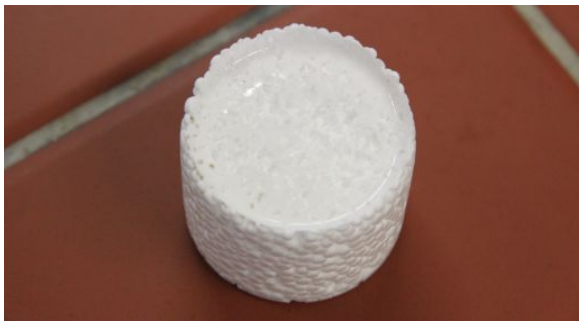
Belastungstest

Doch der Sand war nicht nur zu leicht, sondern isolierte auch so stark, dass das EPS im oberen Teil zusammenschmolz. Aus diesem Grund verwendeten wir im nächsten Versuch EPP als wärmedämmende Schicht zwischen den beiden Gefäßen. Außerdem nutzten wir anstelle von Sand Steine, in der Hoffnung, dass diese schwer genug waren. Doch selbst mit diesen Steinen war das Becherglas noch zu leicht, weshalb das EPS wieder nicht versinterte. Außerdem schmolz trotz unserer Dämmschicht sowohl das EPS als auch das EPP. Da wir keine Zeit hatten, weiterhin nach Verbesserungsmöglichkeiten zu suchen, mussten wir diese Versuchsreihe leider ohne befriedigende Ergebnisse abbrechen.

Was haben wir daraus gelernt?

Abschließend können wir festhalten, dass das Sintern in der Mikrowelle generell möglich ist. Dazu müssen die Kügelchen gleichmäßig mit ausreichend Wasser befeuchtet und dicht gepresst in die Sinterform gegeben werden.

Bei unseren Versuchen erwies sich das Reaktionsrohr als die am besten geeignete Sinterform, in der wir mit dem geringsten Aufwand die besten Ergebnisse erzielen konnten. Dies lag daran, dass wir das Rohr von beiden Seiten befüllen und die EPS- Kügelchen zusammenpressen konnten. Außerdem war es recht schmal, sodass die Mikrowellenstrahlung jede Stelle erreichte.



Sintern im Becherglas

Zudem konnten wir durch die zwei Öffnungen an beiden Seiten unser Formteil gut aus der Form herausnehmen. Das heißt, wir können nicht genau sagen, ob das Fertigen großer Formteile im industriellen Maßstab möglich ist.

Da wir stabile, gut versinterte Formteile in der Mikrowelle reproduzierbar herstellen konnten, haben wir letztendlich aber unser Ziel erreicht.

Gelungenes Sinterergebnis

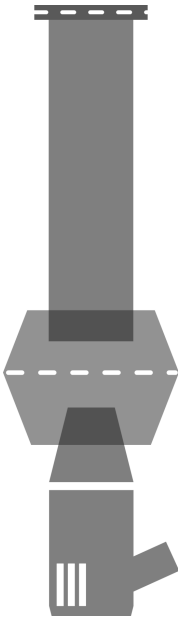
4Sintern

Yannika, Markus

Vorarbeit

Im Team 4Sintern machten wir uns viele Gedanken zu unserem Versuch und verbrachten auf der Suche nach interessanten Lösungsansätzen viel Zeit im Internet. Während einer intensiven Recherche kristallisierten sich nach und nach wenige Favoriten heraus. Wir beschäftigten uns näher mit den Vorschlägen Induktion, Wirbelschicht und Mikrowellenstrahlung.

Außerdem überlegten wir, Kupferdrähte zu benutzen, um die Beads in einer Form zu erhitzen. Allerdings stellte sich dieser Aufbau als zu gefährlich heraus. Deshalb konzentrierten wir uns auf die bis dahin noch sicher erscheinenden Ansätze: Das Vorschäumen mit einem Wirbelschichtreaktor und das Versintern in einer Mikrowelle.



Schematischer Versuchsaufbau Wirbelschichtvorschäumer

Zur Vorbereitung berechneten wir schon vor der Sommerakademie den richtigen Durchmesser für unseren Reaktor. Hierfür verwendeten wir Abschätzungen aus einer Ingenieur-Vorlesung für verschiedene Größen wie den Leerraumanteil in unserem Granulatbett. Zusätzlich planten wir, einen Zyklon-Abscheider an unseren Reaktor anzuschließen, der Granulat, heiße Luft und expandierte Beads automatisch voneinander trennen sollte. Auch dazu waren einige Berechnungen nötig, jedoch war uns schnell klar, dass dieser Zusatz wahrscheinlich mehr Zeit als zwei Wochen in Anspruch nehmen würde. Für die Mikrowellenversuche waren derartige Berechnungen nicht nötig.

Als wir schließlich alles fertig berechnet und geplant hatten, konnten wir unsere Materialliste einen knappen Monat vor der Sommerakademie an unsere Kursleiter schicken und sie mit ihnen absprechen.

Versuchsaufbau

Als wir in Adelsheim dann endlich alle Materialien zusammengestellt hatten und mit unserem Aufbau loslegen konnten, wurde es ernst. In unserem endgültigen Entwurf für den Wirbelschichtreaktor entschieden wir uns, einen Industrieföhn, welcher Temperaturen bis 600 °C ermöglicht, als Heißluftquelle und Gebläse zu benutzen.

Der Industrieföhn

Alternativ verwendeten wir einen normalen Haushaltsföhn. Da der aus Gips angefertigte Fuß des Wirbelschichtreaktors mit einem in der Mitte eingearbeiteten Netz ursprünglich nur für die Maße des Industrieföhns angepasst war, mussten wir für den Haushaltsföhn eine Düse aus Metall und Aluminiumfolie bauen. Diese hitzebeständige Düse verhinderte, dass Luft entweichen konnte. Außerdem erhöhte sie die Geschwindigkeit der Luft. Das Netz, das direkt darüber angebracht war, diente dazu, dass keine Kügelchen aus dem Granulatbett in den Föhn fallen konnten. Oben in den Reaktor steckten wir ein langes Metallrohr mit einem Durchmesser von ca. 8 cm. Damit oben am Rohr keine Kügelchen in den Abzug entweichen, aber die Luft ausströmen konnte, befestigten wir dort ein grobes Netz.

Für unseren Mikrowellenversuch experimentierten wir mit verschiedenen Sinterformen. Unsere erste Sinterform bestand aus zwei Bechergläsern, wobei das eine mit der Öffnung nach unten in das andere gestellt wurde und wir den Boden mit Wasser befeuchteten. Außerdem benutzten wir ein Reagenzglas und eine Reaktionsröhre, jeweils mit Lochstopfen verschlossen.

Fuß des Wirbelschichtvorschäumers

Beobachtungen

Wir haben zu Beginn bemerkt, dass unser Granulat entweder nicht wirklich zu wirbeln begann oder direkt miteinander versinterte. Bei einem Experiment wurde das Granulat zu heiß und tropfte durch das Netz in den Industrieföhn, wodurch er ausbrannte und damit unbrauchbar wurde. Mit unserem Haushaltsföhn wirbelte das Granulat zu Beginn auch nicht auf oder es sinterte zu früh. Nach einigen Modifizierungen des Aufbaus waren die EPS-Beads allerdings auf ca. 2 mm Durchmesser vorgeschäumt und noch nicht miteinander versintert, ein Erfolg.

Im Wirbelschichtreaktor vorgeschäumtes EPS

In der Mikrowelle hatten wir mit unserer ersten Sinterform, einem Aufbau, bei dem ein Becherglas umgestülpt in einem anderen Becherglas mit ein wenig Wasser stand, kein zufriedenstellendes Ergebnis mit EPS erreicht. Auch die Versuche mit EPP in selbiger Form endeten ähnlich. Aus unserer zweiten Sinterform, einem Reagenzglas, bekamen wir das Formteil nur sehr schwer heraus. In der Reaktionsröhre hin-

gegen gelang uns ein gut versintertes Ergebnis, für das wir sogar unser eigens vorgeschäumtes Material aus dem Wirbelschichtreaktor verwendet hatten.

Fehlerdiskussion

Zu Beginn stellte das Netz im Reaktor einen zu hohen Wiederstand dar. Wir erhöhten deshalb sowohl den Volumenstrom als auch die Temperatur, gingen dabei aber zu schnell vor, und es wurde zu heiß. Das Granulat schmolz. Mit dem Haushaltsföhn hatten wir das Problem, dass er nicht in die Form passte und die Luft zum Teil am Reaktor vorbeiströmte. Durch unsere selbstgebaute Düse konnten wir dieses Problem jedoch lösen. Die Temperatur des Föhns war allerdings zu hoch, weswegen das Granulat zu schnell sinterte. Deswegen legten wir Pausen ein und erhitzen das Granulat stufenweise.

Die Bechergläser in der Mikrowelle schlossen nicht bündig, sodass die Beads an dem oberen Becherglas vorbei entweichen konnten, zudem konnte das Wasser nicht gleichmäßig verteilt werden. Das Reagenzglas war schon bei kleinsten Mengen EPS nach dem Sintern und weiterem Expandieren so dicht gefüllt, dass sich das Formteil nicht mehr herausnehmen ließ, außerdem ließ sich das Wasser auch hier nicht gleichmäßig verteilen. Im Reaktionsrohr waren zwei Öffnungen vorhanden, sodass das Formteil leichter herauszubekommen war, zudem war die Wasserverteilung besser.

Fazit

Das Vorschäumen im Wirbelschichtreaktor ist gut möglich, jedoch sollte beachtet werden, dass das Granulat nicht zu lange einer hohen Temperatur ausgesetzt ist, Pausen sind dabei essentiell.

Wir erhielten unser bestes Ergebnis bei einem ersten Aufwirbeln von 15 s. Danach folgten vier Intervalle von je 5 s, und zwischen jedem Intervall machten wir eine Pause von 2–3 s. Um das ganze Verfahren noch effizienter zu gestalten, müsste ein Weg gefunden werden, die Heißluft wiederzuverwenden, z. B. in dem man einen geschlossenen Kreislauf einrichtet, bei dem die Heißluft zurückgeleitet wird. Da der Vorgang momentan noch ein Batch-Prozess (d. h. es muss immer wieder unterbrochen werden) ist, bietet sich eine Automatisierung an. In der Mikrowelle muss vor allem auf die gleichmäßige Wasserverteilung großen Wert gelegt werden. Außerdem muss bei der Menge an EPS sehr genau auf die Dosierung geachtet werden, damit das Formteil aus der Reaktionsröhre mit dem Lochstopfen nicht zu kompakt sintert. Die Strahlungsverteilung in der Mikrowelle ist nicht gleichmäßig und müsste deshalb für ein einheitliches Ergebnis angepasst werden. Und auch hier könnte der Batch-Prozess durch eine Automatisierung zu einem kontinuierlichen Verfahren umgestellt werden.

Team [wIRsinta.]

Julian, Xenia

Versuchsaufbau

Um unser Vorhaben – das Sintern mit Infrarotstrahlung – zu verwirklichen, hat sich unsere Gruppe am Anfang der Laborzeit zunächst mit dem Versuchsaufbau beschäftigt und die nötigen Materialen entweder schon mitgebracht oder dann aus der Sammlung des Chemie-Labors zusammengetragen. Zu Beginn verwendete unser Team den folgenden Versuchsaufbau:

Versuchsaufbau im Detail

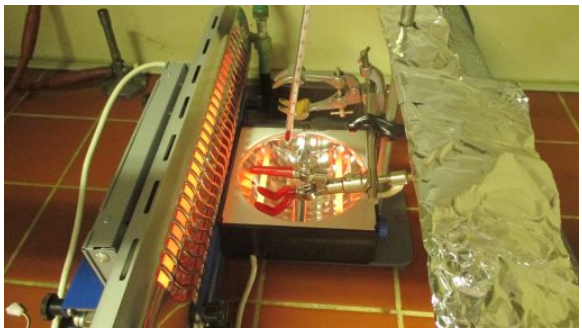
Als Grundbaustein diente ein Stativ, an dem wir Stativklammern so befestigt hatten, dass unsere Sinterform parallel zu dem großen Infrarotstrahler mit der einer Leistung von 600 Watt

liegt. Als Sinterform benutzten wir eine Quarzglasröhre, da Quarzglas besonders durchlässig für Infrarotstrahlung ist. Die Quarzglasröhre verschlossen wir an beiden Enden mit zwei Korkstopfen. Damit das Treibmittel Pentan, das vor dem Sintern in den EPS-Beads vorhanden ist, entweichen kann, haben wir in einen der Korkstopfen drei kleine Löcher gebohrt.

Den großen Infrarotstrahler stellten wir auf Hebebühnen. Da uns noch ein anderer Infrarotstrahler, (mit 300 Watt Leistung), zur Verfügung stand, legten wir diesen unter die Sinterform beziehungsweise die Stativklemmen. Außerdem bauten wir noch zwei Reflektoren. Dazu bogen wir zwei Maschendraht-Rechtecke annähernd zu einem Halbrund und bespannten sie mit Aluminiumfolie. Durch ein Loch im Maschendraht konnten wir die Reflektoren ebenfalls am Stativ befestigen.

Vorarbeiten

Bevor wir mit unseren eigentlichen Sinterversuchen begannen, kam unser Teammitglied Xenia auf die Idee, erst einmal die Temperatur an der Stelle der Sinterform zu messen. Diese Maßnahme war sehr sinnvoll, denn wir alle hatten Sorge, dass wir mit unseren zwei Infrarotstrahlern die nötige Temperatur überhaupt nicht erreichen können.

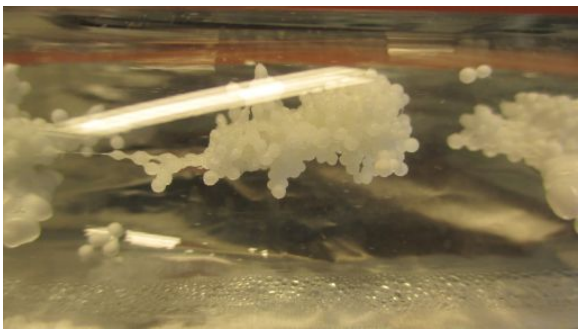


Erste Temperaturmessungen

Doch das Thermometer hat die passenden Temperaturen angezeigt, wie sie auch beim Dampfsintern am Eröffnungswochenende zum Sintern der EPS-Beads ausgereicht haben. Diese Ergebnisse stimmten das ganze Team bezüglich unseres Vorhabens wieder optimistischer.

Durchführung

In der nächsten Laborschiene konnten wir dann endlich mit unseren eigentlichen Sinterversuchen beginnen. Zunächst befüllten wir die Sinterform mit unseren vorgeschäumten, abgewogenen EPS-Beads und verschlossen das Qarzglasrohr anschließend mit den Korkstopfen. Danach legten wir die Sinterform mit drei Zentimetern Abstand zum großen Infrarotstrahler in die Stativklemmen und schalteten die Infrarotstrahler ein. Doch schon nach fünf Minuten mussten wir feststellen, dass die EPS-Beads anfingen zu schmelzen, und brachen den Versuch ab. Es hat sich also herausgestellt, dass die zwei Infrarotstrahler wider Erwarten zu viel Hitze erzeugten.



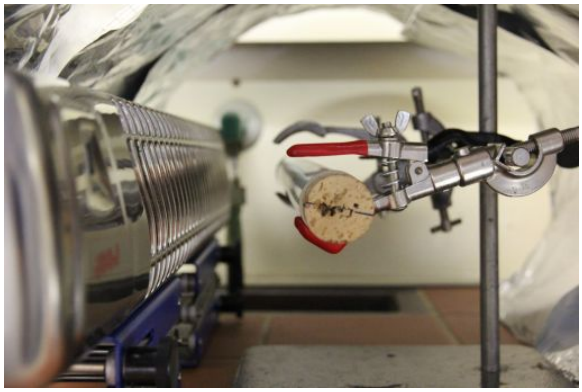
Die geschmolzenen EPS-Beads

Ein Ziel, viele Verbesserungen

Demnach war schnell klar, dass wir den schwächeren und kleineren Infrarotstrahler entfernen müssen. Daraus ergab sich das Problem, dass unser Quarzglasrohr immer nur von einer Seite bestrahlt wurde. Dies konnten wir durch regelmäßiges Drehen der Quarzglasröhre lösen. Um die jeweilige Position der Sinterform zu erkennen, markierten wir die Korken mit einem Strich.

Doch auch beim zweiten Versuch schmolzen die EPS-Beads. Daher vervierfachten wir den Abstand der Sinterform zum Infrarotstrahler. Dies führte jedoch dazu, dass die Beads selbst nach einer halben Stunde nur ansatzweise versintert waren. Deswegen entschlossen wir uns dazu, den Abstand der Sinterform zum Infrarotstrahler wieder zu verringern. Diese Veränderung brachte schon recht gute Ergebnisse hervor, da wir zusätzlich die Drehfrequenz der Sinter-

form erhöht hatten. Zwar war unser Formteil an manchen Stellen perfekt versintert, an anderen Stellen sind die EPS-Beads jedoch wieder geschmolzen.



Der neue Versuchsaufbau

Nach vier Versuchen bemerkten wir, dass die Temperatur der Infrarotröhre in der Nähe des Stromeingangs höher war. Dies konnten wir durch Messungen belegen. Deswegen stellten wir die Sinterform im nächsten Versuch schräg zum Infrarotstrahler, sodass die Sinterform näher am weniger stark strahlenden Abschnitt ist. Dieser Aufbau brachte aber ähnliche Ergebnisse wie der vorherige. Daher drehten wir die Sinterform nicht nur wie gewohnt, sondern vertauschten auch regelmäßig die hintere und die vordere Seite der Sinterform. Nachdem wir dann auch noch den Abstand der Sinterform zum Infrarotstrahler optimiert hatten, hielten wir endlich ein gelungenes Ergebnis in den Händen: Überall gleichmäßig versintert, nichts geschmolzen und sehr stabil.

Ein mäßig gutes Ergebnis

Natürlich wollten wir dieses Ergebnis reproduzieren, was uns leider nicht mehr gelang. Die Ursache dafür war, wie die Temperaturmessungen zeigten, dass der Infrarotstrahler nach längerer Nutzungsdauer nicht mehr die gleiche Leistung erbrachte. Die Zeit war zu knapp, um einen neuen Infrarotstrahler zu beschaffen.

Fehlerdiskussion

Folgende Probleme und Fehler ergaben sich während unserer Versuche:

Das EPS/EPP schmolz, da zwei Infrarotstrahler das EPS/EPP zu stark erhitzten und der Abstand vom Infrarotstrahler zum Quarzglasrohr zu gering war. Die EPS/EPP-Kügelchen expandierten (beziehungsweise versinterten) auch nach sehr langer Zeit nicht gut, weil ein einzelner Infrarotstrahler mit großem Abstand für zu niedrige Temperaturen sorgte. Da die Halterungen des Quarzglasrohres die beiden Enden verdeckte, drang weniger Infrarotstrahlung an die verdeckten Stellen vor, weshalb sich diese weniger stark erhitzten.

Unser bestes Ergebnis

Auch war eine konstante und gleichmäßige Bestrahlung der Probe so gut wie unmöglich, da das Glas vermutlich kleinste Unreinheiten aufwies und das Alter der Infrarotstrahler die Leistung beeinflusste. Der leistungsstärkere Infrarotstrahler schaltete sich außerdem alle 10 Minuten selbstständig ab. Die verwendeten Infrarotstrahler (einfache Haushaltsgeräte) strahlten nachgewiesenermaßen nicht gleichmäßig.

Die genannten Aspekte trugen dazu bei, dass die Qualität unserer Ergebnisse beeinträchtigt wurde. Wenn alle – oder zumindest einige – dieser Probleme beseitigt werden könnten, wäre ein gutes Endprodukt nicht unwahrscheinlich, da wir trotz der Probleme bereits ein akzeptables Ergebnis erzielen konnten.

Fazit/Ergebnis

Das Versintern von EPS bzw. EPP durch Infrarotstrahlung ist grundsätzlich möglich. Da diese Art des Sinterns aber viel Zeit benötigt, die Eindringtiefe der Infrarotstrahlung relativ gering ist, die Sinterform gleichmäßig bestrahlt werden muss und immer der perfekte Abstand zur Form eingehalten werden muss, ist eine Massenproduktion mithilfe von Infrarotstrahlung aktuell schwer umsetzbar. Doch wenn weiterhin an dieser Methode gearbeitet und geforscht wird, ist die Anwendung der Methode in der Zukunft durchaus vorstellbar.

Exkursion zum Fraunhofer ICT

Tim

Den Tag, an dem unsere Exkursion ans Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT) im Pfinztal auf dem Plan stand, wird wohl kein TheoPraxler vergessen. Nach dem Frühstück trafen wir uns vor dem Eckenberg-Gymnasium. Von dort aus machten wir uns auf den Weg zur Bushaltestelle in Adelsheim. Nach ein paar Minuten Wartezeit kam auch schon der Bus, doch das war erst der Anfang unserer von Schienen-Ersatz-Verkehr (SEV) geprägten Odyssee zum Fraunhofer ICT. Mit dem Bus fuhren wir etwa anderthalb Stunden durch kleine Ortschaften und übers Land, bevor wir bei Heilbronn in einen Zug umsteigen konnten. Dieser erreichte nach etwa einer Stunde Bietigheim-Bissingen, wo wir eine S-Bahn nahmen, die uns nach einer weiteren Stunde Fahrt endlich in das Pfinztal brachte. Die letzte Hürde zum Fraunhofer Institut war ein Berg, den wir noch erklimmen mussten. Während der Fahrt unterhielten wir uns über die Schule, Sport und Hobbys, wodurch wir uns besser kennenlernten und jeder einen Einblick in die Interessen der anderen bekam. Alle waren froh, nach fast vier Stunden Fahrt endlich am Institut angekommen zu sein, und verfolgten interessiert eine Präsentation über die Forschungen des Fraunhofer ICT und das aktuelle Sinterverfahren.

Nachdem uns Frau Dennard über die Themenbereiche des ICT informiert hatte, überreichte uns Frau Parrisius (Leiterin des TheoPrax Zentrums) die Aufträge für unsere Forschungsprojekte. Danach führte uns Herr Dr. Bader die technischen Gerätschaften zur Forschung an Partikelschaummaterialien vor. Dabei zeigte er uns Maschinen zur Herstellung der Polystyrol- und Polypropylen-Beads. Dazu gehören sowohl der Unterwassergranulierer als auch der Formteilautomat für das Versintern. Wir durften sogar bei einem Sinterprozess zuschauen und ein Ergebnis unter die Lupe nehmen. Trotz der Hitze war es sehr interessant, die Vorgänge, welche wir theoretisch behandelt hatten, in der praktischen Anwendung zu sehen. Bevor wir wieder die Heimreise antraten, machten wir noch ein schönes Gruppenfoto vor dem Formteilautomaten und verabschiedeten uns von Herrn Dr. Bader mit einer Einladung für die Abschlusspräsentation.

Besichtigung der Maschinen

Gruppenfoto

Danach traten wir die Rückfahrt an, die noch turbulenter als die Hinfahrt war. Wegen des SEV hatten wir in Bietigheim-Bissingen eine Verschnaufpause von vierzig Minuten. Beim Umsteigen in den Bus in Heilbronn hätten wir fast zwei Teilnehmer im Zug vergessen, weil sie nach der anstrengenden Exkursion ein Nickerchen machten. Durch die heißen Temperaturen und den Stau kam uns der überfüllte Bus zu-

rück nach Adelsheim wie eine Sauna vor, was unsere gute Stimmung aber höchstens ein ganz kleines bisschen trübte.

Ein fest versintertes Team

Lorina

Neben all dem wissenschaftlichen Arbeiten haben Claras kreative Spiele für eine willkommene Abwechslung gesorgt. Unsere Schülermentorin hat sich für uns wirklich ins Zeug gelegt. Bei Lukas' Lieblingsspiel „Kotzendes Känguru" wird nicht nur die volle Konzentration des Auserwählten beansprucht, sondern auch die seiner Kreisnachbarn. Beim dem Spiel „Evolution" mussten wir uns durch das bekannte „Schere, Stein, Papier"-Prinzip von der Amöbe zum Menschen hocharbeiten.

Über alle Hindernisse

Um unsere Kommunikationsfähigkeiten zu trainieren, versuchten wir, unter der sprachlichen Anleitung eines Sehenden mit verbundenen Augen ein Zelt aufzubauen. Dabei haben wir gemerkt, was wir gemeinsam erreichen können, wenn wir uns gut miteinander absprechen. Es war immer ein großer Spaß. Doch die Spiele brachten nicht nur Abwechslung und Spaß – sie haben uns auch zu einem „zusammengeschnurzeltem" Team gemacht! TheoPrax und die wilde 13 hat auch am Sportfest seinen unerschütterlichen Teamgeist und seine Kommunikations- und Diskussionsfreude unter Beweis gestellt. Mit Kraft beim Kleinlastwagenziehen, mit Geschick beim Teebeutel-Weitwurf und mit Schnelligkeit beim Staffellauf hat die TheoPrax-Mannschaft einen stolzen vierten Platz erreicht. Denn egal was passiert – TheoPrax rasiert!

Egal was passiert – TheoPrax rasiert!

Abschlusspräsentation

Jan

Die Abschlusspräsentation am vorletzten Akademietag war eine gute Möglichkeit für Eltern, Teilnehmer, Ehemalige und viele andere, um einen Einblick in das Akademieleben der vergangenen zwei Wochen zu bekommen.

Unsere Präsentation begann mit einer kurzen Einführung in das Thema „Versintern von Partikelschaummaterialien". Darauf folgten die Vorstellung des „TheoPrax-Prinzips" und ein Theorieteil zum Thema Projektmanagement. Anschließend gingen wir näher auf unsere Problemstellung ein und stellten die Lösungsansätze und Ergebnisse der drei Untergruppen vor.

Zum Schluss bekamen wir unsere TheoPrax-Zertifikate übereicht, womit unser Projekt offiziell beendet wurde. Besonders erfreut waren wir über das Erscheinen unseres Auftraggebers Herrn Dr. Bader vom Fraunhofer ICT sowie das große Interesse seitens der Zuschauer.

Fachliches Fazit

Laurin

Da bei den entwickelten Verfahren keine hohen Drücke nötig sind, können Energie und Materialien für die Sinterformen eingespart werden. Die Lösungsansätze verlangen jedoch die Überwindung von einigen Hindernissen: Beim Sintern mit Mikrowellenstrahlung muss zum Beispiel Wasser hinzugegeben werden, um die Strahlung zu absorbieren und so das Material zu erhitzen. Nach dieser Beigabe können sehr gute und gleichmäßig gesinterte Ergebnisse erreicht werden.

Das Sintern mit Infrarotstrahlung ist eine weitere Möglichkeit, wobei hier einiges an Optimierung nötig ist, um ein gleichmäßig versintertes Formteil zu erhalten. Ein weiterer Ansatz ist, das Polystyrol-Mikrogranulat mit Heißluft vorzuschäumen (siehe auch Wirbelschicht) und dieses anschließend in der Mikrowelle zu versintern.

Mit diesen Verfahren können wir Formteile produzieren, welche stabil und gut versintert sind.

Beispiel für ein gutes Ergebnis

Ausblick

Lukas

Obwohl wir während unserer Projektarbeit gute Forschungsergebnisse erreicht haben, gibt es noch viel Potential, um weiterzuforschen. Für das Mikrowellensintern würde es sich beispielsweise empfehlen, anstelle von Wasser einen anderen polaren Stoff als Rezeptor der Mikrowellenstrahlung für die Wärmeentwicklung zu nutzen. Außerdem könnten Druckbeständigere und generell größere Formen zur Herstellung der Formteile genutzt werden.

Was das Infrarotsintern angeht, wäre es in Zukunft sinnvoll, auf eine automatische Drehung des Präparates mithilfe eines Motors zu setzen. Außerdem könnte man mit einem Strahler, der höhere und gleichmäßige Strahlungsleistung erbringen kann, bessere Ergebnisse erzielen.

Beim Wirbelschichtvorschäumer würde sich ein System zur Heißluftwiederverwertung anbieten, da momentan noch ein Großteil der Heißluft oben durch das Gitter entweicht. Um das ständige Öffnen und Schließen des Reaktors zu vermeiden, könnte eine automatische Trennung von vorgeschäumten Beads und heißer Luft mithilfe eines Zyklons umgesetzt werden, was die Effizienz und die Bedienbarkeit stark verbessern würde.

Zwischen den Zeilen

Lorina

Die zwei Wochen Sommerakademie sind viel zu schnell vorübergegangen. 14 Tage mit Laborarbeit, Präsentationen, Exkursion, Sportfest, Rotation, Projektmanagement, Teambuilding und vielen neuen Eindrücken erweiterten unseren Horizont. Etliche Liter Tee sind geflossen, unzählige Male wurden Ergebnisse dokumentiert, verbessert und umsortiert, unendlich viele Momente nehmen wir als Erinnerungen und Erfahrungen aus dem Kurs mit.

Produktives Arbeiten braucht Teamgeist

Wir haben ein Forschungsprojekt angefangen und mit Erfolg zu Ende geführt. Gemeinsam sind wir durch alle Höhen und Tiefen gegangen, haben gelernt, gegrübelt, gespielt und ganz viel gelacht. Die Zeit im Kurs hat uns so viel mehr gegeben, als wir zum Zeitpunkt, an dem wir uns noch einmal zum Abschluss der zwei Wochen zusammengesetzt haben, erahnen konnten. Uns hat sich eine ganz neue Atmosphäre eröffnet, in der wir mit Gleichgesinnten an einem Strang ziehen konnten, in der jeder motiviert war, das Ziel zu erreichen.

Unsere Kursleiter haben uns viel beigebracht, uns motiviert und als Mentoren, aber auch als Freunde zur Seite gestanden. Jeder wurde so angenommen, wie er ist, und konnte mit seinen individuellen Eigenschaften den Kurs bereichern. Jeder von uns nimmt etwas aus der Kursarbeit mit zurück in den Alltag, mit dem

Wissen, dass man ein so tolles Team nicht alle Tage findet.

Der Kurs in Aktion

Danksagung

Fabian

Wir möchten uns herzlich bei allen unseren Förderern und Unterstützern bedanken. Großer Dank gebührt unserem Auftraggeber Herrn Dr. Bader vom Fraunhofer ICT für die Finanzierung und Ermöglichung unseres Projektes. Wir sind der Science Academy Baden-Württemberg besonders dankbar für das Angebot und die Organisation des Kurses. Des Weiteren sprechen wir einen unaussprechlichen Dank an unsere Kursleiter Matthias, Moritz und Clara für ihren unglaublichen Einsatz und ihre Geduld, mit denen sie die gemeinsame Arbeit erst möglich gemacht haben, aus. Schließlich möchten wir uns beim Landesschulzentrum für Umwelterziehung für die Bereitstellung der Räumlichkeiten und des Geländes bedanken. Ohne dies wäre das Ganze nicht möglich gewesen.

Kursübergreifende Angebote und weitere Veranstaltungen

Theater

Pia Meier, Elena Mokeeva

Die Wahl des diesjährigen Theaterstücks „Die Welle“ war durch viele aktuelle und ältere politische Ereignisse inspiriert. Das Stück basiert auf dem gleichnamigen Roman von Morton Rhue, der ein tatsächlich stattgefundenes Experiment an einer Schule in den USA beschreibt. Die Tatsache, dass viele von uns die Geschichte schon kannten, sowie dass alle schon Erfahrungen mit dem Theaterspielen gemacht hatten, machte uns die Vorbereitung leichter und ermöglichte es, recht schnell zum Proben zu kommen.

Nachdem wir das Drehbuch gemeinsam gelesen hatten, kürzte und veränderte Thorsten es. Danach suchte sich jeder eine Rolle aus. Die Geschichte berührte uns umso mehr, als wir entschieden, unsere eigenen Namen anstatt der Rollennamen während des Theaterstücks zu behalten. Das Theaterstück handelt von einem Unterrichtsexperiment, welches eine Lehrerin durchführt, weil sie Fragen der Schüler über das Verhalten der Massen im nationalsozialistischen Deutschland nicht beantworten kann. Neue Generationen sollen solch eine Bewegung nicht mehr zulassen. Die zu diesem Zweck gegründete Bewegung mit dem Namen „Die Welle“ beruht auf Disziplin, Gemeinschaft und Aktion. Diese drei Prinzipien werden zum Slogan der Welle. Die Schüler sind begeistert und machen bei diesem am Anfang noch harmlosen Experiment mit, ohne dessen Bezug zum Nationalsozialismus zu verstehen. Sie sind überzeugt, dass strenge Disziplin nur die Leistungen der Schüler und deren Verhältnis untereinander verbessert.

Dabei hat jeder seine eigenen Motive: Timo will mit diesem System die Ergebnisse seiner Footballmannschaft verbessern, Pia versucht, ihrer besten Freundin Lucia den Freund auszuspannen, Gregor will endlich in die Klassengemeinschaft aufgenommen werden und nur Lucia selbst, die ehemals Klassenbeste und Beliebteste, ist mit der Bewegung nicht einverstanden, weshalb sie schnell Schwierigkeiten bekommt.

Schon bald kommt es zu einer Prügelei, als Mitglieder der Welle Werbung für ihre Bewegung betreiben. Und auch zwischen Lucia und Timo gibt es Streit, da Lucia nicht einsehen möchte, warum sie wie ihr Freund Timo der Welle beitreten soll. Timo verliert die Beherrschung und wirft seine Freundin brutal auf den Boden. Sie erkennen, dass die Welle nur Unheil anrichtet und bitten deshalb die Lehrerin Ms. Mokeeva, die Welle aufzulösen. Diese stimmt zu und beruft sogleich am nächsten Tag eine Versammlung für Welle-Mitglieder für den Mittag ein, unter dem Vorwand, der Führer der anscheinend nationalen Bewegung „Die Welle“ würde während eines Fernsehauftritts zu ihnen sprechen. Alle sind begeistert, außer Lucia und Timo, die glauben, Ms. Mokeeva hätte sie belogen. Daraufhin werden sie von ihren besten Freunden aus dem Klassenzimmer geführt. Jedoch hält Ms. Mokeeva ihr Versprechen und löst während der angekündigten Versammlung die Welle auf.

Um die Aktualität des Stückes zu verdeutli-

chen, änderten wir diese Schlussszene. Sie begann mit einem unheimlichen, im Chor gesprochenen Slogan und der Frage, wo denn nun unser Führer sei. Hier stellten wir nicht nur die Verbindung zum Nationalsozialismus her, sondern auch zu anderen Herrschern, die Menschenrechte unterdrückten oder zu Unrecht Gewalt ausübten. Wir nannten Namen wie Adolf Hitler, Josef Stalin oder Mao Tse Tung und ihre Taten. Dann stellte Lucia die entscheidende Frage, die dieses Experiment beantworten sollte: „Wie konnte man nur alles verleugnen?“ Daraufhin antwortet ihr Freund Timo nur: „Mit der Welle hatte ich nie etwas zu tun.“

Während der nur acht Proben machten wir uns viele Gedanken über die Menschen, die sich von diesem Experiment mitreisen ließen, und sind zu dem Schluss gekommen, dass dies jedem von uns passieren kann. Wir müssen darauf achten, dass wir immer über das nachdenken, was wir tun, und nicht blind irgendwelchen Ideologien folgen.

Diese Projektarbeit mit Thorsten hat uns neun Akademieteilnehmern sehr viel Spaß gemacht, und wir hoffen, dass auch andere während unserer Aufführung etwas davon sehen konnten.

Musik

Bianca Elkeries

Als sich die Musik-KüA, geleitet von Jonas Wolf, im Sommer zum ersten Mal traf, wurde klar: Wir sind ein ziemlich kleines Orchester mit einer, sagen wir, ziemlich interessanten Besetzung. Genauer gesagt waren wir drei Geigen, eine Bratsche, ein Cello, drei Klarinetten, eine Posaune, ein Euphonium und eine Harfe.

Die ersten beiden Nachmittage übten wir in Instrumentengruppen eingeteilt, und zugegeben, der Schock war zunächst einmal groß, als wir das 14-seitige Stück bekamen. Jonas, der das Stück selbst komponiert hatte, beruhigte uns aber schnell wieder, denn letztendlich hatten wir nicht vor, alle sechs Sätze zu spielen. Außerdem erfuhren wir, dass es sich bei seinem Stück um sogenannte Minimal Music handelt, was viele von uns sehr interessant fanden.

Die Minimal Music ist eine Musikrichtung, bei der sich die Melodie sehr langsam und kaum merklich verändert. Hört man aber beispielsweise zuerst den Anfang und dann direkt das Ende eines solchen Stückes, könnte man meinen, es handle sich um zwei verschiedene Werke.

Man kann nicht gerade behaupten, dass es unglaublich schön klang, als wir zum ersten Mal alle zusammen im Orchester spielten, schließlich hatten wir die Noten bis zu diesem Zeitpunkt höchstens zweimal gesehen. Trotzdem ließ sich auf jeden Fall schon erahnen, wie sich das Stück letztendlich anhören sollte. Genau das nahmen wir zur Motivation, übten weiterhin jeden Mittag in der Musik-KüA, und jedes Mal hörte es sich besser an. Man könnte sogar sagen, dass es sich am Ende so anhörte, wie es sich anhören sollte – so, wie Jonas es sich gedacht hatte.

Dann kam auch schon der Hausmusikabend. Besser als erwartet gelang es uns bei der Uraufführung des II., III. und VI. Satz von Jonas „Symphony No. 3“, den restlichen Akademieteilnehmern, Kursleitern, KüA-Leitern und der Akademieleitung zu präsentieren, was wir in den vergangen beiden Wochen erarbeitet hatten.

So schnell er kam, war der Hausmusikabend dann auch schon wieder vorbei, und wir realisierten, dass jetzt der Abschlussabend näher rückte. Ohne weitere Probe, aber noch durch die gelungene Uraufführung in kleinem Kreise motiviert, spielten wir also am Abschlussabend den II. und III. Satz, da für den VI. und längsten keine Zeit mehr blieb, und wie uns zahlreiche Zuhörer versicherten, meisterten wir auch diesen letzten Auftritt erfolgreich.

Und damit war dann auf einmal die Musik-KüA beendet und die Akademie näherte sich ebenfalls ihrem Ende, wie wir nicht gerade mit Begeisterung feststellen mussten.

Ich kann natürlich nur für mich sprechen, wenn ich sage, dass die Musik-KüA meine Akademiezeit noch schöner gemacht hat, als sie es sowieso schon war, und dass ich viel Spaß bei den täglichen Proben und den beiden Konzerten hatte – ich bin allerdings überzeugt, es geht nicht nur mir so!

Frühsport – Joggen

Lukas Weber

7:00 Uhr. Treffpunkt an der Tischtennisplatte. Ein paar übermotivierte Mädchen und Jungs haben sich zu einem morgendlichen Lauf zusammengefunden. Die Luft ist noch frisch, und manch einer bibbert in T-Shirt und kurzer Hose. Jenny, unsere Sportmentorin, gibt das Startsignal, und die erste Runde wird wie immer gemeinsam gelaufen. Die Truppe rennt im Morgengrauen durch den Wald und alle genießen die herrliche, klare Luft und bereiten sich mental auf den kommenden Akademietag vor. Je nach Kondition und morgendlichem Motivationsgrad läuft man eine oder sogar zwei Runden. Anschließend wollen alle so schnell wie möglich unter die Dusche, bis auf Olaf und Dominik, die Kursleiter der Astronomie bzw. Geophysik, die sogar oft noch eine Runde draufgelegt haben.

Sport

Juliane Pistel

Um während der Akademie fit zu bleiben, konnte man jeden Tag mittags und manchmal auch abends die Sport-KüA besuchen, die entweder in der Halle oder draußen auf den Sportplätzen stattfand. Egal ob Spiele, Ballsportarten oder Kampfsport, alles war dabei, und so hat die KüA immer aufs Neue Spaß gemacht.

Zum Teil haben auch die Teilnehmer die KüA mitgestaltet, wie zum Beispiel Yannika, die uns verschiedene Grundlagen des Judos zeigte. So lernten wir, wie man richtig zur Seite und nach hinten fällt oder wie man einen Schlag des Gegners geschickt abwehrt. So stand man auf, um gleich darauf wieder umzufallen, was bei allen den Spaßfaktor erhöhte.

Beeindruckt wurden wir dann noch von Jenny, die ihr Taekwondo-Talent mit einer kleinen Vorführung bewies, die mit lautem Klatschen und Jubeln belohnt wurde. Auch Romie hat mit ihren Ultimate-Frisbee-Künsten einen Teil zur KüA beigetragen, indem sie uns zeigte, wie man das Frisbee richtig wirft und fängt. Bei den Übungen hat das auch gut geklappt, doch als es dann zum Spiel kam, lag das Frisbee gefühlt öfter auf dem Boden, als es in der Luft war, doch das störte uns nicht im Geringsten.

Neben diesen relativ festen Programmpunkten konnte jeder meistens selber entscheiden, worauf er oder sie Lust hatte. Das Wetter war zum Glück fast immer gut, sodass wir draußen Gruppen für verschiedene Sportarten bilden konnten. Es wurde gleichzeitig Basketball, Fußball und Volleyball gespielt, wobei die Pausen natürlich nicht zu kurz kamen, da es immer sehr heiß war. Die Teams waren schnell gewählt, und so konnte man schnell loslegen, wobei es viel mehr um den Spaß am Sport als um den Wettbewerb ging; alles wurde fair geregelt.

Wo es mal nicht so fair zuging, war bei einem

der vielen Spiele, die wir alle gemeinsam gespielt haben, nämlich beim Brennball. Jedes Team rückte sich die Regeln ein bisschen zurecht, was beim anderen Team natürlich nicht so gut aufgenommen wurde. Es wurde geworfen, gerannt und geschrien, wobei Jenny alles versuchte, um uns zu beruhigen, was unseren Kampfgeist grundsätzlich nicht minderte. Doch all das war nie böse gemeint, jeder war einfach voll beim Spielen dabei.

Um unsere erhitzten Gemüter zu beruhigen, wandelten wir Spiele wie Völkerball oder Zombieball ab, sodass wir statt Bällen einfach nasse Schwämme benutzen. Während wir uns mit anderen Sportarten beschäftigten, musste Jenny erstmal viel Wasser schleppen, um das überhaupt möglich zu machen. Doch es hat sich auf jeden Fall gelohnt: Wir warfen die Schwämme nur so um uns, keine Person blieb trocken. Als am Ende noch Wasser in den Eimern übriggeblieben war, kam es schon mal vor, dass sich plötzlich ein Wasserschwall über einen ergoss, doch das war bei diesen Temperaturen genau das Richtige für uns. Diese Wasserschlachten waren das Highlight am Ende jeder KüA-Schiene und man konnte erfrischt in den Kurs gehen.

Was auch gut ankam, war das Spiel „British Bulldog“, das von den Regeln dem Spiel „Der weiße Hai“ im Großen und Ganzen glich, nur musste man die Person, die man fangen mochte, nicht nur berühren, sondern zwei Sekunden lang hochhalten, sodass die Person den Boden nicht berührte. Wenn dies gelang, war die Person gefangen und musste sich mit dem ersten Fänger zusammenschließen. Das war zum Teil eine Herausforderung, da sich alle wehrten, um nicht gefangen zu werden, aber es war trotzdem richtig spaßig.

In der Abendschiene hatte man noch die Möglichkeit, etwas Fitness zu machen, zum Beispiel typische Crossfit-Übungen wie Liegestützen oder Kniebeugen in einem Workout.

Abschließend muss man sagen, dass die Sport-KüA total Spaß gemacht hat und dass es ein perfekter Ausgleich zum Akademiealltag war. Lieben Dank an Jenny, die immer voll engagiert war und alles mitgemacht hat.

Sportfest

Yannika Matt

Schon Tage vorher wurden wir über den anstrengenden Hürdenlauf und den 5-Kilometer-Lauf informiert. Einige Schülermentoren ordneten extra Trainingseinheiten für ihre Kurse an, damit diese auch ja gewinnen würden. Da war es keine Seltenheit, dass der Amerikanistikkurs seine Schülermentorin beim Staffellauf über die Bahn auf dem Sportplatz trug oder man den Astronomiekurs seine Runden auf dem Sportplatz drehen sah.

Es wurde heftig diskutiert, ob die Ankündigungen bezüglich des Sportfestes ernst gemeint waren. Das passte irgendwie nicht in das Bild, das wir von der Akademie hatten. Glücklicherweise fanden dann weder Hürdenlauf, noch der 5-Kilometer-Lauf statt! Stattdessen wurden Autos gezogen, Teebeutel geworfen, Schiffe gesteuert, Laken umgedreht und vieles mehr.

Die Schülermentoren waren durchgehend bei ihren Kursen und gaben beim Anfeuern alles, manche sogar ihre Stimme. Die Schlachtrufe der einzelnen Kurse waren auf dem gesamten Campus und wahrscheinlich auch noch weit darüber hinaus zu hören.

Das Sportfest wurde mit einem Eierlauf, allerdings mit Tennisbällen, beendet. Außerdem ließ es sich der Geophysikkurs nicht nehmen, noch einen Bottich mit Wasser und Tischtennisbällen in die Luft zu jagen.

Gewonnen wurde das Sportfest vom Kurs Astronomie, der alle „in Sternenstaub verwandeln“ wollte. Zu ihrer großen Freude lagen die Teilnehmer des Amerikanistikkurses auf dem 2. Platz. Ob da Magie im Spiel war? Platz 3

belegte der Geophysikkurs. Ein Wunder, dass sie diesen nicht auch noch gesprengt haben. Den 4. Platzt enterte der TheoPrax-Kurs mit seiner wilden 13. Das erste Mal in der Akademiegeschichte ging der 5. Platz an zwei Kurse, nämlich Chemie/Pharmazie und Informatik, die beide immer wieder betonten, dass sie ja nicht Letzter geworden seien.

Tanzen

Udani Klose, Hendrik van Nassau, Simon Keilbach

In der Tanz-KüA, die viermal in der Abendschiene stattfand, lernten wir erste Schritte in Standard- und Lateintänzen, teilweise zu klassischen Melodien, aber überwiegend zu moderner Musik.

Am ersten Abend lernten wir die Grundschritte von Cha-Cha-Cha und Discofox. Anfangs gab es nur sehr wenige Jungs, genauer gesagt zwei, wobei einer davon ein Schülermentor war. So mussten einige Mädchen zusammen tanzen und wechselten sich dabei immer mit dem Führen ab.

Doch schon beim zweiten Mal war das Geschlechterverhältnis ausgeglichener. Hier lernten wir dann erste Schritte im Discofox und außerdem die Rumba kennen. Dieses Mal halfen Lucia und Hendrik als Tanzlehrer aus, da die Schülermentoren leider nicht konnten.

Da die Jungs, die beim Tanzen Spaß gehabt hatten, dann weitere Jungs motivierten, konnten schon beim dritten Mal fast alle als „richtiges Paar“ tanzen. An diesem Abend wiederholten wir noch einmal das bisher Gelernte und lernten ein paar neue Figuren.

Am leider letzten Tanzabend lernten wir dann den langsamen Walzer kennen. Während unsere ersten Versuche sehr staksig aussahen und viele mit dem Takt zu kämpfen hatten, sahen am letzten Abend die Figuren schon sehr flüssig aus.

Die KüA wurde von Viktoria und Pia geleitet, den beiden besten Mentorinnen, die uns tatkräftig unterstützten und auch Leuten, die schon vorher getanzt hatten, noch neue Schritte zeigen konnten. Ihr habt viele für das Tanzen begeistert, die nun sicher auch einen Tanzkurs machen werden, vielen herzlichen Dank an Euch!

Kubb

Lucia Schäfer

An so manchem schönen Nachmittag traf man sich im Rahmen der Mittags-KüA-Schiene, um Kubb, auch Wikingerschach genannt, zu spielen. Hierbei spielen immer zwei Teams gegeneinander und versuchen, mit Holzstäben nach und nach zuerst die fünf Bauern der anderen zu treffen und zuletzt den König umzuwerfen. Der König durfte jedoch nicht fallen, bevor nicht alle Bauern der gegnerischen Mannschaft gefallen waren, und musste als letzte Herausforderung rückwärts durch die Beine getroffen werden. Die Mannschaft, die das als erste schaffte, gewann. Bei dieser KüA standen strategisches Denken, Wurfgeschick und jede Menge Spaß im Vordergrund, wodurch sie als gute Abwechslung zur alltäglich gewordenen Wissenschaft diente und stets bei allen Teilnehmern und auch der Akademieleitung gut ankam.

Jonglage

Annika Nassal

Zweimal während der Akademie fand eine Jonglage-KüA statt. Diese wurde von Me-

rit, Lorina und Annika geleitet und fand sehr großen Anklang. Beim ersten Mal trafen wir uns vor dem Eckenberg-Gymnasium und jonglierten draußen in der Abendsonne.

Jeder konnte entscheiden, mit wie vielen Bällen er oder sie anfangen wollte. Mit einem Ball machten wir Übungen zum treffsicheren Werfen in die andere Hand. Wer das sicher beherrschte, bekam einen zweiten Ball. Wir versuchten dann, verschiedene Muster mit den Bällen zu werfen. Einige probierten auch das Jonglieren mit zwei Bällen in einer Hand aus. Im Laufe der KüA trauten sich ein paar Teilnehmer, noch einen dritten Ball dazu zunehmen. Sie schafften am Ende viele Würfe mit drei Bällen, ohne dass einer hinunterfiel.

Beim zweiten Treffen wurden dann schon Tricks mit den Bällen einstudiert: So wurde zu zweit jongliert und verschiedene Muster wurden ausprobiert. Das Jonglieren mit drei Bällen klappte sehr sicher. Beim Bergfest haben zwei unserer KüA-Leiterinnen eine Choreographie mit den Bällen aufgeführt und viele verschiedene Muster allein und zu zweit gezeigt. Der Auftritt kam sehr gut an. Es war beeindruckend, in wie wenig Zeit alle so gut jonglieren gelernt haben. Man konnte allen den Spaß ansehen, und wir werden alle fleißig weiterüben.

Debating

Adrian Krauss

Ein Vorteil beim Debattieren ist, dass man überall, über nahezu jedes Thema und in jeglicher denkbaren Art und Weise diskutieren kann. Und genau deshalb wurde am Anfang in der Debating-KüA darüber debattiert, wie wir denn in den zwei verfügbaren Stunden debattieren wollten. Es gibt ein traditionelles englisches System, welches auch oftmals in den Schulen angeboten wird und bei dem immer drei für und drei gegen eine These debattieren – alles auf Englisch natürlich. Da man bei diesem System meist eine längere Vorbereitungsphase hat, wir aber direkt loslegen wollten, entschieden wir uns für eine spontane Debatte mit einer möglichst kurzen Vorbereitungszeit – und der Einfachheit und Verständlichkeit halber auf Deutsch. Also wurden zwei Gruppen eingeteilt, die sich wiederum in zwei kleinere Gruppen aufteilt, eine dafür, eine dagegen.

Das Thema der ersten Gruppe war: Sollte Alkohol illegalisiert werden? Mit „Sollte Cannabis legalisiert werden?“ durfte sich dann die zweite Gruppe mit beschäftigen. Nach ca. 15 Minuten Vorbereitungszeit mussten die Teams die anderen Teilnehmer, die gerade nicht debattieren, von ihrer Meinung überzeugen.

Nach diesen beiden Debatten kam es zu einer abschließenden Runde, die mit einer neuen Vorgabe stattfand: Pro- und Contra-Seiten mussten sich beim Sprechen abwechseln. Das Thema dieser letzten Debatte war, ob das Wahlalter auf 14 Jahre abgesenkt werden sollte. Am Anfang beklagte sich vor allem die Pro-Seite, da sie das Gefühl hatten, die deutlich schwerere Position zu haben. Auch wenn sie trotzdem bei der Debatte keinerlei Schwäche zeigten, gewann am Ende die Contra-Seite mit leichtem Vorsprung.

Zeitung

Romie Niedermayer

Jeden Morgen traf sich die Zeitungs-KÜA um sieben Uhr. Und glaubt mir, sieben Uhr hat sich von Tag zu Tag früher angefühlt. Während wir in den ersten Tagen schon 5 Minuten zu früh auf dem Sofa saßen, trudelten die üblichen fünf Verdächtigen gegen Ende hin erst ganz allmählich ein. Doof, denn die halbe Stunde war ohnehin schon zu kurz, um alle relevanten Artikel zu lesen.

Fast jeden Morgen holte Tobi, der Schülermentor, der die KüA leitete, mehrere Zeitungen aus der Küche. Dann wurde um den begehrten Politik-Teil gerangelt und galant versucht, einem anderen den Sportteil anzudrehen. Letztendlich hat aber doch jeder etwas Interessantes gefunden. Der Musik-KüA-Leiter Jonas hat uns zusätzlich mit brandheißen News aus dem Internet versorgt.

Doch die Zeitungs-KÜA bestand nicht nur aus Lesen allein: Wir führten interessante Debatten über aktuelle Themen, wie zum Beispiel die Bundestagswahl 2017. Damit der Rest der Akademie es nicht verpasste, wenn beispiels-

weise Kim Jong Un die USA in die Luft jagen wollte, berichteten wir anschließend im Plenum über die neusten Meldungen. So erzählten wir fast täglich über die Schäden des Sturmes Harvey, verfolgten gespannt die Gerichtsprozesse, die aufgrund eines Turbans und eines Motorradhelms geführt wurden, und erzählten von aggressiven Omas mit Staubsaugerrohren. Wir haben zwar nicht unbedingt über die wichtigsten Dinge berichtet, aber dafür über umso witzigere und hatten viel Spaß.

Improvisationstheater

David Behnke, Anika Luz, Timo Weberruss

Der Theaterpädagoge Thorsten Feldmann hat im Laufe der Akademie zwei Mal die Impro-Theater-KüA angeboten. Aber was ist Impro-Theater, und worin unterscheidet es sich von normalem Theater?

Das improvisierte Theater ist eine freiere Version des Theaters, dessen Besonderheit darin liegt, dass es keine vorgegebenen Texte oder Proben gibt. Wir haben uns für verschiedene Spielarten entschieden, bei denen man seiner Kreativität freien Lauf lassen und spontan drauf los spielen konnte. Während einige Freiwillige auf die „Bühne“ gebeten wurden schaute der Rest – meist aufs höchste amüsiert – zu und durfte die Ausgangshandlung bestimmen und ab und zu in das Geschehen eingreifen.

Am meisten gefallen hat uns eine Spielvariante, bei der es darum ging, dass ein Gericht einen Angeklagten verhört. Das Besondere dabei: Der Angeklagte weiß nicht, was er überhaupt verbrochen hat, und muss dies im Laufe des Verhörs möglichst indirekt herausfinden. Neben dem Angeklagten gibt es noch einen Richter und einen Kläger, die beide in das Geschehen eingeweiht sind. In unserem Fall wurde die Angeklagte des Blumendiebstahls aus dem öffentlichen Stadtpark bezichtigt.

Doch egal wie deutlich die Andeutungen waren, die seitens des Richters und des Parkbesitzers kamen: Die Angeklagte wich auf ihren Hund im Zebrakostüm aus, mit dem sie im Park spazieren gegangen sei. Deshalb beschloss Thorsten – der Spielleiter – spontan als Freund der Angeklagten, dem die Blumen geschenkt worden waren, einzugreifen. Doch selbst dann war aus der Angeklagten kein Geständnis herauszubringen. Erst nach 20 Minuten und viel Gelächter konnte die Angeklagte endlich ihr Geständnis korrekt ablegen.

Außerdem wurden noch weitere Varianten wie „Die drei Toten“ gespielt, bei dem uns drei frisch Verstorbene ihre auf verrückteste Art und Weise zusammenhängenden Todesgeschichten erzählten. Besonders gefallen hat uns auch die „Zettelimpro“, bei der noch vor Beginn zufällige Sätze auf Zettel geschrieben wurden. Dann wurden Ausgangssituation und grober Verlauf vom Publikum vorgegeben, und die Schauspieler mussten regelmäßig Zettel vom Boden aufheben und den Inhalt sofort und möglichst passend ins Gespräch eingebettet wiedergeben. Auch diese beiden Spiele haben für viel Spaß gesorgt, insbesondere weil dem Publikum teilweise sehr lustige Sprüche eingefallen sind, von „Flieht, ihr Narren!“ bis „$E = m \cdot c^2$“, auf die die Schauspieler sehr interessant eingegangen sind.

Alles in allem war das Impro-Theater eine sehr lustige KüA, bei der jeder mitgefiebert hat und man nach einem stressigen Tag die Gelegenheit hatte, seine Alltagsrolle abzulegen und für eine Stunde in die Haut einer anderen Person zu schlüpfen.

Pokern

Andreas Pietzcker

Texas Hold'em Poker ist im Gegensatz zu Five Card Draw Poker kein reines Glücksspiel. Poker entstand während des Goldrausches in Amerika, in den 1970er Jahren boomte er und heute ist er ein beliebtes Gesellschaftsspiel. Texas Hold'em ist schnell gelernt, aber, wie professionelle Pokerspieler sagen, braucht es ein Leben, um ihn perfekt spielen zu können. Statt Geld gibt es die sogenannten Chips, bei uns im Wert von 10, 20, 50 und 100.

Ein Spiel läuft grob so ab: Jeder Spieler bekommt am Anfang des Spiels zwei Handkarten. Im Laufe des Spiels werden fünf allgemeine

Karten aufgedeckt, mit denen man seine Handkarten kombinieren kann. Der Spieler mit dem besten Blatt gewinnt.

Das klingt jetzt nicht so fesselnd, wie es wirklich ist und auch bei uns war. Wir haben auch nicht so ernst wie in einem Casino gespielt und uns zum Beispiel über Strategien und ähnliches unterhalten. Das Schöne am Poker ist, dass es sehr viel Spaß macht und gut zum Kennenlernen geeignet ist: Man muss nämlich immer auf das Verhalten der Mitspieler achten, um beispielsweise einen Bluff zu erkennen.

Fremdsprachen

Phuong-Vy Ho, Lorina Stroda

Wir hatten das Glück, zwei Teilnehmer unter uns zu haben, die sich dazu bereit erklärtem, ihre Kenntnisse in asiatischen Sprachen an uns weiterzugeben. Phillip brachte uns auf Chinesisch und Phuong-Vy auf Vietnamesisch und teilweise auf Koreanisch erste Begriffe und Schriftzeichen bei. Mit viel Spaß versuchten wir uns an der doch recht schwierigen Aussprache, die jedoch besonders wichtig ist, da sich sonst – wie wir schnell feststellten – die Bedeutung eines Wortes völlig verändern kann.

Doch nicht nur Vokabeln brachten uns die beiden bei, sie gaben uns auch einen Einblick in die asiatische Kultur, die sich besonders durch einen respektvollen Umgang miteinander auszeichnet.

Wizard

Julian Weber

Nachdem sich ein Wizard-Spieler-Team bestehend aus Amrei, Merit, Phillip, Jan und Julian zusammengefunden hatte, waren die Regeln trotz der komplizierten Darstellung im „Pergament der Regeln“ schnell erklärt. Wie das auf der Science Academy so üblich ist, wurden die Regeln schnell verinnerlicht und es ging gleich ans Eingemachte. Der magische Kampf zwischen Riesen, Zwergen, Menschen, Elfen, Narren und Zauberern konnte beginnen.

Schon in den ersten Spielrunden schien Phillip aus dem „Hexen“-Kurs seine dort erlernten magischen Kräfte anwenden zu können. Alle waren sich einig, dass er in fast jeder Runde die meisten „Zauberer“, die mächtigsten Karten im Spiel, auf der Hand hatte. Doch auch die anderen bewiesen sich als durchaus begabte „Zauberlehrlinge“, und das Spiel wurde richtig spannend. Leider konnten wir auch unter Aufwendung all unserer magischen Kräfte die Zeit nicht einfrieren, und so schmolz die Stunde schnell dahin. Als wir um neun Uhr dann aufhören mussten, war nur Phillip froh, denn die Furcht, dass die magischen Kräfte nachlassen, ist natürlich groß!

Schach

Erik Klein

Ein weiteres KüA-Highlight der Science Academy 2017 war die Schach-KüA, die von Erik geleitet wurde.

Es versammelten sich Strategen und Artisten am Brett, Teilnehmer, die noch nicht genug vom Denken hatten und interessierte Anfänger, die den Großmeister in sich entdecken wollten. Beim Schachspiel konnte man alles Negative hinter sich lassen und sich voll und ganz auf die Welt im Schachbrett konzentrieren. Es war eine lockere Runde, und man konnte sich gut über das bisher Erlebte austauschen. Außer klassischem Schach wurden auch abwechslungsreiche Varianten wie „Atomschach“ und „Räuberschach“ gespielt, und so wurde es niemandem langweilig.

Pen and Paper

Gregor Freudenberger

Ihr geht durch einen düsteren Gang, es riecht nach Moder und ihr hört Wassertropfen auf Stein klatschen. Als ihr um die nächste Ecke biegt … seid ihr in Adelsheim!

In der Abend-KüA-Schiene traf sich eine Pen-&-Paper-Rollenspielgruppe, um zusammen in einem Moor nach einem Schatz zu suchen. Da alle Spieler total begeistert waren und die Zeit nicht ausreichte, traf man sich auch noch manchmal vor oder nach der abendlichen KüA-Schiene oder in anderen Pausen.

Anders als bei Live- oder Computerrollenspielen wird beim Pen-&-Paper-Rollenspiel nur Stift und Papier benötigt, um in die Rolle eines tapferen Zwergenkriegers, eines mächtigen Feuermagiers oder eines lautlosen Waldläufers zu schlüpfen. Auch spielt man nicht gegeneinander, sondern gemeinsam in einem Team und versucht, ein erdachtes Abenteuer zu bestehen. Dabei gibt es einen Spielleiter, der als Erzähler, Schiedsrichter und Darsteller aller Nicht-Spieler-Figuren fungiert.

Gefragt sind dabei Kreativität, Teamgeist, Spontaneität, aber auch ein bisschen Würfelglück, um Trolle zu besiegen, Rätsel zu lösen oder über eine Schlucht zu gelangen. Unsere Abenteuer haben uns herausgefordert, aber auch unglaublichen Spaß gemacht.

Wildhüten

Lilly Jost, Pia Meier, Corvin Navarro

An mehreren Abenden fand die Wildhüter-KüA zwischen 20 Uhr und 21 Uhr statt. Vor dem ersten Mal wusste niemand, was es damit auf sich hatte. Wir wussten lediglich, dass sich diese Umweltschutz-KüA sehr gut in das Konzept des Landesschulzentrums für Umwelterziehung einfügte. Aus reiner Neugier kamen schon am ersten Abend einige Akademieteilnehmer zusammen.

Die Begeisterung war nach dem ersten Abend allerdings so groß, dass viele andere Teilnehmer neugierig wurden und das Wildhüten aufgrund der Erzählungen der Anderen auch ausprobieren wollten. Daraufhin wurde ein zweiter Wildhüter-Abend veranstaltet. Da es sich um eine zertifizierte Prüfung handelt, dürfen wir hier die genauen Abläufe nicht erläutern und können nur so viel verraten: Es gilt, verschiedene Prüfungsstufen zu bestehen, um schließlich als ausgebildeter Wildhüter anerkannt zu werden. Mangels geeigneter Gebiete findet eine realitätsnahe Darstellung ebendieser Gebiete statt.

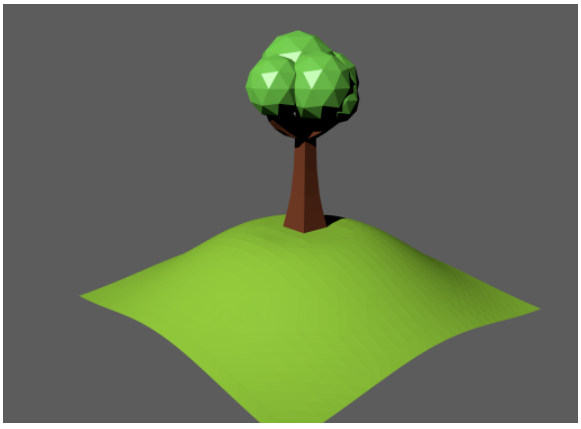
Dies war mit Sicherheit eine der spannendsten sowie lustigsten KüAs der JuniorAkademie Adelsheim.

Blender

Andreas Pietzcker

Am Montag der zweiten Akademiewoche bot Andreas aus dem Chemie/Pharmazie Kurs in der Abend-KüA-Schiene eine KüA zum kostenlosen 3D-Modelling- und Animationsprogramm „Blender“ an. Schon im Vorfeld führte die Ankündigung einer „Einführung in 3D-Modelling und Sculpturing“ bei vielen Teilnehmern zu fragenden Blicken. So fanden sich abends einige Interessierte zusammen, die noch keine Erfahrung mit diesem Programm hatten. Als die Rechner im Computerraum des Eckenberg-Gymnasiums hochgefahren waren, legte Andreas gleich los und erklärte uns zunächst am Beispiel eines Würfels einige Grundfunktionen von Blender. Alle hatten beim Kopieren von Würfeln, Kugel, etc. viel Spaß, und auch wenn das Ganze einmal richtig schiefgelaufen war, fand Andreas immer einen Weg zurück.

Nachdem wir uns mit Blender einigermaßen vertraut gemacht hatten, wagten wir uns an ein praxisnäheres Objekt, einen Baum. Was bei Andreas kinderleicht aussah, war bei uns erst nach einigen Anstrengungen als Baum erkennbar. Abschließend „renderten“, also speicherten wir das kreierte Objekt, um es auch zuhause noch bestaunen zu können.



Mathe für Physiker

Fynn Kiwitt

In einer sehr spannenden KüA hat uns Jochen, der Informatikkursleiter, wichtige mathematische Grundlagen für Physiker erklärt. Angefan-

gen haben wir mit der Formel für Geschwindigkeit: Zuerst haben wir uns eine konstante Geschwindigkeit graphisch in einem Diagramm angeschaut, in dem die Strecke gegen die Zeit aufgetragen war. Dort machte die Formel auch für größere Abschnitte noch Sinn. Als wir uns jedoch auf die gleiche Weise eine Beschleunigung ansahen, merkte man schnell, dass es sich bei dem Ergebnis der Formel nur um die Durchschnittsgeschwindigkeit handelte.

Also haben wir uns überlegt, wie man am besten die Geschwindigkeit einer einzigen Stelle statt die in einem Abschnitt ausrechnen kann. Da man nicht die Steigung i einem einzigen Punkt messen kann, betrachtet man stattdessen die Steigung eines unendlich kleinen Abschnittes. Dieses Verfahren kann mithilfe einer Ableitung auf eine ganze Funktion angewendet werden, also in unserem Fall auf das gesamte Diagramm. Da diese Details meist selten in der Schule thematisiert werden, haben wir uns auch noch genauer angeschaut, wie das funktioniert und warum es funktioniert. Zum Abschluss haben wir das Gelernte dann am Beispiel der Schwingung einer Feder angewandt und konnten so sehen, warum die Werte in der Formel so zusammen hängen, wie sie es tun. Wieder einmal hat man gesehen, dass Mathematik in allen Lebenslagen helfen kann.

Modellbau

Jan Kugel, Julian Weber

Kaum hatten wir den Raum betreten, fielen unsere Blicke auf ungefähr zwanzig kleine Fahrzeug-Modelle, Größe bzw. Maßstab H0. Obwohl sie teilweise viel kleiner als handelsübliche Modellautos aus Metall waren, waren faszinierenderweise tatsächlich alle, wie uns auf Nachfrage versichert und gezeigt wurde, ferngesteuert.

Sieht man sich die Autos von unten an, so erkennt man kleine Stangen aus Metall, winzig kleine Zahnräder und einen Akku, der noch kompakter ist als bei einem ferngesteuerten Hubschrauber.

Der Mini-Elektromotor und der Servomotor sind elegant in der Karosserie der Fahrzeuge versteckt. Natürlich braucht es auch noch einen

Chip oder Ähnliches, der das Auto mit der Fernbedienung verbindet. Dass das alles in so ein kleines Gehäuse passt, war für uns sehr schwer vorstellbar. Die Modelle hat unser KüA-Leiter Jan alle selbst gebaut.

Doch das Beste wartet erst noch auf uns: Jan ließ uns die kleinen Modelle ganz selbstverständlich auch selber steuern. Wir kamen nicht mehr aus dem Staunen heraus: Viele seiner Modelle waren nicht nur voll funktionsfähig, sondern besaßen auch noch Lichter! Da ließ sich dann der Blinker zu gegebener Zeit ein- und ausschalten, Warnblinker gab es selbstverständlich auch, weiße Frontlichter waren angebracht und wenn der Wagen hält, leuchten, wie beim echten Auto, rote Rücklichter auf. Es gab sogar Anhänger, die man an die Modelle anbringen konnte, bei einem war das Heben und Senken der Ladefläche tatsächlich motorisiert. Und wie die Autos so leise über die Tischplatte huschten, störte der fehlende „Sound“ kaum! So vergingen die zwei Stunden viel zu schnell, um alles ausprobiert und entdeckt zu haben!

Chemie-Theorie

Lukas Hamm

Da die Chemie nicht nur dann interessant ist, „wenn's knallt und stinkt“, sondern es auch eine mindestens genauso spannende Theorie dahinter gibt, wurde eine Chemie-Theorie-KüA angeboten. Geleitet wurde die KüA von Lukas Hamm und Lukas Weber. Zusätzlich gab es Unterstützung von der Akademieleitung: Monika, die selbst am Fraunhofer in der Chemie tätig ist.

Alle konnten hier viel Neues lernen: Zuerst gab es eine kleine Wiederholung zum Periodensys-

tem, den Eigenschaften der einzelnen Perioden sowie dem Kugelwolkenmodell. Somit war die Grundlage für die komplizierteren Inhalte geschaffen: das Orbitalmodell. Es wurden Grundlagen an den aufgezählten Modellen erklärt und gezeigt. Später wurde das Modell auch an Beispielen wie Methan und Ethan erläutert.

Zudem wurde auch die Doppelbindung im Modell am Beispiel von Propen und Styrol gezeigt, wodurch den Teilnehmern aus dem TheoPrax-Kurs ein Licht aufging, sie arbeiteten nämlich mit diesen Stoffen. Der Stoff ist ziemlich kompliziert, und als alle zum Schluss nur noch Fragezeichen im Gesicht hatten, beruhigte sie Monika: „Der Stoff kommt in der Schule nicht dran, ihr müsst das höchstens wissen, wenn ihr Chemie studiert“. Eine gute Grundlage für ein solches Studium haben wir vielleicht schon geschaffen und auf jeden Fall die Lust auf Chemie geweckt!

Fit für die Zukunft

Natalia Ludwig

Jeder von uns hat Wünsche und Ziele, die er in seiner Zukunft einmal erreichen will. Um uns zu zeigen, wie wir diesen einen Schritt näher kommen können, veranstaltete die Diplom-Pädagogin Liselotte Kühn an zwei Nachmittagen die Fit-für-die-Zukunft-KüA.

Im ersten Teil, dem Zeitmanagement-Teil, sind wir zunächst unseren Zeitdieben auf die Spur gegangen. Diese können unterschiedlicher nicht sein: Bei manchen ist es ein unaufgeräumter Schreibtisch und eine fehlende Übersicht, bei anderen hingegen Ablenkung durch das Handy oder den Computer.

Als nächstes haben wir uns angeschaut, welche dieser Zeitdiebe wir selbst beeinflussen können und auf welche wir keinen Einfluss haben. Dabei haben wir festgestellt, dass wir für die meisten selbst verantwortlich sind. Deswegen hat uns Frau Kühn einige Methoden gezeigt, die uns helfen sollen, den Zeitdieben aus dem Weg zu gehen.

Außerdem haben wir gelernt, dass wir noch eine Menge Zeit sparen könnten, wenn wir uns erst einmal klarmachen, welche Tätigkeiten wirklich wichtig sind und welche eigentlich unwichtig.

Diejenigen, die zwar genug Zeit haben, denen es aber an Motivation fehlt, waren im zweiten Teil der Fit-für-die-Zukunft-KüA sehr gut aufgehoben. Dort haben wir zunächst zusammengetragen, was uns eigentlich motiviert. Wir lernten, dass sogar ein Lächeln im Spiegel oder aufrechtes Sitzen schon ausreicht, um unsere Laune zu verbessern. Darüber hinaus hilft es, positiver zu denken und das Gute in den Dingen zu sehen und vielleicht unseren Wünschen und Zielen einen Schritt näherzukommen.

Musikalische Zeitreise

Lucie Gatzmaga, Fabian Homburg

Wer abends lieber etwas entspannen wollte, war bei der „Zeitreise durch die Musik“ von Jonas gut aufgehoben.

Unter anderem ging es um die Minimal Music, eine modernere Musikrichtung, die in den 1960er Jahren in den USA als Gegenbewegung zur avantgardistischen Musik in Europa entstand. Sie ist gekennzeichnet durch einfache Motive, die mit kleinen Veränderungen kontinuierlich wiederholt werden. Charakteristisch ist auch ein stark hervorgehobener und einprägsamer Rhythmus.

Jonas stellte uns verschiedene Musikstücke vor, die, trotz der offensichtlichen Gemeinsamkeiten, unterschiedliche Konzepte verwendeten und teils sehr virtuos, teils sehr einfach zu spielen waren.

Einige der Ausschnitte waren den meisten von uns zwar schon aus Filmen wie „Die fabelhafte Welt der Amélie“ oder „Ziemlich beste Freunde“ bekannt, doch waren auch ausgefallenere Stücke dabei, die uns aber mindestens genauso gut gefallen haben.

Literatur

Bianca Elkeries, Elena Mokeeva

Die Literatur-KüA war eine ganz besondere KüA, bei der jeder die Gelegenheit hatte, sich auf dem Sofa gemütlich zurückgelehnt eine Menge spannender, lustiger, berührender oder

auch sachlicher Texte anzuhören, die entweder von den KüA-Leitern Martin und Sebastian oder von uns Teilnehmern mitgebracht worden waren.

Die Vielseitigkeit der Texte, die wir dort kennenlernen durften, war erstaunlich: Wir hörten Kurzgeschichten und Auszüge aus Fiktions- oder Fachliteratur, bekamen die Verpackung eines Duschgels vorgelesen und erfuhren auch viel über die allgemeinen Geschäftsbedingungen bekannter Unternehmen wie Amazon, die sich wohl ernsthafte Sorgen um Zombieapokalypsen und Alien-Invasionen machen. Es fand sich einiges auf Englisch und Russisch, und auch selbstgeschriebene Gedichte wurden vorgelesen, von denen manche gesellschaftskritisch waren und andere auf die menschlichen Gefühle eingingen.

Durch die ruhige und behagliche Atmosphäre konnte man voll und ganz in die unterschiedlichen Welten der vorgelesenen Geschichten eintauchen und den (Akademie-)Alltag für diesen einen Abend vergessen. Jeder von uns hatte viel Spaß und konnte eindeutig seinen Horizont in Bezug auf die Definition des Begriffes „Literatur“ erweitern. Es war ein rundum schöner Abend!

Origami

Bennet Knienieder, Alina Huber

In dieser kleinen Abend-KüA haben wir einige Origami-Grundformen und -regeln kennengelernt. Dazu gehören z. B. die Gegenbruchfaltung, das Nachstreichen der Faltungen mit dem Fingernagel oder das genaue Aufeinanderlegen der Papierlagen. Zusammen haben wir verschiedene Figuren aus Büchern gebastelt wie aufblasbare Hasen oder Bälle, aber auch Einhörner und einen Phönix.

Dadurch, dass wir so eine kleine Runde waren, konnten wir uns gegenseitig helfen und uns schön unterhalten, auch wenn wir oft so laut waren, dass man hätte denken können, wir wären mindestens doppelt so viele: Zum Beispiel wenn jemand wieder einmal etwas völlig falsch gemacht hatte und eine ziemlich lustige Form zustande kam, wodurch wir ziemlich lachen mussten.

Fotografie

Bennet Knienieder, Lukas Weber

An Bildern fehlt es uns in Zeiten der digitalen Fotografie nicht. Aber richtig gute Bilder sind selten geworden. Wie man solch ein richtig gutes Foto, das nicht nur eine Sekunde auf „Snapchat“ verdient hat, schießt, konnte man bei der Fotografie-KüA herausfinden.

Als sich alle Interessierten auf der Wiese vor dem Eckenberg-Gymnasium versammelt hatten, gab es zunächst eine kurze Einweisung in Sachen Fotografie: Dabei erklärten die Leiter uns Begriffe wie Blende, Belichtungszeit und ISO-Wert und wie man damit umgeht bzw. was für einen Nutzen sie haben. Mit der Belichtungszeit kann man zum Beispiel die Bewegungsunschärfe und mit der Blende die Schärfentiefe verändern.

Nachdem wir dann alle wussten, was man mit einer Spiegelreflexkamera beziehungsweise einer Systemkamera an Gestaltungsmöglichkeiten hat, haben sich kleine Gruppen gefunden, die jeweils eine der Kameras von den Leitern bekamen. Das Finden von geeigneten Motiven auf dem Campus bereitete uns allen viel Spaß, und jeder konnte seiner Fantasie beim Experimentieren mit der Kamera und den verschiedenen Objektiven freien Lauf lassen.

Als die zwei Stunden leider viel zu schnell vorbei waren, bestaunten wir gegenseitig unsere Bilder, und für die, die noch nicht ganz zufrieden waren, gab es ja immer noch Photoshop.

Film

Lukas Frey, Lennart Laqua, Fynn Kiwitt

In einem kleinen Kreis haben wir während der Akademie einen dokumentarischen Film, der insbesondere den Eltern das „Akademiefeeling“ verdeutlichen und näherbringen sollte, produziert. Dafür haben wir parallel zu den KüA-Schienen und in jedem freien Augenblick an der Umsetzung gearbeitet. Für die Interviews, die wir für den Film benötigten, gab es immer einige Freiwillige aus Reihen der Teilnehmer, aber auch Kursleiter, Mentoren und die AL-Assistenz, die durch das Teilen ihren Aussagen und Ansichten zum Film beigetragen haben. Außerdem haben wir Aufnahmen des Alltags, der KüAs, der Kurse und des Geländes gemacht. Für uns war dieses Projekt aufgrund des hohen Zeitdrucks und der technischen Schwierigkeiten sehr fordernd.

Dank der Unterstützung und den Freiheiten, die wir von der Akademieleitung erhalten haben, war es möglich, das Projekt in letzter Minute rechtzeitig für den Abschlussabend vollenden. Wir sind stolz, dies erreicht zu haben, da der Film für uns eine Herausforderung war und er bei Eltern, Leitern und Teilnehmern gut ankam.

Zusätzlich zu unserem Film-Projekt haben wir noch eine KüA in der Mittagsschiene angeboten, in der wir allgemeine Techniken des Filmens einführten. Am Anfang haben wir in Zweiergruppen versucht, den Schulgarten in wenigen kurzen Sequenzen zu präsentieren. Die dabei entstandenen Aufnahmen haben wir dann gemeinsam besprochen und versucht, Optimierungen zu finden.

Danach tauschten wir uns über Dinge aus, die man beim Filmen beachten sollte, wie zum Beispiel Blende, Bildformat oder der allgemeine Ablauf beim Produzieren eines Filmes. Am Ende der KüA haben wir noch einmal versucht, einen Ort in Form eines Stummfilmes zu präsentieren, wobei man schon einige Verbesserungen im Vergleich zum ersten Versuch erkennen konnte.

Pralinen

Jule Spinner, Elena Zuschlag

Die Pralinen-KüA war morgens im Plenum immer sehr beliebt, doch leider gab es an beiden Abenden jeweils nur eine begrenzte Teilnehmeranzahl. Die Glücklichen, denen es gelang, sich in die Liste einzutragen, waren den ganzen Tag gespannt, was sie am Abend in der Leiterküche erwarten würde.

Nachdem Chemie-Kursleiterin Jana uns eine kurze Einweisung zu den Zutaten wie Kuvertüre, Nougat und Marzipan gegeben hatte, wurden die Rezepte unter den Teilnehmern verteilt. Jeder durfte seine eigenen Pralinen herstellen. So stand in kürzester Zeit auf jedem Herd ein Topf mit geschmolzener Schokolade, es wurden Mandeln gehackt, Brettchen gesucht und Marzipan geformt. Obwohl das Ganze von außen vielleicht etwas chaotisch wirkte, hatte jeder nach einer Stunde schöne und vor allem leckere Pralinen zubereitet.

Doch diese mussten zunächst noch über Nacht trocknen, sodass wir uns auf den nächsten Tag freuten, an dem wir sie abholen und endlich probieren konnten. Die Ergebnisse waren, wie nicht anders erwartet, fantastisch und wir hatten viel Spaß.

Backen

Rahel Hornung

Trotz des herausragenden Essens während der Akademie hatten ein paar von uns Lust, etwas selbst zu backen. Da kam es wie gerufen, dass Ranran und Viktoria eine Back-KüA anboten. Zusammen mit zehn Teilnehmern wollten sie in der Leiterküche Blaubeermuffins backen.

Zu Beginn war alles noch etwas chaotisch, aber schnell fand jeder seine Aufgabe: Simon und Hendrik hatten so zum Beispiel Spaß daran, aus den bunten Muffinförmchen Bilder entstehen zu lassen. Währenddessen wagten wir Mädchen uns an die Teigproduktion. Zwischendurch kam es dabei zu heftigen Diskussionen über die richtige Dosierung des Backpulvers. Dieses Problem war aber schnell gelöst, als das restliche Backpulver auf dem Boden landete. Auch vom fehlenden Handrührgerät ließen wir uns nicht aufhalten, kurzerhand kam einfach der Schneebesen in Kombination mit Muskelkraft zum Einsatz. Nach diesem schweißtreibenden Akt wurde der Teig in die hübsch angeordneten Förmchen gefüllt und in den Ofen verfrachtet. Die zwanzigminütige Backzeit wurde lachend und quatschend in der Sofaecke verbracht. Zum Ende hin hatten alle Hunger, also beschlossen wir, die ausgezeichnet schmeckenden Muffins direkt aus dem Ofen zu essen. Der köstliche Geruch musste weitere Schülermentoren und auch Kursleiter angelockt haben, denn in Bruchteilen von Sekunden war die Küche voll. Und mit mindestens derselben Geschwindigkeit waren auch die letzten Krümel der Muffins aufgegessen.

Themenabend

Erik Klein

Heutzutage ist ein Leben ohne sie undenkbar: Musik, die über elektronische Geräte wie MP3-Player und Handy abgespielt werden kann. Ende des 20. Jahrhunderts war dies aber nur in den kühnsten Träumen möglich, denn die Audio-Dateien waren zu groß für die kleinen Speicher. Prof. Dr. Heinz Gerhäuser referierte am Themenabend der 15. Science Academy über die Forschung am allbekannten MP3-Format, mit dem er und seine Kollegen vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen eine neue Ära begonnen haben, in der jeder überall Musik hören kann.

Der Vortrag begann mit dem Ausgangsproblem am Anfang der Forschungen: Herr Gerhäuser und seine Kollegen wollten Audio durch Telefonkabel leiten, doch die Datenmenge war zu groß, um sie in Echtzeit zu übertragen. Es musste ein Verfahren zur Verringerung der Audiogröße her.

Das Ziel dabei war ein kleinstmöglicher Qualitätsverlust, der von Menschen nicht erkannt werden kann. Eine Verringerung der Samplerate (wie oft die pro Sekunde der Klang codiert wird) verursacht einen dumpfen Klang. Eine Verringerung der Auflösung (Frequenzen mit ihrer Lautstärke) verursacht ein unerwünschtes Hintergrundrauschen.

Im angeschlossenen Hörtest konnten wir uns dann selbst von den verschiedenen Einstellungsoptionen überzeugen.

Nach vielen Experimenten war ein dann Algorithmus gefunden: die Geburtsstunde des MP3-Formats. Für das Wiedergeben dieser neuen MP3-Dateien wurde dann der erste MP3-Player entwickelt.

Doch der Speicher des damals modernsten Computerchips war immer noch zu klein für das Konvertierungsprogramm, sodass dieses ver-

kleinert werden musste. Außerdem mussten Kompatiblitätsprobleme mit anderen Formaten gelöst werden.

Der Erfolg, so Gerhäuser, kam aber erst durch einen ungeplanten Fehlschlag. Ein Student kopierte das Programm und stellte es zur freien Verfügung ins Internet. Doch das Konzept wurde nicht zum Reinfall, sondern der MP3-Player deutlich populärer. Er brachte dem Institut enorme Einnahmen. Herr Gerhäuser erzählte aber auch vom ständigen Zeit-, Erfolgs- und Finanzdruck und dem Kampf mit der Konkurrenz.

Die Forschung ist noch lange nicht zu Ende, ein derzeitiges Format ist z. B. HD-AAC.

Der gelungene Vortrag war allen eine Anregung, und die spannenden Diskussionen in der nachfolgenden offiziellen und inoffiziellen Fragerunde zeigten, dass der Vortrag allen Teilnehmern Lust auf Vertiefung ins Thema und generell auf Forschung gemacht hat!

Wanderung

Romie Niedermayer

Wandern ist zwar nicht jedermanns Sache, doch wenn man sich gut miteinander unterhält, fühlen sich die Beine nur halb so schwer an. Mit Leichtigkeit bestanden alle den gefährlichen Balanceakt über den reißenden Bach, und unsere Türme aus Geäst ragten weit in den Himmel.

Anstrengend wird es jedoch, wenn Wandergesellen unaufhörlich fröhlich ein Lied trällern, das mit seiner simplen Struktur, dem wenig spannenden Thema „Zement“ und der unendlichen Länge kaum an „Nervpotenzial“ zu übertreffen ist. In solchen Fällen hilft nicht einmal malerische Landschaft und gute Gesellschaft.

Vielleicht war die Dauerbeschallung der Grund dafür, dass zwei der Gruppen erst mit einer Stunde Verspätung an der großen Scheune ankamen. Dort war schon alles vorgerichtet, und selbst unter diesen außergewöhnlichen Bedingungen zauberte die Küche für uns müde Wandersleute ein fantastisches Mahl. Es wurde erzählt, gelacht, gegessen und getrunken. Zwangsläufig musste dann ein großer Teil die Toilette besuchen. Das erwies sich jedoch schwerer als gedacht, denn das Klo befand sich in dem Hinterhof eines Privathauses. Mehrmals wurde sich bei seinen Kameraden erkundigt, ob man gerade nicht aus Versehen einen Einbruch beginge. Wenn das der Fall gewesen sein sollte, hat uns jedenfalls keiner erwischt. Nach dem alle körperlichen Bedürfnisse befriedigt waren, machten wir uns schließlich auf den Weg nach Hause.

Auf dem Hinweg, so dämmerte uns langsam, mussten wir einen gewaltigen Umweg gelaufen sein, denn unser Marsch zurück dauerte nur noch halb so lang. Doch auch auf diesem Weg war „Ein Sack Zement, ein Sack Zement, eeiiin Sack Zement“ unser ständiger Begleiter.

Bergfest

Lilly Jost

Die erste Woche der Akademiezeit verging wie im Flug. Viel zu bald hieß es also: „Das Bergfest steht an!“ Wie viel wir in dieser Woche in den einzelnen Kursen schon geleistet hatten, zeigte sich während der Rotationspräsentationen, die am selben Tag auf dem Plan standen. Doch nicht nur während der Kurszeit waren wir fleißig gewesen, sondern auch in den einzelnen KüA-Schienen und manchmal sogar in den Pausen. Dies ließ sich an dem tollen Programm erkennen, bei dem viele mitwirkten.

Das Startsignal gab, wie vom allmorgendlichen Plenum bekannt, die „Raumpatrouille Orion“. Nach einer kurzen Begrüßung konnte jeder sein Talent beim Tanzen unter Beweis stellen, denn

das Orga-Team hatte den Sid-Shuffle einstudiert und brachte ihn gleich zu Beginn allen anderen bei.

Die Flying Socks – bestehend aus Merit und Annika N. – gaben an diesem Abend ihre Jonglagekünste zum Besten. Bei dem Spiel „Crazy Chicken“ waren dann wieder alle gefragt. Auch Jonas ließ es sich an diesem Abend nicht nehmen, etwas vorzutragen. Bei dem Stück „Ja, Schatz!“ von Bodo Wartke erfüllte unser Lachen die ganze Turnhalle, und so musste er noch eine Zugabe spielen, bevor es zum Höhepunkt des Abends kam, der langersehnten Siegerehrung vom Sportfest. Alle waren gespannt, wer denn nun gewonnen hatte. Die Schülermentoren stellten dies in einer einzigartigen Showeinlage dar und verkündeten die glücklichen Gewinner des Sportfests.

Nachdem jeder Kurs noch einmal seinen Schlachtruf hören ließ, ging es beim Stapelspiel wortwörtlich drunter und drüber. Mit dem Hexentanz offenbarte der Geschichte-/Amerikanistikkurs anschließend seine Motivationsrituale. Für danach hatte sich Thorsten Feldmann vom linguistischen Sprachinstitut Deutschland (oder für uns einfach „Theater-Thorsten“) angekündigt, der uns mit seiner lehrreichen Rede über die einzelnen Buchstaben und deren Wichtigkeit informierte. Am Ende des Programms wurde das offene Tanzen von einer erneuten Runde „Sid-Shuffle“ eingeleitet. Es wurde viel gelacht, mitgesungen und getanzt. Dabei zeigte sich auch, wer ab und zu in der Tanz-KüA vorbeigeschaut hatte.

An dieser Stelle ist wohl nur noch Danke all denen zu sagen, die zum Gelingen des Abends beigetragen haben!

Hausmusikabend

Daniel Hohm, Dana Bostedt, Tami Gibson

Ein Highlight der diesjährigen Science Academy Baden-Württemberg war der Hausmusikabend. An diesem zeigten die musikalischen Talente unter den Teilnehmern ihr Können.

Der Hausmusikabend wurde stimmungsvoll vom „Fluch der Karibik“-Ensemble eingeleitet: Mit einem Arrangement Daniel Hohms von Klaus Badelts Melodien konnten sie das Publikum begeistern. Ihnen gelang es, die Zuhörer weit in die Welt der Piraten zu führen, obwohl sie in einer außergewöhnlichen Besetzung spielten: Violine, Blockflöte, Saxophon, Violoncello, Euphonium und Harfe musizierten gemeinsam.

Danach trat Lilly Beil mit drei Sätzen aus den Bildern der Kindheit von Aram Chatschaturjan auf. Das Andantino entführte das Publikum in eine geheimnisvolle Welt. Die fröhliche Reiterei übertrug sich auf Lillys Zuhörer, und mit der Invention überzeugte sie das Akademiepublikum schließlich restlos von sich.

Der nächste Programmpunkt wurde von Dana, Fabian und Tami gestaltet. Der erste Satz des ersten Klaviertrios von Felix Mendelssohn-Bartholdy wurde von ihnen auf beeindruckende Weise aufgeführt. Das Trio wurde mit tosendem Applaus für seine gelungene Darstellung belohnt.

Anschließend überzeugte Hannah Bürgy mit ihrer Interpretation von „The Minstrel's Adieu to his Native Land“ von John Thomas. Mühelos meisterte Hannah auswendig spielend rasante Läufe.

Den Abschluss des Hausmusikabends gestaltete das Orchester der Science Academy Baden-Württemberg, diesmal unter der Leitung von Jonas Wolf. Sie spielten Auszüge seiner eigens für die Teilnehmer komponierte Symphony No. 3 als Uraufführung. Als Beispiel für Minimal Music war sie für die Zuhörer eine neue, ganz besondere Erfahrung. Die Akademieteilnehmerinnen und -teilnehmer nahmen dieses ganz andere Hörerlebnis dieser Musik und Jonas Wolfs Komposition mit Freude auf.

Abschlussabend

Amrei Mihan

Das letzte große Ereignis der Akademie, die Abschlussveranstaltung, fand am vorletzten Tag statt. Sie bestand aus zwei Teilen: Im ersten Teil am Nachmittag hielten wir unsere Abschlusspräsentationen, in denen wir den Zuhörern erklärten, was wir während der Akademiezeit in unseren Kursen gemacht hatten. Die Präsentationen waren dabei ähnlich wie am Rotationstag aufgebaut, nur gab es diesmal insgesamt vier Präsentations-Schienen. Wer nicht seine eigene Präsentation hielt, der konnte sich die Ergebnisse der anderen Gruppen anschauen.

Nachdem die Vorträge um 18:00 Uhr zu unserer Erleichterung geschafft waren, gab es eine Pause, in der man sich nach dieser Anstrengung an einem sehr leckeren Buffet stärken konnte. Direkt im Anschluss versammelten sich dann schließlich alle in der Turnhalle, um den offiziellen Teil des Abschlussabends zusammen zu begehen.

Der Abend wurde mit einem Film eingeleitet, den die drei Teilnehmer der Film-KüA, Fynn, Lennart und Lukas, gedreht hatten. Der Film begeisterte nicht nur die Teilnehmer, sondern auch die Eltern, sonstige Verwandte und Freunde, die dadurch einen guten Einblick in den Alltag der Akademie bekamen. Im Anschluss wurde der Abend nochmal offiziell durch eine Begrüßung der Akademieleitung eröffnet.

Direkt danach führte die Theater-KüA das Stück „Die Welle“ nach Reinhold Tritt auf und sprach damit ein sehr ernstes Thema an, nämlich das Verhalten des Einzelnen innerhalb eines totalitären Systems. Für die gelungene Vorführung erhielten die Darsteller und ihr Leiter der Theater-KüA, Thorsten Feldmann, auch einen verdienten Applaus.

Als der dann langsam verebbte, machte die Theatergruppe die Bühne frei für eine Danksa-

gung an alle, die die Akademie in unterschiedlicher Weise unterstützt haben. Nachdem bereits die Theater-KüA ihr Können unter Beweis gestellt hatte, durfte nun auch die zweite große KüA präsentieren, was sie sich in den zwei Wochen erarbeitet hatten. Unter Leitung von Jonas Wolf spielten sie den 2. und 3. Satz einer eigens für diesen Anlass komponierten Minimal-Music-Symphonie, welche wie auch schon am Hausmusikabend ein großer Erfolg war.

Anschließend wurden alle Kurse einzeln aufgerufen. Den Kursleitern und den Mentoren wurde noch einmal einzelnen gedankt, und jeder im Kurs bekam einen kleinen Kompass, der uns gemäß unserem Akademiemotto zu neuen Horizonten führen sollte. Da die Science Academy musikalisch gut aufgestellt ist, ging es mit noch einer musikalischen Einlage von „The Fantastic Four plus the Boyz“ weiter: Die Schülermentoren sangen ein Abschlusslied über die Zeit nach der Akademie.

Als nächstes wurde der aus ehemaligen Akademieteilnehmern bestehende Förderverein der Science Academy vorgestellt. Eine Mitgliedschaft ist eine gute Möglichkeit, um mit neu gewonnen Freunden in Kontakt zu bleiben. Die Hauptaufgabe des tatkräftigen Vereins ist jedoch die finanzielle Unterstützung der Science Academy.

Der letzte Programmpunkt war eine moderne Nacherzählung eines Märchens, die das Publikum mehr als einmal zum Lachen brachte. Damit war der offizielle Teil schon zu Ende und unsere Eltern gingen nach Hause. Wir Teilnehmer feierten anschließend mit den Leitern zusammen die tolle Zeit, die wir in der Science Academy verbracht hatten. Leider ging auch diese Party genau wie die Akademie einfach viel zu schnell vorbei.

Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei denjenigen herzlich bedanken, die die 15. JuniorAkademie Adelsheim / Science Academy Baden-Württemberg überhaupt möglich gemacht haben.

Finanziell wurde die Akademie in erster Linie durch die Stiftung Bildung und Jugend, die Hopp-Foundation, den Förderverein der Science Academy sowie durch den Fonds der Chemischen Industrie unterstützt. Dafür möchten wir an dieser Stelle allen Unterstützern ganz herzlich danken.

Die Science Academy Baden-Württemberg ist ein Projekt des Regierungspräsidiums Karlsruhe, das im Auftrag des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg und mit Unterstützung der Bildung & Begabung gGmbH Bonn für Jugendliche aus dem ganzen Bundesland realisiert wird. Wir danken daher dem ehemaligen Leiter der Abteilung 7 des Regierungspräsidiums Karlsruhe, Herrn Abteilungspräsidenten Vittorio Lazaridis, der Leiterin des Referats 75 – allgemein bildende Gymnasien, Frau Leitende Regierungsschuldirektorin Dagmar Ruder-Aichelin, Herrn Dr. Hölz vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg sowie dem Koordinator der Deutschen Schüler- und JuniorAkademien in Bonn, Herrn Volker Brandt, mit seinem Team.

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

Zuletzt sind aber auch die Kurs- und KüA-Leiter gemeinsam mit den Schülermentoren und der Assistenz des Leitungsteams diejenigen, die mit ihrer hingebungsvollen Arbeit das Fundament der Akademie bilden.

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

Bildnachweis

S. 12: Sternparallaxe
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:ParallaxeV2.png
Wikimedia-User WikiStefan
CC-BY-SA (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode)

S. 15: Doppelweiche
Bild basierend auf: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plektita_trakforko_14.jpeg
Wikimedia-User Asiano
CC-BY-SA (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode)

S. 19: Dr. Thomas Müller – mit freundlicher Genehmigung

S. 27: Dr. Thomas Müller – mit freundlicher Genehmigung

S. 56: Schnittbild durch einen Vulkan
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Submarine_Eruption-blank.svg
Wikimedia-Nutzer Sémhur
CC-BY-SA (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode)

S. 56: Eyjafjallajökull first crater 20100329
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Eyjafjallajökull_first_crater_20100329.jpg
Wikimedia-Nutzer David Karnå
CC-BY (https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/legalcode)

S. 56: Ruinen von Pompeji
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vesuvius_from_Pompeii_(hires_version_2_scaled).png
Wikimedia-Nutzer Morn the Gorn
CC-BY-SA (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode)

S. 65: Funktionsweise Geysir
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Funktionsweise_Geysir_de.svg
Wikimedia-Nutzer Huebi
CC-BY-SA (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/legalcode)

S. 78: Arthur Miller – Hexenjagd: Mit freundlicher Genehmigung des S. Fischer Verlags

S. 116: Electromagnetic spectrum c
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electromagnetic_spectrum_c.svg
Wikimedia-Nutzer Horst Frank / Phrood / Anony
CC-BY-SA (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode)

Alle anderen Abbildungen sind entweder gemeinfrei oder eigene Werke.