

JuniorAkademie Adelsheim

11. SCIENCE ACADEMY BADEN-WÜRTTEMBERG 2013



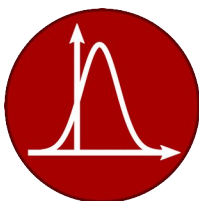
Astronomie



Chemie



Germanistik/Geschichte



Mathematik



Physik/Informatik



TheoPrax

**Dokumentation der
JuniorAkademie Adelsheim 2013**

**11. Science Academy
Baden-Württemberg**

Träger und Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2013:

Regierungspräsidium Karlsruhe

Abteilung 7 –Schule und Bildung–

Hebelstr. 2

76133 Karlsruhe

Tel.: (0721) 926 4454

Fax.: (0721) 933 40270

E-Mail: georg.wilke@scienceacademy.de

petra.zachmann@scienceacademy.de

www.scienceacademy.de

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von den Kurs- und Akademieleitern sowie den Teilnehmern der 11. JuniorAkademie Adelsheim 2013 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mit Hilfe von L^AT_EX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter

Druck und Bindung: RTB Reprinttechnik Bensheim

Copyright © 2013 Georg Wilke, Petra Zachmann

Vorwort

Mittlerweile sind es schon 11 Jahre, in welchen sich rund 70 Schülerinnen und Schüler aus ganz Baden-Württemberg gemeinsam mit dem 30-köpfigen Leitungsteam im Rahmen der Science Academy Baden-Württemberg in Adelsheim treffen. Sie verbringen dort auf dem Eckenberg am Landesschulzentrum für Umwelterziehung das Eröffnungswochenende, die 14-tägige Akademie im Sommer und das Dokumentationswochenende.

In dieser Zeit wächst aus den einzelnen Teilnehmern eine große Gemeinschaft, die auch über die Zeit der Akademie hinaus bestehen bleibt. Jeder Einzelne beschäftigt sich während dieser Zeit nicht nur mit den naturwissenschaftlichen Inhalten der Kurse, sondern entwickelt sich auch persönlich weiter.

Um der Akademie über die Kursarbeit hinaus einen Rahmen zu geben, steht sie in jedem Jahr unter einem übergeordneten Motto.

In diesem Jahr war dieses Motto das Thema „Licht“. Natürlich ist Licht mit unglaublich vielen Assoziationen verbunden, die in sehr verschiedene Richtungen gehen. Für uns war Licht während der Akademie mit Erkenntnissen und mit Lichtblicken verbunden. Wir alle haben viel Neues gelernt und hatten oft wunderbare Erlebnisse, die sich in diesen Lichtblicken wiederfinden. Ein anderer Aspekt für uns war das Licht in Form einer Flamme, die uns während der gesamten Akademie begleitete, und die hoffentlich auch nach der Akademie in uns allen weiter brennen wird. Jeder der Teilnehmer weiß, dass es nicht die Kurse allein sind, die die einzigartige Akademieatmosphäre schaffen. Auch diesen Aspekt spiegelt das Licht wider. Kommt wie im Bild Licht verschiedener Farben zusammen, so entsteht etwas Neues: helles, weißes Licht.



Wir alle zusammen lassen das Akademielight entstehen, und auch wenn wir dieses Licht nun wieder in seine Farben getrennt haben, so können wir euch mit Sicherheit garantieren: es findet auch wieder zusammen. Ihr habt während unserer Zeit in der Akademie Freundschaften geschlossen,

Erlebnisse gehabt und Erkenntnisse gewonnen, die euch keiner mehr nehmen kann. Das Akademie-„Licht“ wird euch von nun an begleiten und euch vielleicht auch auf das ein oder andere Projekt aufmerksam machen. Geht mit offenen Augen durchs Leben und achtet auf neue Möglichkeiten, die sich euch auftun, und vor allem habt den Mut, diese auch wahrzunehmen.

Wir wünschen euch alles Liebe und Gute für das, was als nächstes auf euch zukommt, und wir freuen uns darauf, euch – in egal welchem Zusammenhang – wieder zu sehen, vielleicht ja sogar in zwei oder drei Jahren hier in Adelsheim.

Und nun wünschen wir euch viel Spaß beim Lesen und Schmökern!

Eure/Ihre Akademieleitung



Patricia Keppler (Assistenz)



Wendelin Wiedemer (Assistenz)



Georg Wilke



Dr. Petra Zachmann

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	3
KURS 1 – ASTRONOMIE	7
KURS 2 – CHEMIE	29
KURS 3 – GERMANISTIK/GESCHICHTE	55
KURS 4 – MATHEMATIK	83
KURS 5 – PHYSIK/INFORMATIK	101
KURS 6 – THEOPRAX	125
KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE	143
DANKSAGUNG	159

Kurs 1 – Supernovae: Wenn Sterne explodieren



Unser Kurs

Unser Astrokurs war eindeutig der krasseste von allen. Das äußerte sich unter anderem im krassesten Schlachtruf („Big Bang BOOM“), den krassesten Kurs T-Shirts, den krassesten Experimenten mit den krassesten Leitern und der krassesten Schülermentorin. Aber wir hatten auch die krassesten Kursmitglieder und natürlich ganz viel Spaß miteinander. Und wir mögen irgendwie die Wörter „krass“ und „Panzer tape“. Aber dazu später mehr ...

Ann-Kathrin Gelmroth Mit ihrer lieben, sehr ruhigen und einfühlsamen Art war Ann-Kathrin eine unglaubliche Bereicherung für den Kurs. Wenn sie sich auch niemals in den Vordergrund drängte, konnte ihr sympathisches Lächeln Herzen erwärmen. Sie mag Tennis und ihre Klarinette, ist ordent-

lich, aufmerksam, vielseitig interessiert und ruht vollkommen in sich selbst.

Christoph Grundke hat eine eher ruhige Art, die aber sehr angenehm ist. Im Kurs hat man sehr schnell gemerkt, dass er sich gut mit dem Thema auskennt und einiges darüber weiß. Sein handwerkliches Geschick hat er durch das Schalenmodell eines Sterns unter Beweis gestellt, das er gebaut hatte. Auch dank seiner Mitarbeit an der Myonkanne wurde das Experiment ein Erfolg.

Florian Mandl war immer sehr hilfsbereit und half vor allem gern bei technischen Problemen, wenn wir mit unseren Laptops etc. nicht weiter kamen. Er verfolgte uns immer mit seiner Kamera, und bei Partys war

er der perfekte DJ. Durch seine offene Art brachte er gute Laune in den Kurs.

Hannah Fischer Von unsrer lieben Hanni konnte man lernen, alles zu hinterfragen. Ohne Angst sich zu blamieren, hat sie immer nachgefragt, wenn sie etwas noch genauer wissen wollte. Ihre offene und ruhige Art hat auch zum guten Kursklima beigetragen.



Beim Sportfest

Johannes Pfaff war unser Experte für Teleskope und Neutrinos, die er bei den Präsentationen sehr verständlich erklärte. Bei der Nachtwanderung nutzte er seinen extrem guten Orientierungssinn und führte seine Gruppe direkt zu den richtigen Zielen. Er ist sehr humorvoll und groß und hat eigentlich fast jede KüA ausprobiert, außer Ballett. Johannes ist ein echt krasser Teilnehmer!

Jule Hintz – unsere fantastische Ballerina – hatte stets ein Lächeln im Gesicht. Dank ihrer Kreativität half sie uns, den Aufbau der Milchstraße zu verstehen und auch beim Gammaspektrometer experimentierte sie tatkräftig mit. Jules Frisur war auch immer ein Barometer unseres Verzehrs von Schoko-Bons, dessen Ausmaß uns immer ein wenig schockierte. Ihre liebe, ruhige und feinfühlige Art war einmalig für die ganze Akademie.

Katrin Geng Immer motiviert erschien sie zu unseren Kurstreffen, auch als die gesamte Astrogruppe nach einigen anstrengenden Akademietagen total ausgelaugt und müde war. Mit jeder Menge Humor bereicherte sie unseren Kurs. Und waren auch manchmal die Augen fast am Zuklappen, gab sie

nie auf und bewegte die übermüdeten übrigen Astronomen zum weitermachen. Gab es etwas zu tun, war sie sofort dabei und arbeitete mit viel Freude und Engagement mit.

Kristina Nagel ist sehr sportlich und übertraf bei den Gruppenspielen regelmäßig den Rest von uns. Sie ist wie wir alle verliebt in Cola und Chips. Außerdem ist sie künstlerisch begabt, denn sie hat das krassste Kurs-T-Shirt gestaltet. Immer hilfsbereit und gut gelaunt, mit den Himmelskörpern kennt sie sich gut aus – das ist Kristina.

Lisa Mutschler hat eine nette, ruhige Art. Obwohl sie ein wenig zurückhaltend ist, ist auch sie immer für einen Spaß zu haben. Außerdem hat sie im Kurs immer fleißig mitgeschrieben, um so wenig wie möglich zu vergessen. Mit ihrem netten und freundlichen Lächeln steckt sie die anderen mit guter Laune an und verbreitet gute Stimmung im Kurs.



Fleißig beim Messen

Lucia Eberl konnte mit ihrer vergnügten Art den ganzen Kurs aufheitern. Wenn Lucia lächelt – was sie zum Glück oft tut – ist es unmöglich, wütend zu sein. Niemand kann so gut zuhören wie Lucia, die außerdem phänomenal Klarinette spielt. Im Kurs ist sie so strukturiert, konzentriert und gewissenhaft wie kaum ein anderer. Und sobald der Kurs rum ist, hopst sie fröhlich hinaus. Ein Astrokurs ohne Luci mit ihrer ehrlichen, offenen, unglaublichen lieben Art wäre einfach unvorstellbar.

Markus Weigelt ist starker Befürworter des Panzertapes und hat maßgeblich zur guten Atmosphäre in unserem Kurs beigetragen. Er war immer für praktische Experimente zu begeistern und hat ein Talent fürs Theater und auch dafür, Fehler in Texten anderer zu finden, auch wenn er seinerseits die Korrekturleser mit endlos langen Sätzen ärgerte. Er war sehr interessiert, und es hat Spaß gemacht mit ihm zu arbeiten. Mit seinem Gesangs- sowie Improvisationstalent brachte er alle zum Lachen.

Niklas Merk Mit seinem Fachwissen und seiner Gabe alles einfach und freundlich zu erklären, hat er unseren Kurs sehr bereichert. Er war immer sehr hilfsbereit, lustig, locker, lief mit einem Grinsen im Gesicht herum und half gerne und geduldig, wenn irgendjemand eine Frage hatte. Zu jeder Lebenslage hat er eine passende Formel bereit und sein riesengroßes Handy darf natürlich auch nicht fehlen. Außerdem sind wir alle ein bisschen neidisch auf sein Schulsystem, das der Akademie ähnelt.



Nach dem Sportfest

Carolin Liefke Immer wenn es etwas zu lachen gab, war Carolin mit dabei. Sie hat uns unterstützt und den Kurs durch tolle Ideen bereichert. Außerdem hat sie die Materialien, wie zum Beispiel die Teleskope organisiert und wahnsinnig viel Hintergrundarbeit geleistet. Auch konnten wir mit ihrer und Dominiks Hilfe für ein paar Stunden auf den Nachthimmel Frankreichs schauen. Zur Motivation hat sie uns gut mit Süßigkeiten versorgt und dadurch den Kreativitätsfluss

verstärkt.

Dominik Elsässer war der perfekte Kursleiter. Die Art wie er den Kurs zusammen mit Caro gestaltete, kam bei allen gut an! Durch seine einfallsreichen Ideen kam viel Abwechslung in den Kurs. Er war immer offen für alle Fragen und unterstützte uns bei unserer Arbeit. Mit glänzenden Augen kümmerte er sich um die Myonkanne. Obwohl er seine Brille dauernd verlegte, hatte er immer den vollen Durchblick und mit einer Flasche Cola am Morgen rettete er den Tag!



Beim Schreiben dieser Dokumentation

Ronja Geppert Unsere Schülermentorin versprühte stets gute Laune, war sehr engagiert und half uns in jeder Lage. Sie munterte uns vor Vorträgen auf, animierte uns zum Süßigkeitenessen, und wenn wir mal eine Pause brauchten, hatte sie stets ein Spiel parat. Außerdem hat sie alles rund um die Fotos und die krassesten Kurs-T-Shirts organisiert. Medientechnisch ist sie auf dem neuesten Stand und akzeptierte es, dass jeder von uns mal ihr Namensschild trug. Ihre liebsten Hobbys sind Kursleiter necken und Tiramisu essen.

Einleitung

RONJA GEPPERT

Sommerferien – Die Gedanken schweifen ab Richtung Urlaub, Sonne, Strand und Meer.

Doch anstatt die schulfreie Zeit zu genießen, versammelten sich zwölf Jugendliche in Adelsheim, um ihre Ferien einmal anders zu ver-

bringen, um gemeinsam wissenschaftlich zu arbeiten. Für manche sicherlich unvorstellbar, dass man freiwillig in den Ferien an Lernen denken kann, doch wer bei uns vorbeigeschaut hat, hat in zwölf strahlende Gesichter geblickt – und das lag nicht nur an den spaßreichen Gruppenspielen oder dem überdimensionalen Süßigkeitenhaufen, der sich in unserem Kursraum befand und wie durch Geisterhand immer wieder Zuwachs bekam.

Neben den Gesichtern entdeckten wir noch ganz andere Dinge die strahlten: Steine, Erde, Pilze und nicht zuletzt Supernovaüberreste. Womit wir auch schon bei dem Thema unseres Kurses wären: „Supernovae – wenn Sterne explodieren“. Bei so einer Supernova werden enorme Mengen an Strahlung freigesetzt, und genau diese galt es in unserem Kurs zu messen. Welcher Methoden wir uns dabei bedienten, welche Highlights es während der zwei Wochen Kursarbeit gab und mit welchen Fragen wir uns zu diesem Thema auseinandergesetzt haben, werden die Teilnehmer nun selbst berichten.

Durch eine intensive Zusammenarbeit wuchs die Teamgemeinschaft und der Kurszusammenhalt zusehends. So war nach zwei Wochen für uns alle klar: Der Astrokurs ist der krassste und wird uns sicherlich allen in guter Erinnerung bleiben!

Geburt und Tod der Sterne

HANNAH FISCHER

Die geheimnisvollen leuchtenden Punkte im All, deren Licht trotz einer Geschwindigkeit von 300 000 km/s oft tausende von Jahren braucht, um zur Erde zu gelangen, werfen stets neue Fragen auf. Auch wenn wir einiges über Sterne wissen, bleiben sie doch was sie schon immer waren – ein Rätsel. Mehrere Millionen bis Billionen Sterne bilden zusammen eine spiralförmige Struktur, die sich um sich selbst dreht: eine Galaxie. Neben unserer eigenen Galaxis, der Milchstraße, gibt es noch ca. 100 Milliarden andere Galaxien im beobachtbaren Universum. Doch wie entstehen Sterne eigentlich? Warum leuchten sie? Wie endet ihr Leben? Und was ist eine Supernova?

Bei der Entstehung eines Sterns beginnt Gas in einer Wolke sich aufgrund der Gravitationskraft zu einer Kugel zu verdichten, die hauptsächlich aus Wasserstoff besteht. Ist das Innere der Kugel heiß und dicht genug, beginnen die Wasserstoffatome zu verschmelzen und wandeln sich in Helium um. Die Energie, die dabei frei wird, heizt die Gaskugel auf, die hell zu leuchten beginnt – ein Stern ist entstanden. Dieses sogenannte Wasserstoffbrennen findet statt, solange im Inneren des Sterns genügend Wasserstoff vorhanden ist. Unsere Sonne zum Beispiel kann noch ca. sechs Milliarden Jahre in dieser Form Licht an uns abgeben, bis das nukleare Feuer versiegt. Wenn das Wasserstoffbrennen aufhört, nimmt die Schwerkraft überhand und der Stern stürzt in sich zusammen. Dadurch wird das Innere stark verdichtet, und zwar solange bis es dicht und heiß genug ist, dass das Helium ebenfalls fusionieren kann – und zwar zu Kohlenstoff.



Der Ringnebel im Sternbild Leier, ein Planetarischer Nebel, aufgenommen mit dem Hubble-Weltraumteleskop. Bild: NASA, ESA, and C. Robert O'Dell (Vanderbilt University)

Wenn unsere Sonne diesen Punkt erreicht hat, ist Schluss: Für weitere Kernfusionen hat sie einfach nicht genügend Masse. Ihr Inneres verwandelt sich nun in einen Kern aus Kohlenstoff, der ungefähr die Größe der Erde hat, aber sehr heiß ist und deshalb auch Weißer Zwerg genannt wird. Die äußeren Hüllen aus den leicht-

teren Elementen Wasserstoff und Helium hingen entfernen sich vom Stern – die Strahlung des Weißen Zwergs bläst sie sozusagen weg, weit hinaus ins All. Die wegtreibenden Hüllen nennt man Planetarischer Nebel. Er leuchtet, weil die Strahlung aus der Restwärme des Weißen Zwergs die Atome im Nebel zum Leuchten anregt.

Allerdings sterben nicht alle Sterne so, wie die Sonne einmal sterben wird: Manche Sterne explodieren! Dieser spektakuläre Sterntod ist das, was wir Supernova nennen. Dabei leuchtet der Stern Milliarden mal heller als sonst. 1987 konnte man ein solches Ereignis am Südhimmel in der Großen Magellanschen Wolke beobachten, einer Begleitgalaxie unserer Milchstraße. Die Supernova war monatelang als heller Stern sichtbar. Sehnsüchtig warten Forscher auf die nächste Supernova, denn durchschnittlich sollte es in der Milchstraße alle 50 Jahre eine geben – oft verdecken jedoch Staubwolken die Sicht.



Christophs Modell der Schalenstruktur eines massereichen Sterns am Ende seines Lebens

Aber warum explodieren manche Sterne, die Sonne jedoch nicht? Der Grund liegt in ihrer Masse: Masse erzeugt Schwerkraft, Schwerkraft erzeugt Druck im Inneren, Druck erzeugt Hitze und genügend Druck und Hitze führen zu Kernfusionsreaktionen. Ein Stern wie unsere Sonne fusioniert etwa zehn Milliarden Jahre lang Wasserstoff zu Helium. Die anschließende Fusion des Heliums zu Kohlenstoff dauert nur

etwa 100 Millionen Jahre. Massereiche Sterne können anschließend im Gegensatz zur Sonne auch noch den Kohlenstoff zu Sauerstoff weiterfusionieren. Dafür benötigen sie gerade einmal 600 Jahre. In nur sechs Monaten verschmilzt dann der Sauerstoff zu Silizium, und innerhalb weniger Tage entsteht aus Silizium Eisen. Eisen ist das stabilste und energetisch günstigste Element überhaupt und kann nicht mehr weiter fusionieren. Der Druck der viele Millionen Kilometer großen äußeren Schalen nimmt nun überhand und drückt den Eisenkern zusammen. Nach den Gesetzen der Quantenphysik lassen sich die Teilchen in den Atomkernen jedoch nicht beliebig zusammendrücken. Stattdessen verbinden sich Protonen und Elektronen der Eisenatome zu Neutronen und Neutrinos. Neutrinos sind geheimnisvolle Elementarteilchen, die mühelos nahezu alles durchdringen und in unvorstellbaren Mengen bei einer Supernova-Explosion sowie bei der Kernfusion zum Beispiel im Inneren unserer Sonne entstehen. In nur einer Sekunde fliegen ca. 70 Milliarden Neutrinos von der Sonne durch jedermanns Daumennagel!

Während die flüchtigen Neutrinos zum großen Teil aus dem Sterninneren entkommen, bilden die Neutronen eine unglaublich kompakte, dichte Kugel (Neutronenstern genannt). Dies geschieht innerhalb von Sekundenbruchteilen, während alle äußeren Hüllen aus den leichteren Elementen zur Mitte hin stürzen. Dort prallen sie auf den Neutronenstern. Die vom Neutronenstern ausgehenden Neutrinos und die ungeheure Geschwindigkeit der aufprallenden Hüllen führen dazu, dass die Implosion in eine Explosion umgewandelt wird.

Ein Spielzeug für kleine und große Astronomen kann diesen Prozess vereinfacht veranschaulichen: Der sogenannte Astroblaster soll die verschiedenen Schichten eines sterbenden Sterns im Querschnitt darstellen. Die große blaue Kugel steht für den massereichen Kern aus Eisen, gefolgt von den äußeren Schichten Sauerstoff, Kohlenstoff, Helium und Wasserstoff, dem leichtesten Element, dargestellt durch die kleine rote Kugel. Lässt man den Astroblaster fallen (das entspricht dem Einstürzen der Sternhüllen), springt die kleine rote Kugel meterhoch in die Luft. Die Aufprallenergien der verschie-

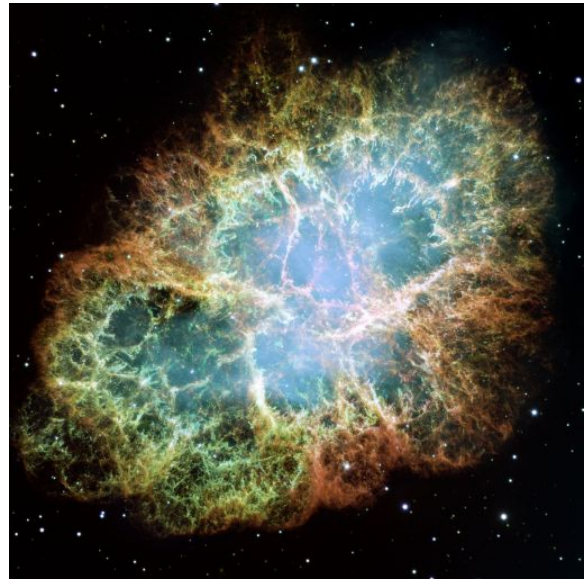
denen Schichten summieren sich und stauen sich allesamt in der kleinen roten Kugel bzw. der äußeren Sternhülle. Diese wird voller Energie weit ins All geschleudert, was als Explosion sichtbar ist.



Der Astroblander

Was übrig bleibt, sieht man zum Beispiel an dem berühmten Krebsnebel, einem Supernova-überrest im Sternbild Stier. Der nur etwa 20 Kilometer große Neutronenstern im Zentrum des Überrests hat eine so große Dichte, dass ein einziger Teelöffel davon über hundert Millionen Tonnen wiegen würde!

Wenn jedoch bei einem sehr massereichen Stern der Gegendruck der Atomkernteilchen (der Entartungsdruck) zu gering ist, um das Zusammenstürzen der riesigen Massen aufzuhalten und einen Neutronenstern entstehen zu lassen, dann wird der Kern des Sterns zu einem Schwarzen Loch. Bei einem Schwarzen Loch ist die Materie so stark konzentriert, dass sie eine ungeheure Gravitationskraft ausübt – so groß, dass nicht einmal Licht seiner Anziehung entkommen kann. Deshalb hat kein Mensch bisher ein Schwarzes Loch direkt gesehen, Forscher entdecken lediglich immer wieder Him-



Der Krebsnebel, aufgenommen mit dem Hubble-Weltraumteleskop. Bild: NASA, ESA, J. Hester und A. Loll (Arizona State University)

melskörper, die sich mit schneller werdender Geschwindigkeit um einen Punkt drehen.

Der Geldspendetrichter im Zoo ist vereinfachendes Modell dazu: Eine Münze, die man in die Schale hineinfallen lässt, kreist immer schneller um die Mitte, bis sie im Loch verschwindet. Ob jedoch bei der Entstehung eines Schwarzen Lochs überhaupt eine Supernova-Explosion beobachtet werden kann, fragen sich auch die Profi-Astronomen.

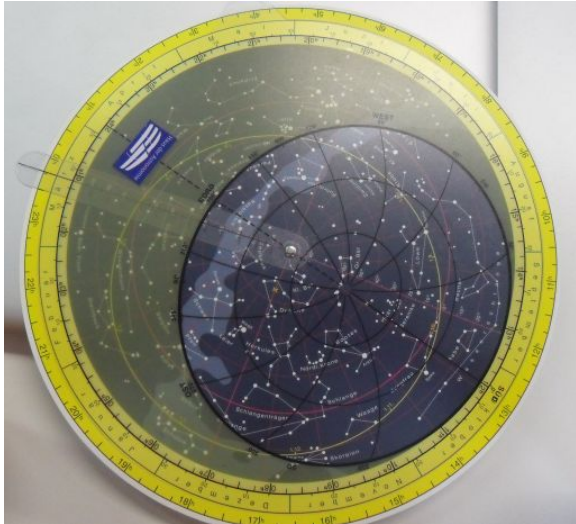
Auch wenn wir also heutzutage schon einige Phänomene im All erklären können, sind dies Bruchteile von dem, was in den Weiten des Universums wirklich passiert, und mit jeder Erkenntnis tauchen neue Fragen auf. Trotzdem zählt der Beruf des Astronomen zu den ältesten der Welt, denn schon immer faszinierte der Sternhimmel die Menschen und unzählige Mythen und Geschichten drehen sich um die geheimnisvollen Sternkonstellationen, die wir von der Erde aus am Nachthimmel sehen können.

Orientierung am Sternhimmel

KRISTINA NAGEL

In den zwei Wochen im Sommer waren wir mehrmals abends oder nachts draußen und ha-

ben gemeinsam die Sterne beobachtet und uns die Sternbilder zusammen angeschaut. Um uns überhaupt am Sternhimmel zurechtzufinden, haben wir eine drehbare Sternkarte benutzt.

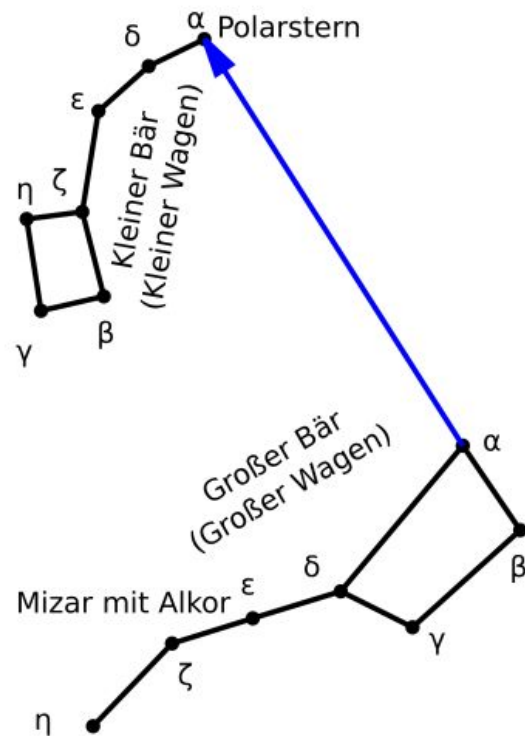


Sternkarte zum Orientieren am Himmel

Zu Beginn wusste keiner von uns, was mit der Karte zu tun ist, doch nach einer kurzen Einweisung unserer Kursleiter war es gar nicht mehr so schwer, damit umzugehen. Zuerst muss man die Karte auf das richtige Datum und die richtige Uhrzeit einstellen. Dann zeigt die Karte den Teil des Sternhimmels in einem Sichtfenster an, den wir zu diesem Zeitpunkt über uns sehen können. Ebenfalls auf der Karte eingezeichnet, ist ein Koordinatennetz des Himmels.

Der kleine schwarze Kreis in der Mitte des Sichtfensters zeigt den Punkt am Himmel an, der sich direkt über einem befindet. Also gingen wir mit unseren Karten nach draußen auf den Sportplatz und schauten senkrecht nach oben, in den sogenannten Zenit. Danach versuchten wir den Polarstern zu finden. Dazu erklärten uns Caro und Dominik einen kleinen Trick, mit dem man den Polarstern immer ganz schnell finden kann: Man muss den Großen Wagen suchen, dann wird der Abstand der zwei hinteren Sterne des Großen Wagens ungefähr fünfmal verlängert und so kommt man zum Polarstern.

Nach und nach arbeiteten wir uns mithilfe der Karte voran und gingen die wichtigsten Sternbilder durch. Um die Bilder deutlich zeigen zu können, benutzten wir spezielle Laser, mit denen wir jedoch sehr vorsichtig sein mussten.



Wie man den Polarstern mithilfe des Großen Wagens findet. Grafik: Public Domain/Wikipedia-Nutzer Flups

Erstaunlicherweise konnten wir uns die Sternbilder alle sehr schnell einprägen und zeigten uns die verschiedenen Figuren dann ein paar Tage später gegenseitig noch einmal.

Da wir uns jetzt am Sternhimmel auskannten, durften wir in Zweiergruppen die Nachtwanderung leiten. Uns wurde eine Gruppe der anderen Akademieteilnehmer zugeteilt, mit der wir dann in einer Nacht die Sterne beobachtet haben, in der der Himmel besonders klar war. Mit GPS und Sternkarte ausgerüstet gingen wir zu drei verschiedenen Standorten. Am ersten Ort, einer Wiese, zeigten wir das Sommerdreieck mit speziellen Taschenlampen, deren Strahl so hell war, dass man mit ihm die Form der Sternbilder nachfahren konnte. Das Sommerdreieck wird von drei besonders hellen Sternen gebildet: Vega, Deneb und Atair. Atair liegt im Sternbild Adler, Vega im Sternbild Leier und Deneb ist im Sternbild Schwan zu finden, zu welchem wir auch noch einen Mythos erzählt haben:

Demnach gab es einmal einen Sänger namens

Arion, der wunderschön singen und Leier spielen konnte. Eines Tages wurde er von Seeräubern überfallen, die ihn töten wollten. Er bat sie noch ein letztes Lied singen zu dürfen, und die Seeleute ließen ihn gewähren. Das Lied erinnerte an einen sterbenden Schwan und zog die Seeräuber kurz in einen Bann, so dass Arion ins Meer springen konnte. Auf wundersame Weise landete er auf dem Rücken eines Delfins, der ihn an Land brachte. Zur Erinnerung erhoben die Götter Arions Leier, den Delfin und einen Schwan an den Himmel.

Am nächsten Ort, ebenfalls einer großen Wiese, konnte man gut den Polarstern, sowie den Großen und Kleinen Wagen sehen. Auch hier erzählten wir wieder einen Mythos: Kallisto, eine wunderschöne Nymphe, begegnete im Wald der Jagdgöttin Artemis inmitten ihrer Gefährtinnen. Kallisto bat Artemis, sie begleiten zu dürfen, da sie so bezaubert von Artemis Schönheit war. „Du kannst gerne mit uns kommen. Doch musst du geloben, mit niemandem zu sprechen außer mit mir oder meinen Freundinnen“, antwortete ihr Artemis. Kallisto willigte ein und schloss sich voller Freude der Schar an. Eines Tages verirrte sich Kallisto ganz alleine im Wald und wurde von Zeus bemerkt, der sich sofort in sie verliebte. Um ihr näher zu kommen, nahm der listige Gott die Gestalt von Artemis an. Zunächst hielt Kallisto ihn tatsächlich für Artemis, bemerkte sein falsches Spiel jedoch nach kurzer Zeit. Doch der Gott ließ sich nicht zurückweisen und so geschah es, dass Kallisto einige Zeit später ein Kind erwartete. Aus Angst vor Artemis versteckte sie sich tief im Wald. Nach dem zehnten Vollmond brachte sie einen Sohn zur Welt, dem sie den Namen Arkas gab. Hera, die Gemahlin des Zeus, hatte alles beobachtet, und nach der Geburt des Kindes spürte sie Kallisto im Wald auf und verwandelte sie in eine große Bärin. Von da an wanderte sie einsam in den Wäldern umher. Zwei Frauen, die den Säugling Arkas fanden, nahmen ihn zu sich und zogen ihn auf. Fünfzehn Jahre vergingen, und Arkas war zu einem kräftigen Jüngling herangewachsen. Eines Tages ging er in den Wald und traf auf eine große Bärin. Sie hatte ein Junges, das sie in der Zwischenzeit geboren hatte, an ihrer Seite. Tief in ihrem Herzen erkannte Kallisto ihren

Sohn Arkas, doch dieser fürchtete sich vor der Bärin. Er holte mit seiner Keule aus und wollte zuschlagen – da verhinderte der allwissende Zeus das Unglück. Voller Mitleid erhob er alle Beteiligten zusammen als Sternbilder an den nördlichen Himmel.

Am Endpunkt der Nachtwanderung warteten Caro, Dominik und Georg mit großen Teleskopen auf uns. Durch das eine Teleskop konnte jeder von uns den Kugelsternhaufen M13 sehen, der im Sternbild Herkules liegt, durch das andere Teleskop sahen wir den Cirrusnebel, ein Überrest einer Supernova.

Der Cirrusnebel

KATRIN GENG

Nach Ankündigung unserer Kursleiter trafen wir uns abends noch einmal im Kursraum, gespannt und voller Vorfreude auf die nächste tolle Idee, die Caro, Dominik und Ronja hatten und die wir gemeinsam durchführen konnten, obwohl wir eigentlich aufgrund des anstrengenden Akademiealltags sehr müde waren. Und zwar wollten wir den Cirrusnebel nicht nur anschauen, sondern ein Bild mit einem Teleskop machen: unser eigenes Foto eines Supernovaüberrests.

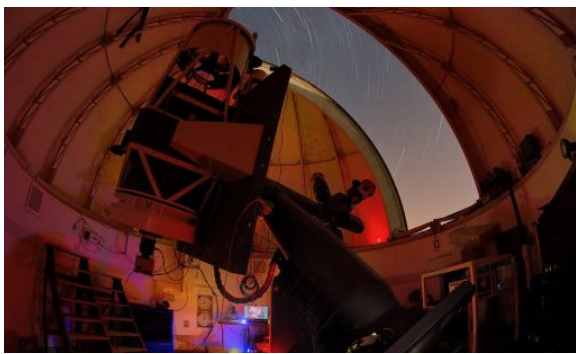


Das 1,93 m-Teleskop am Observatoire de Haute Provence bei Nacht. Foto: Jens Hackmann

Da es an diesem Abend in Adelsheim allerdings bewölkt war, haben wir das ROTAT-Teleskop der Stiftung Interaktive Astronomie und Astrophysik verwendet, das am Observatoire de Haute Provence in Südfrankreich steht. Das Gelände befindet sich etwas nördlich des kleinen Ortes Saint-Michel-l'Observatoire. Der

Standort eignet sich besonders gut, weil dort das Wetter oft gut, also die Nächte klar sind und die Beobachtungen nicht durch Lichter einer Stadt gestört werden, da das Gelände abseits größerer Ortschaften liegt. Mit dem 1,93 m Teleskop auf diesem Gelände wurde im Jahr 1995 der erste Stern mit einem eigenem Planetensystem entdeckt.

ROTAT besteht aus einem großen Spiegelteleskop mit einem Durchmesser von 60 cm. Parallel dazu ist ein kleineres Linsenteleskop mit 10 cm Durchmesser angebracht, mit dem wir gearbeitet haben. ROTAT lässt sich über das Internet steuern, das heißt man kann es einfach über den Computer von jedem beliebigen Ort aus bedienen. Die Möglichkeit Teleskope fernsteuern zu können, ist auch für die professionelle Astronomie wichtig.

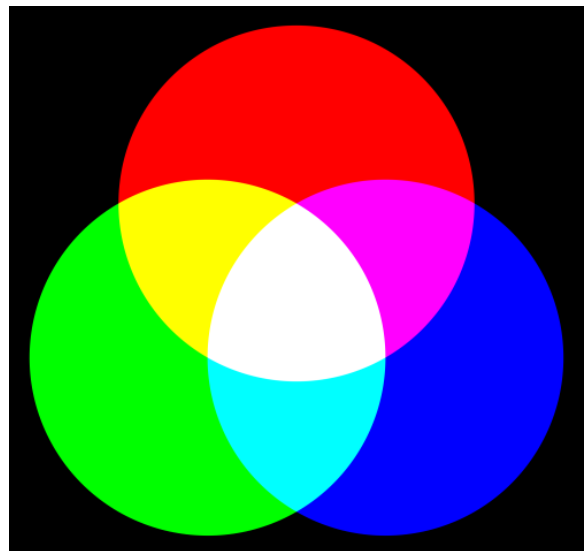


Das ROTAT-Teleskop in Betrieb. Foto: Jens Hackmann

Der Zugang zu dem Programm, mit dem man das Teleskop bedient, ist allerdings durch ein Passwort gesichert und man braucht eine Ausbildung um die Teleskope selbst steuern zu dürfen. Nachdem man seine Zugangsdaten eingegeben hat, stellt man die Himmelskoordinaten des Objekts ein, das man beobachten will, und das Teleskop fährt an die entsprechende Himmelsposition. Es gibt für den Himmel ähnlich wie für die Erde ein Koordinatensystem, bei dem man nicht Längen- und Breitengrade hat, sondern Rektaszension und Deklination. In unserem Fall war unser zu beobachtendes Objekt der Cirrusnebel, ein Supernovaüberrest im Sternbild Schwan, also die auseinanderstrebende Gaswolke eines vor ca. 18 000 Jahren explodierten Sterns. Der Cirrusnebel befindet sich ca. 1500 Lichtjahre von uns entfernt und

hat eine scheinbare Ausdehnung von 230×160 Bogenminuten, was ungefähr 40 mal der Scheibe des Vollmondes entspricht.

Man kann mit dem Teleskop kein direktes Farbbild machen, sondern nur Schwarzweißaufnahmen. Jedoch kann man mit verschiedenen Farbfiltern die Farbinformation für das Bild erhalten, und das funktioniert so: Wenn man rotes, grünes und blaues Licht addiert, entsteht weißes Licht. Dies wird beim Fotografieren mit dem Teleskop ausgenutzt, indem man nacheinander rote, grüne und blaue Filter vor die Kamera schiebt. Die Filter sind der Reihe nach in einer Scheibe angeordnet, die sich mit einem Motor drehen lässt. Dabei war bei diesem Teleskop die Schwierigkeit, dass die Filter nicht so angeordnet waren wie am Computer angegeben, also zum Beispiel grün statt rot. Caro und Dominik wussten aber, welche Filterfarbe im Computerprogramm wie bezeichnet wird.



Das Prinzip der additiven Farbmischung. Grafik: CC-BY-SA/Wikipedia-Nutzer Quark67

Trotz der Müdigkeit waren alle noch fasziniert davon, wie das Teleskop und das Steuerprogramm funktionieren und freuten sich auf das hoffentlich gute Bild, das wir selbst erarbeitet haben. Wir durften die Aufnahme selbst starten und haben nach Anleitung von Caro und Dominik erst zehn Minuten mit dem roten Filter belichtet und dann das Bild gespeichert. Dann haben wir ebenfalls zehn Minuten mit dem grünen Filter belichtet und dasselbe noch-

mal mit dem blauen Filter. Das Lustige war, dass uns beim Fotografieren mit dem grünen Filter ein Flugzeug durchs Bild geflogen ist, was die Kamera natürlich auch aufgenommen hat und nun auf dem Bild als grüner Strich schräg übers Bild sichtbar ist. Nach dem Fotografieren mit den Farbfiltern haben wir auch noch ein Dunkelbild gemacht, das ist eine Aufnahme mit geschlossenem Objektivdeckel. Das dient dazu, Störsignale, die die Kamera aufnimmt, sowie die kaputten Pixel aufzuzeichnen, damit man sie danach von den Bildern abziehen kann und ein reines Bild hat. Die Bilder, aufgenommen mit den verschiedenen Farbfiltern, haben wir dann übereinandergelegt, zusammengeschnitten und noch bearbeitet, bis der leichte Grünstich nicht mehr zu sehen war.



Unser Cirrusnebel-Bild

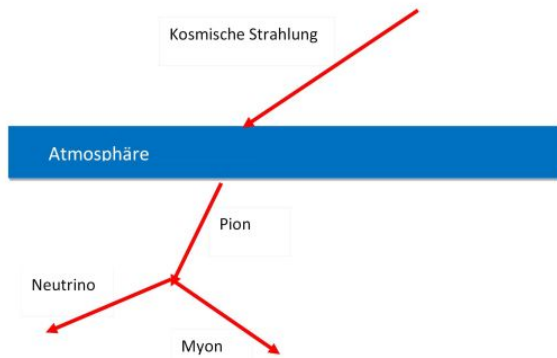
Mit unserem Ergebnis sind wir mehr als zufrieden und sind auch froh, dass uns eine Verschiebung der Nachtruhe trotz Müdigkeit gestattet wurde. Wir haben gemeinsam ein tolles und echt einfach mega krasses Bild des Cirrusnebels mit dem Teleskop in Frankreich gemacht, auf dem man die beiden auseinandertreibenden bunten Nebel-„Kreisstücke“ richtig gut erkennen kann und auf das wir echt stolz sind.

Die kosmische Strahlung

JOHANNES PFAFF

Bei einer Supernova bleibt am Schluss nicht nur ein Supernovaüberrest übrig, sondern es werden beim Absprengen der äußeren Sternenhülle auch jede Menge Teilchen beschleunigt. Diese beschleunigten Teilchen werden als kosmische Strahlung bezeichnet. Die kosmische Strahlung entsteht bei jeder Supernova im ganzen Universum, sie durchzieht daher den ganzen Kosmos. Die kosmische Strahlung besteht zum größten Teil aus Protonen, Elektronen (Elementarteilchen, also nicht mehr weiter teilbare Teilchen) und vollständig ionisierten Atomen, also Atomkernen. Die kosmische Strahlung gelangt jedoch nicht bis zum Erdboden, denn die Erdatmosphäre schützt uns davor. Allerdings zerstört die kosmische Strahlung Atome in der Atmosphäre, sie „zerfetzt“ die Atome regelrecht. Was von den Atomen übrig bleibt, sind sogenannte Sekundärteilchen, darunter auch das Pion, ein Teilchen aus der Gruppe der Hadronen. Das Pion hat allerdings nur eine sehr kurze Halbwertszeit und zerfällt schnell in ein Neutrino und in ein Myon. Auch dieses Myon hat im Ruhezustand eine so kurze Halbwertszeit, dass es zerfallen würde, noch bevor es den Erdboden erreicht und dort gemessen werden kann. Da sich Myonen aber fast mit Lichtgeschwindigkeit bewegen, greift nach Albert Einstein die Zeitdilatation, die besagt, dass die Zeit für schnell bewegte Objekte langsamer vergeht. Dadurch wird es möglich, dass Myonen den Erdboden noch vor dem Zerfall erreichen und dort gemessen werden können. Zugleich ist diese Messung ein Beweis für die spezielle Relativitätstheorie.

Doch wie oben bereits erwähnt, wird die kosmische Strahlung von unserer Erdatmosphäre abgeschirmt und es kommt fast nichts bei uns am Erdboden an. Das ist ansich sehr gut, denn die kosmische Strahlung ist hochgradig schädlich für Lebewesen. So zählen zum Beispiel Piloten zur Gruppe der beruflich strahlenexponierten Personen. Für Astronomen, die die kosmische Strahlung messen wollen, ist die abschirmende Erdatmosphäre allerdings sehr hinderlich. Doch es gibt verschiedene Möglichkeiten, wie man die kosmische Strahlung am



Schema zur Entstehung der Myonen aus der kosmischen Strahlung

Erdboden trotzdem messen kann. Man kann zum einen ein Messgerät, zum Beispiel mit einem Flugzeug, in die Höhe bringen und die Strahlenbelastung in Abhängigkeit zur Flughöhe im Steigflug bestimmen. Vorgemacht hat dies der österreichische Wissenschaftler Victor Hess, indem er mit einem Fesselballon auf 5000 m aufstieg.



Viktor Hess in seinem Ballon

Die Myonkanne

MARKUS WEIGELT

Man kann diese kosmische Strahlung aber auch über ihre Sekundärteilchen, wie zum Beispiel die Myonen, nachweisen, wofür wir eine Myonkanne gebaut haben. Da die Sekundärteilchen nicht so einfach nachzuweisen sind, haben wir uns den Effekt des relativ bekannten Tscherenkow-Lichtes (zum Beispiel als blaues Leuchten in den Abklingbecken von Kernreaktoren sichtbar) zu nutze gemacht. Doch wie kommt es zu diesem ominösen blauen Leuchten? Tscherenkow-Licht entsteht, wenn sich geladene Teilchen mit einer Geschwindigkeit durch ein Medium bewegen, die größer ist als die Geschwindigkeit des Lichts in diesem Medium. Laut Albert Einstein kann sich aber nichts schneller als Licht bewegen, oder? Einstein bezog sich bei dieser Aussage jedoch auf die Geschwindigkeit des Lichts im Vakuum von etwa 300 000 000 m/s. In einem Medium wie Luft oder Wasser ist die Lichtgeschwindigkeit geringer, so beträgt die Lichtgeschwindigkeit im Wasser zum Beispiel nur etwa 225 000 000 m/s, wodurch unsere energiereichen Myonen im Wasser schneller sein können als das Licht. Auf ihrem Weg durch das Medium polarisieren schnelle Teilchen (wie in unserem Fall die Myonen) kurzzeitig die angrenzenden Atome, die dann Licht aussenden – einen zum Überschallknall analogen „Überlichtblitz“ – das Tscherenkow-Licht.

Unsere Myonkanne haben wir im Werkraum des Landesschulzentrums für Umwelterziehung zusammengebaut, wo wir auch mit schwerem Gerät an die Arbeit gingen, um zum Beispiel ein Loch in den Deckel der Kanne zu bohren oder Holzblöcke für die Befestigung des Detektors zuzusägen. Zum Einsatz kam eine handelsübliche Thermoskanne, auf die wir zuerst einen Lichtwellenleiter montierten, der mit unserem Detektor verbunden war, einem sehr lichtempfindlichen Halbleiterchip.

Diesen stellten wir in eine schwarz ausgekleidete Kupferbox, um Licht und Strahlung von außerhalb abzuschirmen, was unsere Messergebnisse stören könnte. Zur Abschirmung störender Untergrundstrahlung verwendeten wir eine dicke Eisenplatte. Anschließend schlossen



Der Detektor



Der fertige Aufbau

wir den Detektor an ein Oszilloskop an, das die unterschiedlichen elektrischen Signale des Detektors über einen bestimmten Zeitraum grafisch darstellt.



Der Detektor auf der Kanne in der Box

Leider gab es einige Schwierigkeiten (unter anderem wurde der Lichtwellenleiter beschädigt), so dass wir ein wenig herumbasteln mussten. Wir entschieden uns dann dafür, den Detektor direkt auf die Kanne zu setzen und das ganze mit Panzertape lichtdicht zu verschließen. Schlussendlich hatten wir dann aber die fertige Myonkanne. Im Inneren der Kanne werden nun die Lichtimpulse des Tscherenkow-Lichts durch die Verspiegelung der Thermoskanne reflektiert und anschließend von unserem Detektor gemessen. Die gemessenen Impulse werden dann an das Oszilloskop gesendet, das diese aufzeichnet und grafisch darstellt.

Auf dem Bildschirm des Oszilloskop kann man auf den ersten Blick nur eine durchgehende horizontale Linie sehen. Wenn man genauer hinschaut, erkennt man „Gezappel“, kleinere

vertikale Ausschläge, den Untergrund. Man kann jedoch auch vereinzelt größere Ausschläge beobachten, das sind dann die energiereichen Myonen. Um dies zu beweisen, haben wir eine Messung mit und ohne Wasser in der Kanne durchgeführt und konnten dann feststellen, dass wir mit Wasser in der Kanne mehr Ereignisse messen konnten als ohne Wasser. Somit können wir sagen, dass die mit Wasser gemessenen Ereignisse mit großer Wahrscheinlichkeit unsere Myonen sind. Desweiteren haben wir auch draußen und in zwei unterschiedlichen Gebäudestockwerken gemessen, im Astronomie-raum und im Keller. So wollten wir feststellen, ob es zwischen den verschiedenen Stockwerken und draußen einen Unterschied gibt. Soetwas wäre möglich gewesen, da die energiereichen Myonen zwar eine hohe Durchdringungskraft besitzen, aber von dem Beton in den Wänden aufgehalten werden können. Dies war in unserem Fall aber nicht so, da sich die Messergebnisse zwischen verschiedenen Stockwerken nur sehr gering unterscheiden:

- Kanne ohne Wasser: 3,2 Ereignisse alle 10 Minuten
- Kanne mit Wasser (Werkraum im Keller): 8,8 Ereignisse alle 10 Minuten
- Kanne mit Wasser (draußen): 8,6 Ereignisse alle 10 Minuten

Abschließend lässt sich sagen, dass die Myonkanne ein gelungenes und auch spannendes Experiment war und auch sehr gut funktioniert hat. Dominik und Caro haben unsere Myonkanne in ihrem Gesamtaufbau dann sogar auf der Lehrerfortbildung der Jahrestagung der Astro-

nomischen Gesellschaft in Tübingen gezeigt und vorgestellt.

Dosimetermessungen

NIKLAS MERK

Ein weiteres Experiment unseres Kurses waren die Dosimetermessungen. Zu Beginn dieses Experiments wollten wir herausfinden, ob die Aktivität der radioaktiven Untergrundstrahlung durch die zusätzliche Abschirmung des uns bei diesem Experiment umgebenden Gebäudes verringert wird. Danach haben wir die Ergebnisse mit unseren Messungen außerhalb des Gebäudes verglichen, um daraus Schlussfolgerungen zur Abschirmung zu ziehen.

Zuerst noch eine kurze Beschreibung unseres Versuchsaufbaus: Wir haben sowohl draußen als auch drinnen jeweils drei Dosimeter aufgestellt, die die Aktivität der radioaktiven Hintergrundstrahlung messen sollten, die uns tagtäglich umgibt.



Messung mit dem Dosimeter

Aktivität heißt in diesem Fall die Zahl der radioaktiven Zerfälle pro Sekunde und wird nor-

malerweise in Becquerel angegeben (1 Becquerel (Bq) = 1 Zerfall/Sekunde). Wir haben dann jeweils über einen Zeitraum von 52 Minuten die Aktivität messen lassen. Unsere Ergebnisse werden in der folgenden Tabelle zusammengefasst:

	Draußen	Drinnen
Messgerät 1	2000 Zerfälle (0,641 Bq)	2033 Zerfälle (0,652 Bq)
Messgerät 2	1915 Zerfälle (0,614 Bq)	2040 Zerfälle (0,654 Bq)
Messgerät 3	2594 Zerfälle (0,831 Bq)	2028 Zerfälle (0,650 Bq)
Mittelwert	2170 Zerfälle (0,695 Bq)	2034 Zerfälle (0,652 Bq)

Dosimetermessungen der natürlichen Radioaktivität

Die Abweichung bei dem draußen gelegenen Gerät Nr. 3 wollten wir in Zusammenarbeit mit den Mathematikern analysieren. Leider hat die Zeit dafür nicht mehr ausgereicht und wir mussten auf die statistische Analyse verzichten. Einer der Gründe für die Abweichung bei unserer Messung ist vermutlich, dass dieses Dosimeter unter der Tischtennisplatte lag, die aus Beton besteht. Dieser Beton könnte leichte Verunreinigungen durch radioaktives Gestein enthalten. Wie man den Messwerten ebenfalls entnehmen kann, ist die Abweichung zwischen der durchschnittlichen Aktivität im äußeren Bereich und der Aktivität im Gebäude nicht sonderlich groß. Daraus folgt, dass sowohl drinnen als auch draußen ungefähr die gleiche Aktivität an radioaktiver Strahlung herrscht.

Wichtig ist aber natürlich, dass die von uns gemessene Aktivität im normalen und vollkommen ungefährlichen Bereich liegt. Nach dem nuklearen Unglück von Tschernobyl herrschte in einem relativ großen Gebiet beispielsweise eine ca. 61 000 Mal höhere Aktivität. Bei der Einstufung der Gefahr durch radioaktive Strahlung spielt aber nicht nur die Aktivität, sondern auch die Dosis eine Rolle. Die Dosis ist die Energie, welche ein Kilogramm des Präparats abgibt. Sie wird in Gray gemessen (1 Gray = 1 Joule/Kilogramm), doch leider hatten wir nicht die Möglichkeit die Strahlungsdosis zu messen.

Gammaspektrometerversuche

LUCIA EBERL

Wir wollten aber nicht nur allgemein die radioaktive Untergrundstrahlung messen, sondern auch von bestimmten Proben, deswegen sind wir ausgerüstet mit Dosimetern in den Wald gegangen. Wir waren auf der Suche nach Dingen, die vielleicht ein wenig mehr strahlen als die Umgebung. Voll bepackt kamen wir zurück: Wir hatten Pilze, etwas Erde, einen Stein aber auch ein paar Beeren dabei.



Unsere Proben aus dem Wald

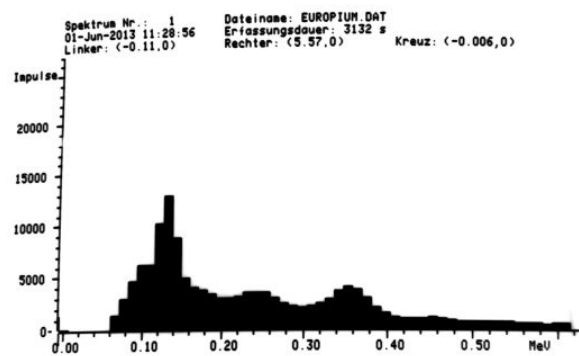
Um die Strahlung genauer zu messen, haben wir ein Gammaspektrometer verwendet, das im LSZU II steht. Von außen sieht man am Gammaspektrometer nur rote Bleiziegel, die die Aufgabe haben, möglichst viel von der Untergrundstrahlung abzuhalten. Innen ist ein Hohlraum, in dem sich das Messgerät und die Probe befinden. Mit dem Gammaspektrometer kann man die Strahlung radioaktiver Präparate sehr genau untersuchen. Es misst nicht nur die Anzahl der Zerfallsimpulse, sondern auch die Energie der ankommenden Strahlung.

Aus diesen Messungen entsteht ein Spektrum, also ein Diagramm, auf dessen x-Achse die Energie der Photonen in Megaelektronenvolt (MeV) und vertikal die Anzahl der Impulse bei dieser Energie aufgetragen sind. Ein Megaelektronenvolt ist eine Energieeinheit, mit der man die Energien von sehr kleinen Teilchen angibt, da diese meist sehr niedrig sind. Um die Energieskala, also die x-Achse, zu kalibrieren, mussten wir zuerst eine Eichmessung mit Europium-137



Das Gammaspektrometer

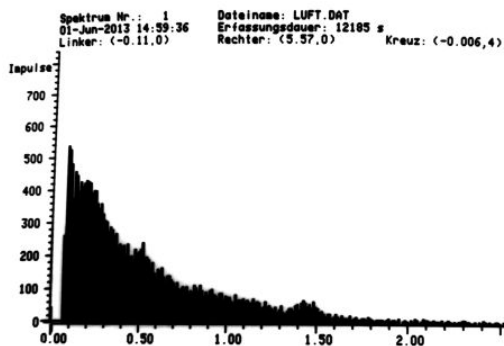
vornehmen. Europium ist ein radioaktives Element, das sich als Salz in Wasser lösen lässt. Es hat den Vorteil, dass sein Spektrum deutliche Ausschläge zeigt, die sogenannten Spektrallinien. Die Energiewerte dieser Spektrallinien sind sehr gut bekannt.



Gammaspektrum von Europium

Zunächst mussten wir die gesammelten Proben in kleinere Stücke schneiden, so dass sie in die Probenbehälter des Gammaspektrometers passten. Um aus den Messungen der Proben keine falschen Schlüsse zu ziehen, haben wir danach eine Untergrundmessung durchgeführt.

Dazu haben wir das Spektrum eines leeren Probendöschens aufgenommen, um die Strahlung von außerhalb zu vermessen, die man bei jeder Messung zusätzlich hat. Dieses Spektrum wird von den Spektren der Proben abgezogen, um deren tatsächliche Strahlung herauszufiltern. Nun kamen wir zur eigentlichen Messung der Proben. Der Reihe nach wurden die Proben, die wir schon in Döschen gepackt hatten, gemessen. Da unsere gesammelten Proben nicht stark gestrahlt haben, mussten wir sie mehrere Stunden, teilweise auch über Nacht, in dem Gammaskpektrometer lassen, um überhaupt ein aussagekräftiges Spektrum zu erhalten.



Spektrum der Untergrundmessung über Nacht

Am Spektrum der Untergrundstrahlung kann man erkennen, dass ähnlich wie bei Europium bei bestimmten Energiemengen mehr Impulse von unserem Messgerät registriert wurden, wir sehen also auch hier Spektrallinien. Von diesen kann man nun mit dem steinalten Computer, der an das Gammaskpektrometer angeschlossen ist, den Schwerpunkt berechnen, also die genaue Energie, bei der die meisten Impulse angekommen sind. Da jedes Element seine typischen Spektrallinien hat, kann man sich diese wie den Fingerabdruck des jeweiligen Elements vorstellen. Somit kann man mit ihnen herausfinden, welche radioaktiven Elemente in der Probe vorhanden sind.

Wenn man die anderen Spektren mit der Untergrundmessung vergleicht, stellt man fest, dass sie fast identisch aussehen. Das heißt, dass die meisten Zerfälle, die von dem Gammaskpektrometer registriert wurden, nicht von einer radioaktiven Belastung der jeweiligen Probe stammen, sondern aus der Umgebung, also zum



Bei der Messung

Beispiel von den Bleiklötzen, aus der Wand oder aus der Erde.

	Luft	Erde	Pilze	Steine
Co-57/Hf-181	—	—	0,13	—
Ru-97/U-235	0,20	0,22	0,19	0,22
Th-208	0,52	0,51	0,52	0,49
Ka-40	1,43	1,46	1,45	1,45
Th-208	—	2,62	—	—

Schwerpunktsenergien vermessener Spektrallinien in MeV und Zuordnung zu radioaktiven Isotopen

Bei den Schwerpunkten im Bereich von 0,192 bis 0,223 MeV lässt sich nicht eindeutig sagen, von welchem Element diese stammen, da es mehrere Elemente gibt, die in diesem Bereich strahlen. Unsere Proben sind jedenfalls nicht gefährlich, da sie wie fast alles in unserer Umgebung nur wenig strahlen. Ihre Radioaktivität liegt weit unterhalb der Stärke, die gefährlich für uns werden kann.

Rotation

ANN-KATHRIN GELMROTH

Natürlich wollen wir unseren neu erarbeiteten Stoff auch allen anderen Akademieteilnehmern vorstellen und ihnen zeigen, was wir Tolles gemacht haben. Dazu diente nach der Hälfte der Akademie die Rotation. Das Wort Rotation kommt aus dem Lateinischen und bedeutet Drehung. Die Mitglieder der Kurse wurden in 4 Gruppen à 3 Schüler unterteilt. Diese prä-

sentierten den Teilnehmern der anderen Kurse ihre erarbeiteten Ergebnisse. Dabei rotierten wir einmal im Kreis, also durch jeden Kurs, so dass jeder einen Eindruck von den anderen Kursen der Akademie bekam. Wir präsentierten unsere Projekte in Form einer PowerPoint-Präsentation, die wir vorher gemeinsam erstellt hatten. Es wurden die bisherigen Ergebnisse, Leistungen, aber auch Probleme vorgestellt und jeder Kurs gab noch einen kleinen Ausblick, welche Themen noch folgen werden. Bei der ganzen Rotation konnten wir unsere Präsentationskenntnisse verbessern und unser Wissen über den Kursinhalt prüfen, da meist auch knifflige Fragen gestellt wurden.

Versuche mit radioaktiven Strahlern

LISA MUTSCHLER

Der Tag fing an wie jeder andere hier in der Akademie, doch als wir uns unserem Kursraum näherten, merkten wir, dass irgendetwas anders war. Die Gänge, die unserem Kursraum führten waren voll gepflastert mit Radioaktivitätsschildern und die Tür unseres Kursraums war sogar mit rot-weißem Sperrband versiegelt. Aber wie wir nachher feststellten, ist die Akademie nicht durch einen Unfall mit radioaktiven Stoffen verseucht worden, unsere Kursleiter wollten mit uns „nur“ Versuche mit radioaktiven Präparaten durchführen. Dazu durften natürlich nicht unsere stylischen Strahlenschutzanzüge, Mundschutz, Schutzbrille, Einweghandschuhe und Fußüberzieher fehlen!

Alles ordnungsgemäß angezogen, sind wir erstmal quer durchs Forum gelaufen, um andere Akademiebewohner zu erschrecken. Als wir wieder in unserem Kursraum ankamen, wurden wir in den Umgang mit radioaktiv strahlenden Stoffen eingewiesen. Auch das Geheimnis um die Metallbox in der Mitte des Raumes wurde gelüftet: Dabei kamen Probenbehälter mit den radioaktiven Materialien Strontium-90, Americium-241, Radium-226 und Kobalt-60 zum Vorschein, ebenso wie ein Stein, dessen Herkunft und Zusammensetzung uns unbekannt waren. Als Messgeräte hatten wir unsere Dosimeter und als Hilfsmittel verschiedene



Unsere Ausrüstung um uns erfolgreich vor radioaktiven Strahlen zu schützen

abschirmende Materialien: Holz, Metall, eine Flasche mit Wasser, einen Mundschutz wie wir selber sie verwendeten, ein Blatt Papier, Plastik, Alufolie, ein grünes Blatt, Panzertape, eine Stofftasche, einen 1 cm dicken Stapel Papier, eine leere Flasche und einen Bleiklotz vom Gammaskpektrometer. Unser Auftrag war es herauszufinden welche dieser Materialien die radioaktiven Strahlen der verschiedenen Präparate am besten absorbieren. Außerdem wollten wir über den Vergleich der Ergebnisse schlussfolgern, welche Präparate welche Strahlung ausstrahlen.



Das Geheimnis um den Metallkasten wird gelüftet, natürlich messen wir sofort mit unseren Dosimetern die Strahlung

Die Materialien schirmen radioaktive Strahlen in folgender Reihenfolge ab: Blei am stärksten, dann Metall, Holz, die Wasserflasche, der

	Sr	Am	Ra	Co
Holz	0,13	0,50	0,02	1,14
Metall	0,04	0,03	—	1
Wasserflasche	0,04	0,19	0,02	—
Mundschutz	0,67	—	0,06	—
Papier	0,89	0,34	0,08	—
Plastik	0,98	—	0,13	—
Alufolie	0,92	0,83	0,77	—
grünes Blatt	0,72	—	—	—
Panzertape	0,86	—	0,44	—
Stofftasche	0,6	—	—	—
1 cm Papier	—	0,39	—	—
leere Flasche	—	0,97	—	—
Bleiklotz	—	—	—	0,33

Abschirmung radioaktiver Strahlung bei Sr-90, Am-241, Ra-226 und Co-60. Die Zahlen geben das Verhältnis von abgeschirmter zu unabgeschirmter Zählrate an

Mundschutz, Papier und am wenigsten Plastik/Alufolie/Panzertape.

Über das Tonsignal des Dosimeters konnten wir auf Anhieb erkennen, dass die radioaktiven Präparate unterschiedlich starke Strahlung aussenden. Kobalt-60 strahlt beispielsweise stärker als die anderen Präparate. Selbst durch Blei hindurch lässt sich seine Strahlung nicht komplett abschirmen. Daraus konnten wir schließen, dass es sich dabei möglicherweise um einen Beta- oder Gammastrahler handelt. Radium-226 und Americium-241 scheinen Alphastrahler zu sein, da deren Strahlung durch Papier, Alufolie etc. fast vollkommen verschluckt wird. Die radioaktive Strahlung des Strontium-90-Präparats kann durch Papier nur wenig abgeschirmt werden, demnach wäre es ein Betastrahler.

Anhand der durchgeführten Versuche haben wir schnell festgestellt, dass es unterschiedliche Strahlungsarten gibt. Das kommt dadurch dass es in unserem Universum instabile Elemente gibt, welche unter Abgabe von radioaktiver Strahlung zerfallen. Man unterscheidet dabei zwischen 3 verschiedenen radioaktiven Strahlungsarten.

- α -Strahlung: Der Kern solcher strahlenden Stoffe sendet doppelt positiv geladene Heliumkerne bestehend aus zwei Neutronen und zwei Protonen aus. Das wird nun als

α -Strahlung bezeichnet und kann bereits durch ein Blatt Papier/einen Karton abgeschirmt werden, da die Durchdringlichkeit dieser Art der Strahlung nicht besonders groß ist.

- β -Strahlung: Der Kern solcher strahlenden Stoffe sendet Elektronen aus (negative Ladung), was als β -Strahlung bezeichnet wird und durch Karton, Blech, Mauern etc. abgeschirmt werden kann.
- γ -Strahlung: Stoffe, welche elektromagnetische Strahlung aussenden (bzw. kurzwelliges, energiereiches Licht). Durch die starke Durchdringlichkeit dieser Strahlung reichen nicht einmal dicke Bleiklotze um sie abzuschirmen.

Damit wissen wir, dass die Strahlenintensität von α - zu β -Strahlung zunimmt. Zusätzlich stellte sich uns dann noch die Frage wie der Abstand zur Strahlungsquelle deren Intensität beeinflusst. Dazu benutzten wir die Präparate Strontium-90, Americium-241 und Radium-226 von unserem vorherigem Experiment und stellten die Dosimeter in unterschiedlichen Abständen dazu auf.



Ein Team bei der Abstandmessung

Erkennen konnten wir bei diesem Experiment, dass sich die Strahlenintensität der radioaktiven Stoffe mit größer werdendem Abstand verkleinert. Wieder zu sehen ist, dass die Präparate unterschiedlich stark strahlen, was mit ihrer Strahlungsart zusammenhängt. Daraus konnten wir schließen, dass Abstand zur Strahlungsquelle halten wohl die beste Abschirmung

Abstand	Sr-90	Am-241	Ra-226
1 cm	—	353	642,5
3 cm	—	122	—
4 cm	—	100	—
5 cm	—	83	—
6 cm	—	65	—
7 cm	—	46	—
8 cm	—	36	—
9 cm	—	28	—
10 cm	135,2	23	226,3
15 cm	—	9,5	—
20 cm	—	6	47,7
30 cm	—	4	—
40 cm	—	2,5	8,2
50 cm	6,48	—	—
60 cm	—	1	3,1
70 cm	—	—	1,7
80 cm	—	1	1,6
90 cm	—	—	1,4
1 m	1	1	1

Abstandsmessungen. Die Zahlen sind relativ zur gemessenen Rate bei 100 Zentimetern Abstand angegeben.

ist, da dadurch die Strahlung verteilt bzw. abgeschwächt wird.

Um unser Ergebnisse mit allgemein bekannten Fakten zu vergleichen hier noch ein paar Informationen zu den Präparaten:

Strontium-90 (Sr-90)

- ist ein radioaktives Isotop von Strontium
- besitzt eine Halbwertszeit von 29 Jahren
- ist ein Betastrahler
- ist eines der häufigsten Spaltprodukte (also ein durch Kernspaltung entstandenes Nuklid) überhaupt

Americium-241 (Am-241)

- ist ein radioaktives Isotop von Americium
- besitzt eine Halbwertszeit von 432,2 Jahren
- ist ein Alphastrahler
- wird in Ionisationsrauchmeldern eingesetzt

Kobalt 60 (Co-60)

- Halbwertszeit von 5,27 Jahren

- Gammastrahlungsquelle (wird für Konservierung von Lebensmitteln verwendet)
- Gewinnung von Co-60 ausschließlich künstlich durch Neutronenaktivierung aus Co-59

Radium 226 (Ra-226)

- ist ein natürliches radioaktives Nuklid
- ist ein Alphastrahler

Der rätselhafte Stein

JULE HINTZ

In unserem nächsten Experiment haben wir den bereits erwähnten Stein näher untersucht. Auch bei diesem Versuch trugen wir Schutzanzüge, Schutzbrillen und Atemmasken. Mit dem Dosimeter stellten wir fest, dass der Stein vergleichsweise stark radioaktiv strahlt, wodurch er für uns erst interessant wurde. Wir waren alle sehr gespannt zu erfahren, was es mit dem Stein auf sich hat und haben überlegt, welche Methoden wir anwenden könnten, um mehr über den Stein zu erfahren.

Wir wussten nicht, welche Elemente im ominösen Stein enthalten sind, hatten aber die Vermutung, dass es sich um Uranerz handeln könnte, weil Uran in der ehemaligen DDR gezielt abgebaut wurde. Daher führten wir zunächst einen Versuch durch, bei dem wir den Stein durch verschiedene Gegenstände abgeschirmt haben. In einer bestimmten Entfernung vom Stein haben wir dann ein Dosimeter aufgestellt, das den Strahlenwert gemessen hat, genau wie wir es mit den radioaktiven Präparaten gemacht haben. Zum Einsatz kamen Holz, Metall, Plastik und ein grünes Blatt.

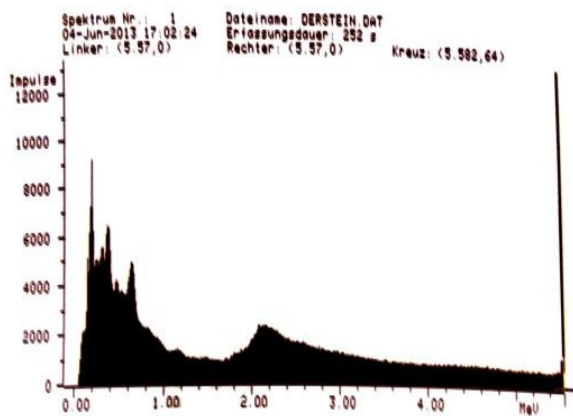
Durch diesen Versuch wollten wir herausfinden, von welchen Gegenständen die radioaktive Strahlung des Steins am besten abgeschirmt wird. Die Spannung stieg, als die Werte in einer Tabelle auf die Tafel geschrieben wurden.

Um sicher zu gehen, dass wir nicht ungenau gemessen haben und unsere Annahme zu bestätigen, haben wir noch das Gammaskpektrometer im LSZU II genutzt, um ein Spektrum der Energien des Steins zu erstellen. Wir hatten viel Freude daran, den uralten Computer entsprechend zu programmieren. Beim Betrachten des

Holz	Metall	Plastik	grünes Blatt
0,18	0,17	1,19	1,28

Abschirmung der Strahlung des Stein für verschiedene Materialien. Die Zahlen geben das Verhältnis von abgeschirmter zu unabgeschirmter Zählrate an. Dass die Strahlung für Plastik und das grüne Blatt höher als ohne Abschirmung ist, liegt wahrscheinlich an Messschwankungen.

Spektrums haben wir dann schnell die starke Ähnlichkeit mit dem von Radium-226 bemerkt. Da Radium-226 ein Zerfallsprodukt von Uran-238 ist, das sich im Stein ansammeln konnte, haben wir den Schluss gezogen, dass es sich bei dem Stein tatsächlich um Uranerz handelt.



Das Spektrum des Steins

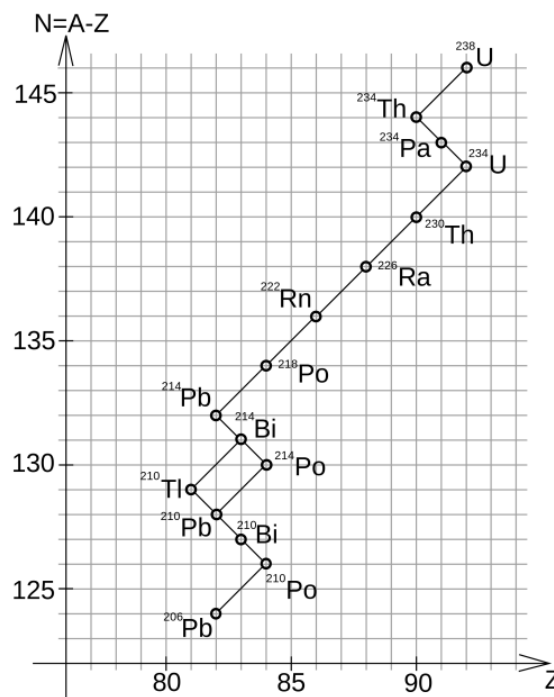
Die Zerfallsreihe veranschaulicht, über welche Isotope Uran-238 zu Blei zerfällt. Ein α -Zerfall findet statt, wenn Kernladungszahl und Neutronenanzahl jeweils um zwei abnehmen. Wenn die Kernladungszahl um eins zunimmt und die Neutronenanzahl um eins abnimmt liegt ein β -Zerfall vor.

Alle waren sehr erstaunt wie viel wir durch diese Versuche über den Stein herausfinden konnten.

Exkursion zum Flugplatz Schlierstadt

FLORIAN MANDL

Unser letzter Versuch vereint Radioaktivität und kosmische Strahlung. Dazu waren wir auf



Die Zerfallsreihe von Uran-238. Grafik: Public Domain/Wikipedia-Nutzer Pajs

dem Sportflugplatz bei Schlierstadt, um die kosmische Strahlung in unterschiedlichen Höhen mit zwei Dosimetern in einem Flugzeug zu messen. Wir trafen uns in der Nachmittagskursschiene und wurden dann, ohne zu wissen, wo es hingehet, von Theo, Carolin und Dominik zum 15 Minuten entfernten Flugplatz bei Schlierstadt gefahren. Nico, der Sportmentor, und Daniel, einer der Leiter des Physikkurses, kamen auch mit.

Am Flugplatz angekommen wurden wir zuerst von Andy Boss begrüßt. Er ist der Chef und Pilot der an diesem Flugplatz ansässigen Southsidebase, einem Unternehmen, das Fallschirmsprünge anbietet. Zur Messung der kosmischen Höhenstrahlung wollten wir ihm zwei Dosimeter mitgeben. Alle 1000 Höhenmeter sollte er die Werte aufschreiben, die die Dosimeter anzeigen. Nico und Daniel sollten mitfliegen, um die Richtigkeit der Messwerte sicherzustellen. Außerdem wollten die beiden in Begleitung eines erfahrenen Springers tandemspringen.

Während Nico und Daniel die nötigen Formulare ausfüllten, bekamen wir von Carolin und Dominik Ferngläser zur Verfügung gestellt, um

das Flugzeug und die Fallschirmspringer besser beobachten zu können, jedoch unter der strikten Anweisung im Schatten zu bleiben, denn ein Blick mit dem Fernglas in die Sonne, und unsere Augen wären irreparabel geschädigt gewesen. Während wir warteten, hielt ein Eiswagen am Flugplatz, und wir bekamen von unseren Kursleitern ein Eis spendiert.

Danach bestimmten wir mit unseren drei Dosimetern zuerst den durchschnittlichen Messwert am Boden, um einen Vergleichswert zu den Luftmessungen zu bekommen. Anschließend durften wir zum Flugzeug, um es uns näher anzuschauen. Andy Boss erklärte uns, dass es sich um eine einmotorige Propellermaschine vom Typ Pilatus Porter mit Gasturbine handelte, und wir durften uns sogar in das Flugzeug hineinsetzen! Nun konnten wir uns vorstellen, wie eng es für Springer mit ihrem Fallschirm sein musste, denn es war auch jetzt schon eng. Nach dieser Besichtigung machten wir mehrere Fotos mit Nico und Daniel in ihren Overalls, die sie für ihren Sprung anziehen mussten.



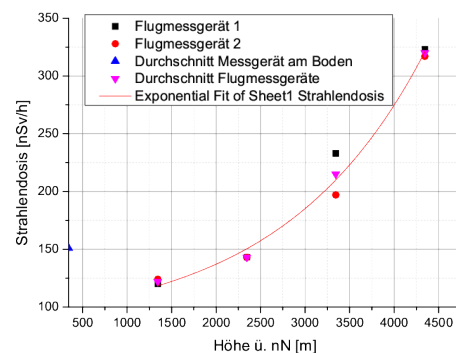
Der Astrokurs im Flugzeug

Nun ging es los. Das Flugzeug startete und drehte mehrere Runden, um an Höhe zu gewinnen. Währenddessen schrieben wir am Boden alle 5 Minuten die Messwerte des einen Dosimeters auf, das am Boden blieb. Nach ungefähr 10 Minuten sprang jemand aus ca. 3000 Metern Höhe.

Danach setzte das Flugzeug seinen Steigflug noch fünf Minuten fort. Fast direkt über dem Flugplatz sprangen Nico und Daniel nun aus dem Flugzeug, und wir beobachteten gebannt ihren Fall und Flug, von dem wir auch viele Bilder schossen. Als das Flugzeug kurze Zeit

später wieder gelandet war, bekamen wir die Messwerte vom Piloten.

Wir verabschiedeten uns und beobachteten, wie das Flugzeug in den Hangar geschoben wurde. Der Hangar wäre eigentlich zu klein, aber durch ein ausgeklügeltes System passte es millimetergenau. Schlussendlich wurden wir wieder zurück zum LSZU gefahren und aßen zu Abend.



Gemessene Strahlendosis in Abhängigkeit von der Höhe

Am nächsten Morgen werteten wir die Messergebnisse aus und erstellten ein Diagramm, das die Referenzmessung am Boden, die Messungen im Flugzeug und die Flugstrecke sowie die Flughöhe enthält. Das Flugzeug flog eine Strecke von insgesamt 60 Kilometern und erreichte dabei eine maximale Höhe von 4100 Metern.

Die Strahlungswerte waren am Boden leicht erhöht, sanken dann wieder ein wenig und stiegen ab etwa 1300 Metern stark an. Das liegt daran, dass aus dem Boden radioaktives Radon aufsteigt und so in Bodennähe eine erhöhte Strahlung erzeugt. Steigt man jedoch noch höher hinauf, wird der Einfluss des Radons immer schwächer.

Die Strahlungsintensität in größerer Höhe erhöht sich dagegen exponentiell, da nun die kosmische Strahlung wirken kann. Grund dafür ist die mit zunehmender Höhe immer dünner werdende Erdatmosphäre. Wir haben also erfolgreich den Versuch von Viktor Hess von vor 100 Jahren wiederholt. Diese Exkursion war mein absolutes Highlight der Akademie.

Exkursion ans Max-Planck-Institut für Kernphysik

CHRISTOPH GRUNDKE

Unsere zweite Exkursion führte uns zum Max-Planck-Institut für Kernphysik in Heidelberg, weil sich das MPIK wie wir auch mit der Erforschung kosmischer Strahlung beschäftigt. Nach dem Frühstück sind wir zusammen mit den Mathematikern und Physikern mit dem Bus nach Heidelberg gefahren.

Am MPIK angekommen, wurden wir von Bernd Feuerstein, dem Leiter der Öffentlichkeitsarbeit des MPIK, begrüßt und zu einem Vortragsraum gebracht. Dort erklärte uns Herr Feuerstein das Tätigkeitsfeld des MPIK. Dieses umfasst zwei Hauptthemengebiete, nämlich die Astroteilchenphysik, bestehend aus Hochenergie-Astrophysik, Teilchen- und Astroteilchenphysik sowie die Quantendynamik mit den Schwerpunkten gespeicherte und gekühlte Ionen, theoretische Quantendynamik, Quantenelektrodynamik und experimentelle Mehrteilchen-Quantendynamik.

Nach dem interessanten Vortrag wurde unser Kurs in zwei Gruppen aufgeteilt und von Herrn Feuerstein und seiner Kollegin Gertrud Hönes durch das Institut geführt. Während der Führung wurde uns H.E.S.S., das High-Energy Stereoscopic System, näher erklärt. H.E.S.S. dient dazu, Gammastrahlung von Himmelsobjekten nachzuweisen. Wenn die Gammateilchen auf die Erdatmosphäre auftreffen, erzeugen sie eine Lawine von Elektronen und Positronen, die Tscherenkow-Licht auslösen. Diesen Lichtblitz können die Teleskope von H.E.S.S. wahrnehmen. Da sie in einem bestimmten Abstand zueinander stehen, können sie zusätzlich auch noch den Ursprung der Gammastrahlung bestimmen, da man den Lichtblitz aus verschiedenen Blickwinkeln sieht, wodurch dieser von jedem Teleskop etwas anders dargestellt wird. Mithilfe eines Computerprogramms wird dann der Schnittpunkt der einzelnen Bilder berechnet, der dem Ursprungspunkt der Gammastrahlung entspricht. Zur Veranschaulichung dieses Vorgangs stand am MPIK auch ein maßstabsgetreues Modell der H.E.S.S.-Anlage. An diesem Modell konnte man selber mittels eines beweg-

lichen leuchtenden Glasstabs die Richtung der Gammastrahlung einstellen. Mit Hilfe von in die Teleskop-Modelle eingebauten Webcams konnten wir dann Aufnahmen machen. Ein einfaches Computerprogramm hat dann aus den Bildern die Orientierung des Glasstabes berechnet.



Die H.E.S.S.-Anlage in Namibia. Foto: CC-BY-SA/Wikipedia-Nutzer Christian99

Anschließend haben wir uns den Prototypen einer Kamera angesehen, von der ähnliche Modelle bei H.E.S.S. eingesetzt werden, und uns ihr Funktion erklären lassen. Eine solche Kamera besteht aus ca. 1000 bis 2000 Photomultipliern (sehr empfindliche Lichtsensoren) und hat einen Durchmesser von 1,4 bis 2,30 m. Eine solche Kamera wirkt wenn man vor ihr steht sehr imposant und entspricht nicht wirklich dem Bild einer klassischen Kamera, wie zum Beispiel bei einer Spiegelreflexkamera. Zusätzlich bekamen wir Einblick in ein weiteres Forschungsgebiet, in dem es um die Zerlegung von Molekülen mittels Laserbeschuss ging.

Anschließend haben wir in der Kantine (in der das Essen für eine Kantine recht gut ist) auf dem Gelände des EMBL (European Molecular Biology Laboratory) zu Mittag gegessen. Dort steht auch ein interessantes Gebäude, das Advanced Training Centre ATC des EMBL, das nach der Struktur der DNA gebaut wurde. Nach dem Essen haben wir uns zu Fuß auf den Weg nach Heidelberg gemacht. Dabei kamen wir an einem alten Aussichtsturm vorbei.

Von der Spitze dieses Turmes konnte man Teile des Rheintals überblicken. In der Stadt angekommen, hatten wir 1 1/2 Stunden zur freien



Eine unserer Gruppen vor Konstruktionszeichnungen von H.E.S.S

Verfügung, in denen wir shoppen gehen oder uns ausruhen konnten. Anschließend sind wir zum Bus gelaufen, wo wir noch auf die verspäteten Mathematiker warten mussten. Danach sind wir zurück nach Adelsheim gefahren. Nachdem wir dann von der Exkursion zurück waren, hatten wir aber noch einige anstrengende und arbeitsreiche Tage vor uns, da die Abschlusspräsentation noch anstand und wir diese noch vorbereiten mussten.

Abschlusspräsentation

ANN-KATHRIN GELMROTH

Die Abschlusspräsentation lief analog zur Rotation ab, da wir wieder in unseren Dreiergruppen präsentieren durften. Es gab jedoch einen großen Unterschied. Wir teilten unseren Kursinhalt nicht nur den anderen Teilnehmern und Leitern mit, sondern auch den anwesenden Eltern, ehemaligen Kursteilnehmern, sowie den Förderern der Akademie, die sich für die Themen der Akademie interessierten.

Die Abschlusspräsentation fand am vorletzten Tag statt und war für die Öffentlichkeit zugänglich. Folglich war die Aufregung bei uns Kursteilnehmern sehr groß. Doch nach den beruhigenden und aufbauenden Worten unserer Leiter und unserer Schülermentorin waren wir uns sicher, dass wir auch die Abschlusspräsentation meistern würden.

Zur Einleitung zeigten wir Bilder der letzten zwei Wochen, damit die Zuhörer einen Ein-



Zuhörer bei der Abschlusspräsentation

druck von uns und unseren Aktivitäten bekommen. Nachdem alle Besucher einen Platz fanden, wurde das Thema und die Gliederung der Präsentation vorgestellt. Jeder Präsentierende übernahm einen Themenblock und am Ende gab es für die Anwesenden die Gelegenheit, Fragen zu stellen. Es wurden viele Fragen gestellt und wir hatten den Eindruck, dass sich die Zuhörer für unser Thema interessierten. Am Ende waren wir erleichtert, dass alles so gut geklappt hatte.

Schluss

RONJA GEPPERT

So gingen zwei wunderbare, aber auch anstrengende Wochen zu Ende. Wir werden diese schöne Zeit, geprägt durch die krasse Atmosphäre in unserem Kursraum sicherlich nie vergessen und um die entstandenen Freundschaften weiterhin aufrecht zu erhalten, sind schon erste Nachtreffen geplant!



Kurs 2 – Chemie: Forschung für unsere Gesundheit



Einleitung

JUDITH GERNERT

GEBRAUCHSINFORMATION:

Information für den Anwender

Chemiekurs 2013[®], Lektüre zum Einnehmen

Konzentration:

15 Vollblutchemiker/Science Academy 2013

Wirkstoffe:

William, Marvin, Miriam, Jennifer, Tobias, Rebecca, Julian, Laura, Annika, Niklas, Mikail, Johanna, Stefan, Jana, Judith

- Lesen Sie die gesamte Packungsbeilage sorgfältig durch, bevor Sie mit der Einnahme dieser Lektüre beginnen.
- Heben Sie die Packungsbeilage auf. Vielleicht möchten Sie diese später nochmals lesen.
- Wenn eine der aufgeführten Nebenwirkungen Sie erheblich beeinträchtigt oder Sie Ne-

benwirkungen bemerken, die nicht in dieser Gebrauchsinformation angegeben sind, informieren Sie bitte ihren Arzt oder Apotheker.

1. Was ist Chemiekurs 2013[®] und wofür wird es angewendet?

Chemiekurs 2013[®] ist eine homogene Gruppe zwölf junger Chemiker in den besten Jahren inklusive ihrer drei (re)aktionsfreudigen Kursleiter, die sich zum ersten Mal im Juni 2013 in Adelsheim traf. Die Chemie untereinander stimmte von Anfang an und so konnte bereits am Eröffnungswochenende mit dem gemeinsamen Forschungsprojekt über das mysteriöse Geheimnis um die Synthese von ASS, Paracetamol, Methyloorange und Nifedipin begonnen werden. Zwei unvergessliche Wochen in den Sommerferien folgten, in denen nicht nur mit rauchenden Köpfen über Strukturfor-

meln, Synthesegleichungen gebrütet und Tee gebrüht, sondern auch im Labor selbst Hand angelegt wurde. Dass die Adelsheimer Luft von Spaß und unvergesslichen Momenten übersättigt war, ließ sich unschwer an unserem Stimmungsbarometer erkennen, der sich seit Akademiebeginn nahezu im Dauerausschlag befand. Möglicherweise hat auch das „Lachgas“ in unserem Kursraum zu dieser besonderen Atmosphäre beigetragen. Denn gute Laune wurde von jedem einzelnen Teilnehmer versprüht.

2. Welche Nebenwirkungen sind bei der Einnahme von Chemiekurs 2013® möglich?

- Bei der Anwendung von Chemiekurs 2013® wird gelegentlich die Lachmuskulatur überansprucht. :-)
- Suchtpotential wird aus eigener Erfahrung bestätigt.

3. Wenn Sie die Einnahme von Chemiekurs 2013® vergessen haben ...

... dann sollten Sie dies nun unbedingt unverzüglich nachholen – im Sinne der Forschung für ihre Gesundheit!

Judith Die Starfotografin (oder Paparazzi, wie mans nimmt;-) ließ ihre Spiegelreflexkamera nicht aus der Hand und verfolgte uns auf Schritt und Tritt durch die Akademie. Ihre lustigsten und peinlichsten Bilder präsentierte sie an unserer einzigartigen Fotowand. Ihre Kreativität und ihr Einfallsreichtum brachte uns reichlich Lachstoff.

Stefan Unser Computerfreak <3 (auch wenn er Nachhilfe in der Kunst der Desktopordnung seines Laptops gut brauchen könnte) konnte auch die schwierigsten Strukturformeln mühelos zeichnen. Dabei blieb er immer ruhig und war gut gelaunt. Er scheute wegen uns keine Überstunden und brachte auch die langweiligste Theorie spannend rüber.

Jana Sie ist wahrhaftig die beste Kuchenbäckerin und Pralinenkonditorin und versorgte uns reichlich mit Raffaellos und anderem Gebäck. Liebe künftige Kursleiter, bitte nehmt euch ein Vorbild an Jana Brüßler!

Sie ist immer gut organisiert und gut gelaunt, egal wie oft wir versehentlich den besonders hübschen, auffälligen roten (!) Notausknopf gedrückt haben.

William Am Anfang war er noch recht schüchtern und ruhig, aber dann schlüpfte er aus seinem goldenen Kokon und entpuppte sich als Linuxhassender, Synthesevorschriftbefolgender Ken, der eine sehr ansteckende Lache hat. Mit seinen einzigartigen Kommentaren und hoffnungslosen Musikgeschmack ... William sein Name!

Marvin Der ruhige (jedoch nie schnarchende), zum Glück Grammatik beherrschende Marvin hat's nicht nur im Kurs voll drauf, sondern auch seine sehr männliche T-Shirt Kollektion hat Stil.

Johanna Als unsere „muscle-woman“ (zurückzuführen auf die vielen Lachanfälle, die sie leider erleiden musste), war JoRocko für jeden Spaß zu haben. Egal ob im Kurs oder beim Zumba, unsere sich ständig am Teetisch bedienende Johanna war immer gut drauf!

Miriam Miriam brachte uns mit ihrer natürlichen Art und ihre Blicken immer zum Lachen. Wenn sie nicht im Kurs arbeitete, in der Kantine aß oder im Bett schlief, so fand man sie gewiss auf dem Sportplatz.

Niklas Unser Narben-Mann – oder auch das Känguru genannt – war immer elektrophil! Zum Glück konnten wir ihn davon abhalten, seine Finger in die Steckdose zu stecken ('tschuldigung, das war jetzt erfunden). Jede Zelle seines Körpers ist glücklich! Unser Mr. Perfect, wir hoffen du verzeihst uns, falls dies nicht hundertprozentig deine perfektionistischen Erwartungen erfüllt!

Mikail Produktbezeichnung: Mozart 2.0. Seit dem legendären Hausmusikabend steht fest: Mikail wird berühmt. Unser Pianist mit der Lockenpracht ist ein sehr ausgewogener Mensch, der immer zur richtigen Zeit am richtigen Ort ist.

Rebecca Klein, aber oho ... das bewies sie uns immer wieder mit ihrem starken Stimorgan. Damit brachte sie selbst in den aufregtesten Momenten immer Stille in

den Raum. Mit ihrer freundlichen und witzigen Art hatten wir immer viel Spaß im Raum.

Annika Annika hatte im Kurs immer den Überblick, selbst nach Dutzenden fehlgeschlagenen DC-Versuchen behielt sie stets die Ruhe. Sie hat voll den coolen WhatsApp-Status. Ihre kreative Art hat viel dazu beigetragen unseren Kurs lustig zu gestalten.

Jennifer Während der Akademie lernten wir Jennifer als freundlich und hilfsbereit kennen. Jeden Morgen kam sie gut gelaunt und entspannt zum Kurs. Ohne sie wäre in unserem Kurs nichts los gewesen, da sie die ganze Energie aus ihrer Meditation schöpfte.

Tobias Tobi, der „Größte“ aus unserem Kurs, lachte immer mit und konnte sich prima selbst unterhalten. Man muss aber wissen, dass das mit dem Seilhüpfen nicht so gut klappt, weil er sich sehr leicht verheddert und sich dann verletzen könnte. Mit unserem Sunnyboy hatten wir immer mega viel Spaß. Danke!

Laura Laura Gonzalez, jeden Morgen kam sie mit einem knackigen Apfel in den Kurs. Ihr spanisches Temperament machte sie zu einer tollen Kumpanin. Unser Pikki war immer gut drauf. Und nach endlosen Lachflashes hat sie jetzt bestimmt einen mega Sixpack.

Julian Good morning ladies and gentlemen, today we want to introduce you Julian Harrison-Wirth. In der Tanz-KüA gab er stets alles und auch im Kurs war er immer hilfsbereit.

Laborsicherheit

MARVIN KREFT

In unserem Leben hat die Sicherheit des Menschen hohe Priorität. So auch in einem Chemielabor, in dem vieles passieren kann, worauf man in einem Notfall nicht vorbereitet ist. Damit so etwas nicht geschieht, muss man nur wenige Regeln beachten, die einen schützen und einem auch das Leben retten können. Weil

das Alles, wie am Anfang erwähnt, eine wichtige Rolle spielt, haben wir dieses Thema schon am ersten Abend behandelt. Bevor überhaupt mit Chemikalien und Gerätschaften gearbeitet wird, muss die Schutzbrille aufgesetzt werden, um die Augen vor Säuren oder Ähnlichem zu schützen. Seine eigene hat dann auch jeder bei unserem Ausflug zu „Merck“ erhalten. Ein Laborkittel, der die gleiche Funktion hat muss auch getragen werden. Außerdem sollten lange Haare zusammengebunden werden, damit, falls mit einem Gasbrenner gearbeitet wird, diese vor den Flammen geschützt sind. Bei Benutzung von ätzenden Chemikalien sind zudem Handschuhe empfehlenswert, um die Haut vor diesen Substanzen zu schützen. Sollte es doch aus irgendeinem Grund zu einem Notfall kommen müssen folgende Punkte eingehalten werden: Bei Verunreinigung der Augen muss schnellstmöglich die nächste Augendusche aufgesucht und benutzt werden, welche durch ein grünes Schild gekennzeichnet ist. Bei einem Personenbrand gilt es, sofort den Kittel ausziehen bzw. sich direkt unter eine Notdusche zu stellen, um Verbrennungen zu vermeiden. Diese Notdusche ist ebenfalls durch ein grünes Schild markiert und kam glücklicherweise, wie auch die Augendusche, bei unseren vielen Versuchen nicht zum Einsatz. Bei einem etwas größeren Brand sind dann zum einen die Feuerlöcher und zum anderen der Löschsand und die Löschdecke zur Hand zu nehmen. Ist danach dennoch der Brand nicht gelöscht, muss das Zimmer geräumt und die Feuerwehr zur Hilfe gerufen werden. Beim Wählen der 112 ist es wichtig, dass man möglichst genau auf die Fragen der Leitstelle eingeht.

Damit auch die Laboranten wissen, mit welchen Stoffen sie es zu tun haben und welche Auswirkungen diese haben können, gibt es Gefahrensymbole, die die Eigenschaften der Chemikalien kennzeichnen. Darunter gibt es giftige (T) und sehr giftige (T+), brandfördernde (O), umweltgefährdende (N), reizende (Xi) und ätzende (C) sowie explosionsgefährliche (E) Stoffe. Zu den jeweiligen Symbolen gibt es auch Kürzel, die hier in den Klammern stehen. Inzwischen wurden weltweit gleiche und neue Symbole eingeführt. Allerdings unterscheiden diese sich nicht sehr von den alten Symbolen.

Am Ende des ganzen Versuchs bzw. beim Verlassen des Labors, muss alles fachgerecht verstaut, aufgeräumt und entsorgt werden. Beherrscht man diese Regeln und Vorschriften, ist ein ziemlich reibungsloser und sicherer Laboraufenthalt möglich. Dennoch ist jeder selbst für sein Handeln verantwortlich.

Kleine Einführung in die Organische Chemie

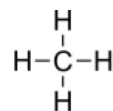
JOHANNA RETTENMEIER

Die organische Chemie ist die Chemie der Kohlenwasserstoffe. Da der Kohlenstoff vier Außenelektronen hat, geht er in der Regel vier Bindungen ein. Typisch für Kohlenstoff sind deswegen die vielen verschiedenen Verbindungen, die er eingehen kann. So kann er z. B. sehr lange, aber auch verzweigte Verbindungen bilden. Dabei gibt es unterschiedliche Stoffgruppen:

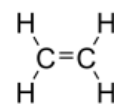
Bei den Alkanen sind die C-Atome immer mit einer Einfachbindung aneinander gebunden und an den anderen zwei (wenn der Kohlenstoff in einer Kette ist) bzw. drei (wenn ein Kohlenstoff am Ende einer Kette ist) Außenelektronen binden sie ein Wasserstoffatom. So entsteht die homologe Reihe der Alkane.

Wenn in einem Kohlenwasserstoffmolekül eine oder mehrere Doppelbindungen vorkommen so nennt man sie Alkene. Sie haben ähnliche Namen wie die Alkane, nur enden sie statt auf -an auf -en. Ein Beispiel ist Ethen.

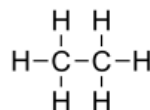
Wenn die Kohlenstoffe untereinander eine Dreifachbindung eingehen, so spricht man von Alkinen (z. B. Ethin). Alle Alkine haben die Endung -in. Alkane, die die gleiche Anzahl an Kohlenstoffen besitzen, aber verzweigt sind, nennt man Isomere. Zum Beispiel gibt es das normale Butan (n-Butan) und das Isobutan. Beides mal haben wir eine Summenformel von C_4H_{10} , jedoch sind die Kohlenstoffe beim n-Butan in einer langen Kette angeordnet und beim Isobutan verzweigt. Wenn sich die Kohlenstoffe ringförmig anordnen, so spricht man von Cycloalkanen/-enen/-inen. Ein Beispiel hierfür ist das Cyclohexan.



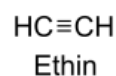
Methan



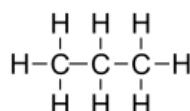
Ethen



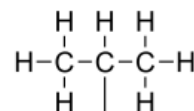
Ethan



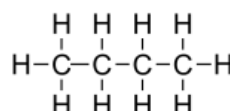
Ethin



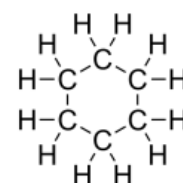
Propan



Isobutan



Butan



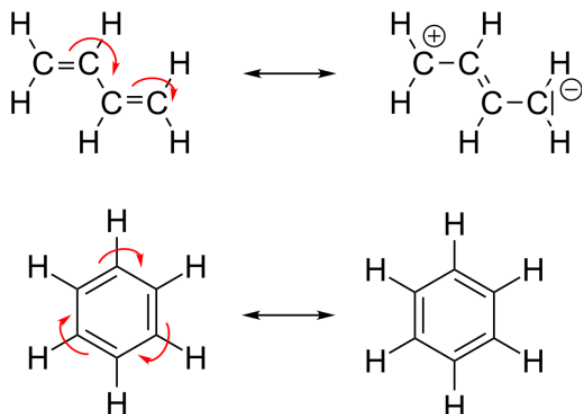
Cyclohexan

Mesomerie

Bei manchen Molekülen können wir die Elektronenverteilung nicht genau bestimmen, da man sie nicht eindeutig einem Atom oder einer Atomgruppe zuordnen kann. Zum Beispiel sieht man auf der Abbildung 1,3-Butadien. Hier kann es sein, dass die π -Elektronen (das zweite-Paar an Bindungselektronen) der ersten Bindung auf die mittlere Bindung umklappen. Jetzt müssen die π -Elektronen der letzten Bindung auch verschoben werden, da sonst der dritte Kohlenstoff fünf Bindungen hätte, was auf Grund des Atommodells nicht möglich ist. Also klappen diese auf das dritte Kohlenstoffatom.

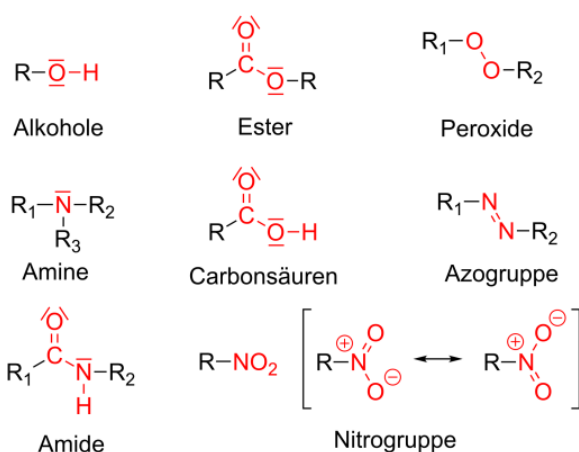
Umso mehr mesomere Grenzformeln ein Molekül bilden kann, umso stabiler ist es, da es seine Elektronen umlagern kann und es nicht zu einem lokalen Elektronenüberschuss kommt, was eine Instabilität zur Folge hätte. Wenn ein ringförmiges Molekül eine bestimmte Anzahl an Wasser- und Kohlenstoffatomen hat und vollständig durchkonjugierbar ist, wird es Aromat genannt. Ein Beispiel hierfür ist der Benzolring: ein Ring mit sechs Kohlenstoffen und sechs Wasserstoffen, wobei die Kohlenstoffe immer abwechselnd mit einer Einfach- bzw. Dop-

pelbindung gebunden sind. Die π -Elektronen können so immer zwischen den verschiedenen Möglichkeiten hin- und herklappen. Die Elektronen sind sozusagen über den ganzen Ring „verschmiert“.



Funktionelle Gruppen

Funktionelle Gruppen hängen sich an ein Alkan/-en/-in anstelle eines H-Atoms bzw. sie ersetzen ein Wasserstoffatom davon. Sie prägen die Eigenschaften und das Reaktionsverhalten von Molekülen entscheidend. Es gibt sehr viele verschiedene funktionelle Gruppen. Ich werde hier aber nur die vorstellen, die wir brauchen, um die von uns hergestellten Stoffe Paracetamol und ASS sowie Nifedipin und Methylorange genauer zu betrachten.



Die Hydroxylgruppe der Alkohole: Das R steht hierbei für einen Rest (außer einem H-Atom!). Das kann zum Beispiel eine Kohlenwasserstoffkette sein. An diese sind ein Sauerstoffatom und an dieses wiederum ein Wasserstoffatom

angehängt. Diese Gruppe verleiht dem Molekül polare Eigenschaften was zum Beispiel zur Bildung von Wasserstoffbrücken führen kann, die in der Natur eine entscheidende Rolle spielen können.

In der Gruppe der Amine gibt es verschiedene Untergruppen. Wenn zwei der Reste Wasserstoffatome sind, liegt ein primäres Amin vor. Bei einem Wasserstoff spricht man von einem sekundären Amin und wenn kein Rest ein Wasserstoff ist, dann wird es tertiäres Amin genannt.

Die Amidgruppe besteht aus einem Kohlenstoffatom, an dem sowohl ein Sauerstoffatom mit einer Doppelbindung gebunden ist, als auch ein Stickstoffatom und daran ein Wasserstoffatom. An dem C- und dem N-Atom liegt hierbei je ein Rest an.

Die Estergruppe besteht aus einem Kohlenstoffatom und zwei Sauerstoffatomen, wobei an dem Kohlenstoff und an einem Sauerstoff je ein Rest hängt. Die Carboxygruppe ist der Estergruppe sehr ähnlich: Hier wird für den Rest am C-Atom ein Wasserstoffatom eingesetzt.

Die Nitrogruppe: NO_2 . Hier ist die Position der Doppelbindung nicht sicher feststellbar (siehe Mesomerie). Die Gruppe der Peroxide besteht aus zwei Sauerstoffatomen und je einem Rest daran. Azogruppen bestehen aus zwei mit einer Doppelbindung verbundenen Stickstoffatomen.

Das soll als Theorie genügen, wir fangen mit dem eigentlichen Konsumieren an.

Acetylsalicylsäure

LAURA GONZALEZ, MIRIAM WELSER

Geschichte

Acetyl – Salicyl – Acetyl – Salicyl – Acetyl – Salicyl – Säure! Unser Schlachtruf vom Sportfest hat eine lange Geschichte: Schon in der Antike wusste man von der schmerzlindernden Wirkung der Weide und selbst bei Tieren gibt es Funde, die zeigen, dass jene sich selbst mit Weidenrinde behandeln. Der Grund: Die Weidenrinde enthält Salicylsäure. Der Vater des Chemikers Dr. Felix Hoffmann musste gegen

seine Rheumakrankheit Natriumsalicylat einnehmen. Die Salicylsäure jedoch bringt starke Nebenwirkungen mit sich, weshalb Hoffmann jene durch chemische Modifikation reduzieren wollte.

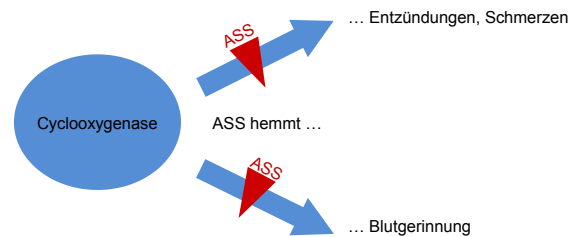
Erstmals wurde die Acetylsalicylsäure (kurz ASS) 1835 von Charles Frédéric Gerhardt hergestellt. Diese war jedoch noch nicht chemisch rein und deshalb auch nicht haltbar. Am 10. August 1897 gelang es schließlich Dr. Felix Hoffmann und Arthur Eichengrün, die ASS zum ersten Mal in chemisch reiner und stabiler Form zu synthetisieren. Heute gilt allein Felix Hoffmann als Erfinder. Schon eineinhalb Jahre später, am 6. März 1899 kam die Acetylsalicylsäure unter dem Namen „Aspirin“ von der Firma Bayer auf den Markt. Der Name leitet sich vom Echten Mädesüß, einem salicylhaltigen Rosengewächs, ab. Zu Beginn wurde es als Pulver verkauft, doch bereits um das Jahr 1900 in Tabletten gepresst. Heute ist die Acetylsalicylsäure auch oft in Kombination mit anderen Wirkstoffen erhältlich und ist eines der am häufigsten verwendeten Schmerzmittel. Erst 1971 wurde der Wirkungsmechanismus entdeckt und auch heute wird noch an der ASS geforscht.

Pharmakologie

Das Wort Pharmakologie kommt aus dem Griechischen und ist die Wissenschaft der Wechselwirkung zwischen Lebewesen und Stoffen. Was genau macht aber Acetylsalicylsäure, auch kurz ASS genannt, im Körper? Gute Frage, denn man sollte ja wissen bei welchen Schmerzen man dieses Schmerzmittel einnehmen kann. ASS hemmt die Cyclooxygenase (Moleküle, die verschiedene Botenstoffe herstellen), weshalb die Botenstoffproduktion reduziert wird, sodass Schmerzen nachlassen, Entzündungen zurückgehen und die Blutungsneigung steigt.

Der Wirkungsmechanismus von ASS funktioniert nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip. Hier entspricht die Cyclooxygenase dem Schloss und das ASS dem Schlüssel. Wenn man Acetylsalicylsäure einnimmt, geht der „Schlüssel“ in das passende „Schloss“. Die Cyclooxygenase wird hierbei irreversibel gehemmt, d. h. dass der „Schlüssel“ im „Schloss“ abbricht. Die Acetylsalicylsäure bleibt zum Teil in der Cyclooxygenase,

weshalb das Protein (aus Aminosäuren aufgebaute biologische Makromoleküle) zerstört wird.



Dabei überträgt die Acetylsalicylsäure bei der Hemmung einen Acetylrest auf einen Aminosäurerest kurz vor dem aktiven Zentrum. Dadurch kann dieses aktive Zentrum nicht mehr erreicht werden, und das Protein wird dauerhaft deaktiviert.

Auch auf den Blutplättchen (Thrombozyten) ist die Cyclooxygenase wichtig, sie reguliert die Fähigkeit der Blutplättchen zu verklumpen. Die ASS hemmt diesen als Thromboxan-Weg bezeichneten Mechanismus und dadurch auch die Blutgerinnung.

Toxikologie

Die Toxikologie ist die Lehre von den Giftstoffen, den Vergiftungen und deren Behandlung.

Aber was hat die Giftigkeit mit dem „Jahrhundert-Pharmakon“ ASPIRIN® zu tun, dessen Wirkstoff Acetylsalicylsäure ist?

Auch ASS wirkt bei zu hoher Dosierung giftig. Aber wann ist ein Stoff giftig? Die Toxizität (Giftigkeit) eines Stoffes hängt mit der Konzentration des betreffenden Stoffes zusammen. Manche Substanzen wirken in geringen Mengen günstig auf den Körper, können aber in höheren Konzentrationen sehr gefährlich werden. Hier spricht man von der Dosierung. Die Dosierung von Medikamenten steht auf dem Beipackzettel. Die längerfristige Einnahme dieses Schmerzmittels kann zu Schwindel, Übelkeit, eingeschränktem Hörvermögen, Sehstörungen und Ohrensausen führen. Die soeben genannten Nebenwirkungen verschwinden aber wieder, sobald das Medikament ganz abgesetzt oder die Dosis reduziert wird.

Die auf dem Beipackzettel genannte Höchstmenge von ASS liegt bei 4 g pro Tag. Wenn

man diesen Hinweis nicht ernst nimmt, können sogar lebensgefährliche (!) Folgen auftreten. In Lebensgefahr schwebt man, sobald die Einzeldosis von 10 g eingenommen wurde. Der pH-Wert des Körpers verschiebt sich nach unten, und er übersäuert (metabolische Azidose). Man spricht von einer Vergiftung. Erste Beschwerdebilder einer Vergiftung zeigen sich in den ersten zwei Tagen nach der Einnahme. Man bekommt Fieber, einen nachlassenden Appetit, leidet an Gesichtsblassheit, Übelkeit und an Erbrechen. Auch sind erhöhte Leberwerte im Blut messbar und eine gesteigerte Atmung tritt auf, welche schlimmstenfalls zu einer Atemlähmung führen kann.

Ein weiterer und wichtiger Aspekt ist, dass ASS kurzfristig schmerzstillend, aber längerfristig auch „blutverdünnend“ wirkt. Die Bezeichnung „Blutverdünner“ ist irreführend, da dieses Mittel das Blut nicht dünner im Sinne einer geringeren Viskosität (Maß für die Zähflüssigkeit) macht, sondern, dass das Blut langsamer gerinnt. Wegen dieser Nebenwirkung müssen oft operative Eingriffe in Kliniken abgesagt werden, wenn der Patient zuvor ASPIRIN® eingenommen hat. Die Folgen der „Blutverdünnung“ können fatal sein, da die Blutung dann nicht rechtzeitig gestoppt werden kann. Aufgrund dessen kann ein großer Blutverlust zu einem Herzkreislaufschock, zur Bewusstlosigkeit, Unterzuckerung, zu schweren Entgleisungen des Säure-Basen-Haushaltes, zur Gewebezerstörung und letzten Endes auch zum Tod führen.

Toxikologie ist wie oben beschrieben nicht nur die Lehre von Giftstoffen und den Vergiftungen. Auch die Behandlungen von Vergiftungen gehört zur Toxikologie. Wenn keine schnelle ärztliche Therapie erfolgt, so besteht in gut 10 % aller ASS-Vergiftungen die Möglichkeit eines bleibenden Leberschadens, woran wiederum etwa 20 % der Betroffenen versterben. Etwas seltener kann es auch zu Nierenversagen kommen. Man behandelt den Patienten je nach Ausmaß der Vergiftung in einer Intensivstation. In den ersten Stunden nach der Medikamenteneinnahme wird versucht, das Gift über einen Magenschlauch zu entfernen. Auch durch eine medikamentöse Verschiebung des pH-Werts des Urins in den alkalischen Bereich wird die

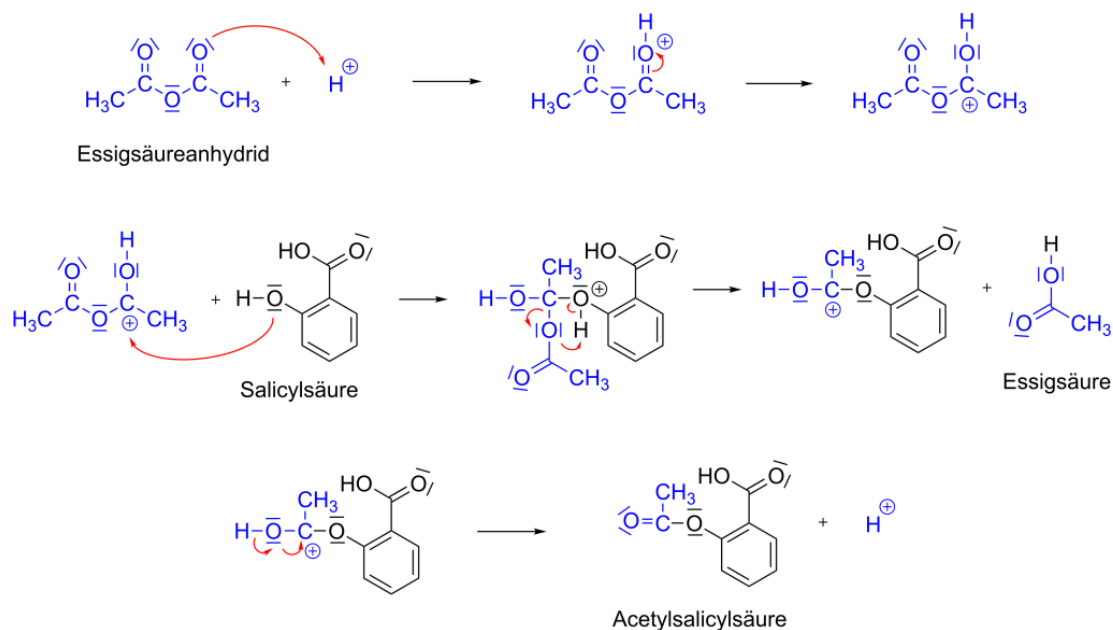
Ausscheidung der ASS gefördert. Weitere Vergiftungserscheinungen werden symptomatisch behandelt, z. B. künstliche Beatmung bei Atemstörungen oder eine Dialyse bei akutem Nierenversagen, d. h. dass das Blut außerhalb des Körpers gereinigt wird.

Synthese

Am Eröffnungswochenende haben wir die Synthese der Acetylsalicylsäure durchgeführt. Der Aufbau sah dabei wie folgt aus: An einem Stativ haben wir einen Dreihalskolben befestigt. Einer der Hälse wurde mit einem Glasstopfen verschlossen und in dem mittleren Hals wurde ein Rückflusskühler angebracht, der dafür sorgen sollte, dass entstandene Gase abgekühlt werden und in flüssiger Form zurück in den Dreihalskolben fließen können. Um die Temperatur der Flüssigkeit zu messen, haben wir ein Thermometer im dritten Hals befestigt. Das Heizgerät wurde auf einen Laborboy gestellt, damit man die Höhe dem Kolben anpassen kann.

Zuerst haben wir 10 g Salicylsäure in den Dreihalskolben gegeben und 20 ml Essigsäureanhydrid mit einer Pipette dazu getropft. Anschließend wurden die beiden Stoffe von uns durch Schwenken des Kolbens vermischt. Sobald nun die 10 Tropfen konzentrierte Schwefelsäure (Sehr Ätzend! Dürfen nur Kursleiter anwenden!), die als Katalysator dient auf die anderen Substanzen traf, begann die Reaktion. Aus weißen bzw. durchsichtigen Ausgangssubstanzen wurde eine bräunliche Flüssigkeit.

Nun musste man den Inhalt des Kolbens für 30 min auf 70–80 °C erhitzen. Danach wurde die Substanz ca. 5 min bei Raumtemperatur abgekühlt und in Wasser gestellt. Sie kühlte schließlich in Eiswasser endgültig ab, wobei sie auskristallisierte. Daraufhin haben wir den Kolbeninhalt abgenutscht. Dabei filterten wir die Kristalle unter Unterdruck durch einen Büchnertrichter mit Hilfe einer Saugflasche, die an eine Wasserstrahlpumpe angeschlossen war, ab. Dazu goss man die Flüssigkeit mit den Kristallen oben in den Büchnertrichter, in dem 2 Filterpapiere lagen. Durch den Unterdruck aus der Wasserstrahlpumpe wird die gesamte Flüssigkeit abgesaugt und die Kristalle bleiben im



Filterkuchen. Während der zwei Wochen in den Sommerferien haben wir die Substanzen erneut umkristallisiert, um sie aufzureinigen, da wir durch verschiedene Nachweismethoden feststellen mussten, dass einige Verunreinigungen enthalten waren.



Natürlich haben wir nicht nur im Labor gearbeitet, sondern auch Theorie gebüffelt, um zu verstehen, was bei den Synthesen im Kolben

überhaupt vorgeht: Bei der Acetylsalicylsäure reagiert zunächst das Essigsäureanhydrid mit einem H^+ -Ion des Katalysators, also der Schwefelsäure. Das freie Elektronenpaar am Sauerstoff geht eine Verbindung mit diesem Ion ein. Dabei entsteht ein Zwischenprodukt, bei dem der Sauerstoff positiv geladen ist.

Da dies chemisch sehr ungünstig ist, klappt ein Elektronenpaar der Doppelbindung zwischen dem Sauerstoff und dem Kohlenstoff zum Sauerstoff. Nun hat zwar der Kohlenstoff eine positive Ladung, was aber immer noch besser ist als ein positiv geladener Sauerstoff. Dieses Zwischenprodukt reagiert nun mit der Salicylsäure. Eines der beiden freien Elektronenpaare am Sauerstoff der Salicylsäure geht eine Verbindung mit dem positiven Kohlenstoff des anderen Moleküls ein. Nachdem der inzwischen positive Sauerstoff das Bindungselektronenpaar zum Wasserstoff zu sich umgeklappt hat, geht der Wasserstoff erneut eine Bindung ein, diesmal mit einem anderen Sauerstoff. Daraufhin spaltet sich Essigsäure von dem großen Molekül ab.

Beim übriggebliebenen Molekül löst der Sauerstoff die Bindung zum Wasserstoff und das Elektronenpaar klappt weiter zu einer Doppelbindung zwischen Sauerstoff und Kohlenstoff. Das Endprodukt Acetylsalicylsäure ist entstanden und der Katalysator wie erwünscht wieder freigesetzt.

Paracetamol

NIKLAS BOLTZ, TOBIAS KAISER

Paracetamol, chemisch *N*-Acetyl-para-aminophenol, ist ein schmerzlindernder und fiebersenkender Arzneistoff aus der Gruppe der Nicht-Opioid-Analgetika. Paracetamolhaltige Medikamente gehören zu den am häufigsten verwendeten Schmerzmitteln auf der Welt.

Geschichte

1878 beschrieb Harmon Northrop Morse erstmals die Herstellung von Paracetamol, als Produkt der Reduktion von *p*-Nitrophenol mit Zink in konzentrierter Essigsäure. Josef von Mering setzte 1887 Paracetamol zum ersten Mal als Medikament ein, dies wurde jedoch von der Öffentlichkeit wenig beachtet. Viel wichtiger wurden dafür Acetanilid und Phenacetin, zwei Substanzen, die mit Paracetamol verwandt sind. Jedoch blieben die neuen Erkenntnisse über Paracetamol als Metabolit der beiden Stoffe weiterhin ohne Aufsehen. Erst nach dem zweiten Weltkrieg, als Bernard B. Brodie und Julius Axelrod 1948 die schmerzlindernde Wirkung von Acetanilid und Phenacetin eindeutig auf Paracetamol zurückführen konnten, schaffte der Wirkstoff den Durchbruch und wurde 1955 erstmals in einem Arzneimittel verwendet. Seit 1956 ist Paracetamol als Tablette mit 500 mg Wirkstoff erhältlich. Zu Beginn war der Arzneistoff rezeptpflichtig, heute ist er in geringen Dosen rezeptfrei erhältlich.

Pharmakologie & Toxikologie

Der genaue Wirkungsmechanismus von Paracetamol ist bis heute nicht geklärt, relativ gesichert sind folgende Annahmen:

Paracetamol wirkt fiebersenkend . . . :

Bei Anwesenheit von Fieber erzeugenden bakteriellen Bestandteilen wird das Cyclooxygenase-2-System (COX-2) vermehrt aktiviert, infolge dessen wird eine größere Menge Prostaglandin (PGE₂) produziert, welches die Thermorezeptoren im Hypothalamus (Zwischenhirn) reizt und somit zur Sollwerterhöhung der Körpertemperatur führt.

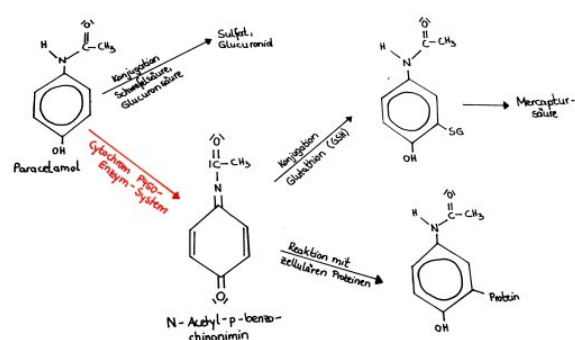
Paracetamol kann als nicht-saures Analgetikum sehr leicht ins Zentrale Nervensystem (ZNS) gelangen, dort die Cyclooxygenase hemmen, und somit Fieber senken.

... **und schmerzlindernd:** Auch hier wird der Effekt auf die COX-Hemmung im ZNS zurückgeführt, da entstehende Prostaglandine die Schmerzrezeptoren sensibilisieren und Paracetamol deren Produktion verringert.

... **nicht entzündungshemmend:** Im Gegensatz zu sauren Analgetika wie z. B. Acetylsalicylsäure wirkt Paracetamol nicht entzündungshemmend, weil keine ausreichende Menge Paracetamol (bei therapeutischer Dosierung) ins entzündete Gewebe gelangt.

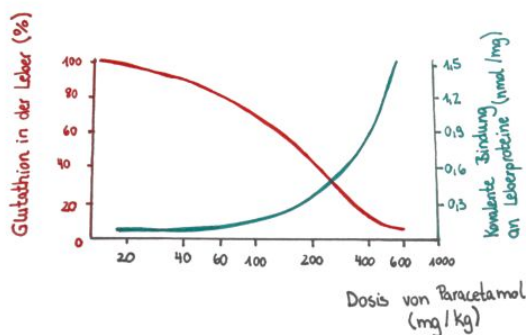
... **nicht gerinnungshemmend:** Das COX-1-System wird nur geringfügig beeinflusst, daher ergeben sich auch keine Auswirkungen auf die Thrombozyten (Blutplättchen) im Gegensatz zur Acetylsalicylsäure.

Paracetamol wird in der Leber abgebaut und wirkt, vor allem bei überhöhter Dosis, leber- und nierentoxisch. Der Großteil wird zu Sulfat und Glucuronid inaktiviert, ein Bruchteil (2 %) wird unverändert ausgeschieden, ein kleiner Teil (4 %) wird über das Cytochrom P-450-Enzym-System abgebaut. Dabei entsteht der hochreaktive Stoff *N*-Acetyl-*p*-benzochinonimin, der normalerweise durch Glutathion entgiftet werden kann.



Ist aber wenig oder gar kein Glutathion vorhanden, weil der Vorrat z. B. durch Überdosierung aufgebraucht ist, reagiert *N*-Acetyl-*p*-benzochinonimin mit Leberzellproteinen, und es kommt zum Absterben der Leberzellen. Bei der Einnahme von mindestens 10–12 g Paracetamol einmalig oder 7,5 g/Tag über längere Zeit treten schwerste Schädigungen auf. Die

Maximaldosis beträgt bei einem Erwachsenen 4 g/Tag.



Leberzellnekrosen (Absterben von Leberzellen) entstehen verstärkt bei der gleichzeitigen Einnahme von Alkohol und Paracetamol, da durch den Alkohol vermehrt Paracetamol durch das Cytochrom P-450-Enzym-System abgebaut wird, somit mehr *N*-Acetyl-p-benzochinomin entsteht und die Glutathionreserve schneller aufgebraucht ist.

Zusätzlich hemmt Paracetamol wie viele andere Schmerzmittel die Durchblutung der Niere, wodurch Nierengewebe abstirbt, dies geschieht hauptsächlich bei langer hochdosierter Einnahme.

Als Antidot bei Überdosierung wird Acetylcystein gegeben, denn es fördert die Bildung von Glutathion.

Nebenwirkungen treten bei der Einnahme von Paracetamol selten auf. Zu den häufigsten unter ihnen gehören allergische Reaktionen und Analgetika-Asthma, das aber im Vergleich mit ASS deutlich seltener auftritt.

Der Wirkstoff sollte auf keinen Fall bei Überempfindlichkeit, schweren Leberfunktionsstörungen oder chronischem Alkoholmissbrauch eingenommen werden.

Bei Verwendung von Paracetamol in der Spätschwangerschaft erhöht sich, neueren Studien zufolge, das Asthma-Risiko des Kindes, bei Einnahme während der Stillzeit sind keine unerwünschten Wirkungen bekannt.

Nachdem wir uns ausführlich mit der Pharmakologie und Toxikologie befasst hatten, wandten wir uns jetzt der Herstellung des Paracetamols zu.

Synthese

Passend zu unsrem Kursthema „Forschung für unsere Gesundheit“ synthetisierten wir am Eröffnungswochenende zwei Arzneistoffe, einer davon war Paracetamol.

Für seine Synthese benötigt man Acetanhydrid, auch Essigsäureanhydrid genannt, para-Aminophenol, abgekürzt p-Aminophenol, Aktivkohle sowie demineralisiertes Wasser. Der komplette Synthesevorgang muss unter dem Abzug durchgeführt werden, da giftige oder umwelt- und gesundheitsschädliche Dämpfe entstehen können.

In einen 500 ml Dreihalskolben geben wir 33 g p-Aminophenol, die in 100 ml demineralisiertem Wasser suspendiert werden, sowie einen Rührfisch. Der mittlere Hals des Dreihalskolbens wird an einem Stativ befestigt, dann wird ein Heizgerät mit integriertem Magnetrührer unter den Kolben gestellt. Auf den mittleren Hals wird ein Rückflusskühler gesetzt, durch den aufsteigende Gase kondensieren und dadurch in den Kolben zurückfließen. Der Rückflusskühler wird mit einer Drahtklemme am Kolben gesichert und mit einer Klemme am Stativ befestigt. Dann wird der Rückflusskühler an einen Wasserkreislauf angeschlossen, sodass ein langsamer Wasserdurchfluss gewährleistet ist. Die obere Öffnung des Rückflusskühlers bleibt offen.

Als nächstes befestigten wir an der linken Öffnung ein Schlifftthermometer, das auch wieder mit einer Drahtklemme gesichert und am Stativ befestigt wird. Das untere Ende muss in die Suspension ragen, damit deren Temperatur bestimmt werden kann. Das Thermometer darf aber nicht zu weit hineinragen, sonst könnte es durch den sich drehenden Rührfisch zerbrochen werden. Auf den letzten freien Hals wird ein Tropftrichter aufgesetzt, der ebenfalls gesichert und am Stativ befestigt wird. Der Tropftrichter wird mit 37 ml Acetanhydrid befüllt, die später langsam hinzugegossen werden.

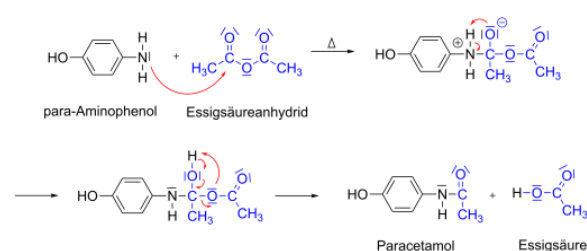
Jetzt begann die eigentliche Synthese: Wir schalteten das Heizgerät ein, zuerst aber nur die Rührfunktion, sodass sich der Rührfisch mäßig schnell drehte und die Suspension aus Wasser und p-Aminophenol trüb wurde. Nun



ließen wir das Acetanhydrid dazu tropfen, allerdings leckte unser Tropftrichter und so mussten wir es innerhalb von fünf anstatt von 15 Minuten dazu geben. Das Gemisch erwärmte sich während diesem Vorgang. Jetzt heizten wir auf 80–90 °C hoch. Nach dem Erreichen dieser Temperatur musste sie für weitere 15 Minuten gehalten werden, ohne das Rühren zu unterbrechen. Danach nahm man den Kolben vom Heizgerät und holte den Rührfisch mit einem Rührfischentferner aus dem Kolben. Damit sich Kristalle bilden, ließen wir den Kolben für zehn Minuten in einem Eisbad stehen. Durch das Abkühlen wurde die Löslichkeit des Stoffs gesenkt, wodurch es zur Auskristallisation kam. Die entstandenen Kristalle wurde abgenutscht.

Um Unreinheiten zu entfernen, kristallisierte man das Paracetamol noch um. Dazu löste man die Kristalle in 220 ml demineralisiertem Wasser in einem Becherglas, indem das Gemisch nochmal auf 90 °C erwärmt und mit einem Rührfisch gerührt wurde. Anschließend gab man 5 g Aktivkohle hinzu und ließ diese homogen suspendieren. Die Aktivkohle wurde auch mit einem Büchnertrichter abfiltriert. Danach stellte man die Lösung wieder in Eis-

wasser, wodurch sich wieder Kristalle bildeten und filtrierte diese erneut ab, wie es schon oben beschrieben ist. Damit wirklich die komplette Flüssigkeit entfernt wird, drückte man mit einem umgedrehten Glasstopfen auf das Paracetamol im Büchnertrichter, gab es dann auf einem Uhrglas in den Trockenschrank und trocknet dieses dann bei 120 °C bis zur Massenkonzanz. Als letzten Schritt kann man es mörsern oder direkt in ein Glas zum Aufbewahren geben.



Jetzt stellt sich für uns die Frage, was überhaupt chemisch gesehen passiert ist und wie man das erklärt:

Die Ausgangsstoffe para-Aminophenol (p-Aminophenol) und Essigsäureanhydrid (Acetanhydrid) sollen zu Reaktion gebracht werden. Der Stickstoff in der Aminogruppe des p-Aminophenols hat eine negative Partialladung, da er die Elektronen der an ihn angrenzenden Wasserstoffe zu sich zieht. Im Gegensatz dazu hat einer der Kohlenstoffe des Acetanhydrid seine positive Partialladung, da die zwei angrenzenden Sauerstoffe seine Elektronen von ihm weg ziehen.

Diese beiden Partialladungen ziehen sich an, verbinden sich allerdings erst unter Energiezufuhr, in unserem Fall in Form von Wärme. Das entstandene Produkt hat eine positive Ladung am Stickstoff und eine negative Ladung an einem der Sauerstoffe des Acetanhydrids. Deshalb holt sich dieser den Wasserstoff, der an den Stickstoff angrenzt. Der Stickstoff behält das Elektron und der Wasserstoffkern (das Proton) wandert zum Sauerstoff, sodass beide ihre Ladung ausgleichen können.

Das jetzt entstandene Molekül ist allerdings nicht stabil. Deshalb spaltet sich der Sauerstoff zwischen den beiden Kohlenstoffen ab, wird negativ geladen und nimmt dem anderen Sauerstoff wiederum das Proton, das dieser

im vorherigen Schritt selbst an sich gebunden hat. Dieser andere Sauerstoff hat jetzt eine negative Ladung, der angrenzende Kohlenstoff eine positive. Deshalb bilden sie eine Doppelbindung mit dem einen überschüssigen Elektron des Sauerstoffs aus. Es entstehen unsere beiden Endprodukte, Paracetamol ($C_8H_9NO_2$) und Essigsäure ($C_2H_4O_2$).

Nun hatten wir unsere beiden Stoffe hergestellt und haben uns gefragt, wie viel Substanz bei der Synthese entstanden ist. Diese Ausbeute werden wir nun berechnen.

Berechnung der Syntheseausbeute

MARVIN KREFT

Um die Ausbeute zu berechnen, muss man die Edukte und das Produkt bzw. die Produkte kennen. Außerdem muss noch bekannt sein, wie viel man von diesen Stoffen benutzt und nach dem Versuch erhalten hat.

Acetylsalicylsäure

Reaktionsgleichung:

Acetanhydrid + Salicylsäure $\rightarrow$ ASS + Essigsäure

Mengen:

Acetanhydrid: 20 ml; Salicylsäure: 10 g; Produkt 1: 7,4 g; Produkt 2: 12 g; Produkt 3: 7 g

Dichte von Acetanhydrid: 1,08 g/ml

Molmasse von Acetanhydrid: 102,09 g/mol

Masse von 20 ml Acetanhydrid:

$$1,08 \text{ g/ml} \cdot 20 \text{ ml} = 21,6 \text{ g}$$

Stoffmenge $n = m/M$

$$= \frac{21,6 \text{ g}}{102,09 \text{ g/mol}} \\ = 0,212 \text{ mol}$$

Molmasse von Salicylsäure: 138,12 g/mol

$$n = m/M = 10 \text{ g}/138,12 \text{ g/mol} = 0,072 \text{ mol}$$

Dadurch, dass Acetanhydrid mit Salicylsäure eins zu eins reagiert, können auch max. nur 0,072 mol ASS entstehen. Das liegt daran, dass

wir nur 0,072 mol Salicylsäure für den Versuch verwendet haben. Das wird als theoretische Ausbeute bezeichnet.

Molmasse von ASS: 180,16 g/mol

Masse von ASS $= n \cdot M$

$$= 0,072 \text{ mol} \cdot 180,16 \text{ g/mol}$$

$$= 12,97 \text{ g}$$

Die theoretische Ausbeute von ASS beträgt bei diesem Versuch 12,97 g.

ASS (1): 7,4 g

$$7,4 \text{ g}/12,97 \text{ g} = 57,1 \% \text{ Ausbeute}$$

ASS (2): 12 g

$$12 \text{ g}/12,97 \text{ g} = 92,5 \% \text{ Ausbeute}$$

ASS (3): 7 g

$$7 \text{ g}/12,97 \text{ g} = 54 \% \text{ Ausbeute}$$

Diese Werte sind grundsätzlich nicht schlecht für die Voraussetzungen, die wir hatten. Jedoch weicht die berechnete Ausbeute von ASS (2) stark von den anderen ab und scheint sehr unwahrscheinlich hoch zu sein. Wahrscheinlich war dieses Produkt noch zu sehr verunreinigt.

Paracetamol

Reaktionsgleichung:

p-Aminophenol + Essigsäureanhydrid $\rightarrow$ Paracetamol + Essigsäure

Mengen:

p-Aminophenol: 33 g; Acetanhydrid: 37 ml; Produkt 1: 27,5 g; Produkt 2: 34,9 g

Dichte von Acetanhydrid: 1,08 g/ml

Molmasse von Acetanhydrid: 102,09 g/mol

Masse von 37 ml Acetanhydrid:

$$1,08 \text{ g/ml} \cdot 37 \text{ ml} = 39,96 \text{ g}$$

Stoffmenge $n = m/M$

$$= \frac{39,96 \text{ g}}{102,09 \text{ g/mol}} \\ = 0,391 \text{ mol}$$

Molmasse von p-Aminophenol: 109,13 g/mol

$$n = m/M = 33 \text{ g}/109,13 \text{ g/mol} = 0,302 \text{ mol}$$

Auch hier reagiert p-Aminophenol mit Acetanhydrid eins zu eins. Bei diesem Versuch können

wir max. nur 0,302 mol Paracetamol erhalten, weil wir nur 0,302 mol p-Aminophenol verwendeten.

Molmasse von Paracetamol: 151,16 g/mol

$$\begin{aligned}\text{Masse von Paracetamol} &= n \cdot M \\ &= 0,302 \text{ mol} \cdot 151,16 \text{ g/mol} \\ &= 45,65 \text{ g}\end{aligned}$$

Die theoretische Ausbeute von Paracetamol liegt bei diesem Versuch bei 45,65 g.

Paracetamol (1): 27,5 g
27,5 g/45,65 g = 60,2 % Ausbeute

Paracetamol (2): 34,9 g
34,9 g/45,65 g = 76,5 % Ausbeute

Unsere Ausbeute ist ziemlich gut für die gegebenen Voraussetzungen. Allerdings kann es gerade deshalb auch bei dieser Synthese noch ein wenig Verunreinigungen geben. Aufgrund dessen haben wir mehrere Nachweisversuche durchgeführt. Im folgenden Abschnitt werden wir diese genauer beschreiben.

Nachweise

Kristallform

JENNIFER MAIER

Ein Kristall ist in der Regel ein Festkörper, dessen Bausteine Atome, Ionen oder Moleküle sind. Diese sind nicht zufällig, sondern regelmäßig in einem Kristallgitter angeordnet. Unter dem Mikroskop besteht die Möglichkeit die unterschiedlichen Formen der Kristalle zu unterscheiden. Anhand der Kristallform kann man erkennen zu welchem Kristalltyp eine Substanz gehört, oder ob die Substanz vielleicht aufgearbeitet ist, also zum Beispiel zermahlen wurde, was bei den industriell hergestellten Arzneimitteln oft der Fall ist. Auch anhand von Bildern kann man verschiedene Stoffe miteinander vergleichen und gegebenenfalls den Stoff zu einer bestimmten Kristallform zuordnen.

Je nach der Art der Kräfte, die die Kristalle zusammenhalten, können wir sie wie folgt klassifizieren:

Ionenkristalle

Positiv und negativ geladene Ionen werden durch elektrostatische Anziehung zusammengehalten. Es handelt sich um starke Anziehungskräfte, weshalb die Ionenkristalle hohe Schmelzpunkte haben. Zudem sind sie hart und spröde.

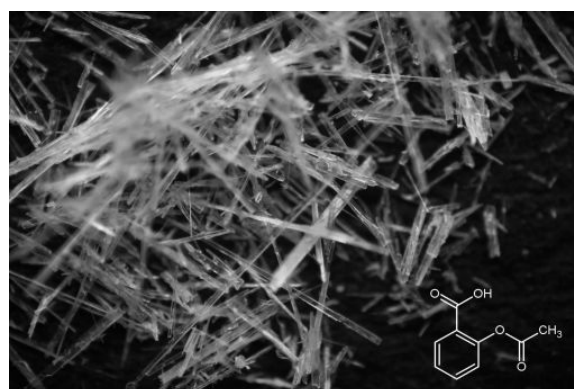
Molekülkristalle

Die Moleküle im Kristall werden untereinander nur durch Dipol-Dipol-Kräfte zusammengehalten. Diese Kräfte sind um einiges schwächer als die elektrostatischen Kräfte in Ionenkristallen. Dementsprechend sind Molekülkristalle weich und haben niedrigere Schmelzpunkte, meist unterhalb von 300 °C.

Metallische Kristalle

Metall-Atome haben ihre Valenzelektronen an eine allen Atomen gemeinsam angehörende Elektronenwolke abgegeben. Die verbliebenen positiv geladenen Ionen nehmen feste Plätze im Kristall ein. Im Gegensatz zu den positiven Kernen können sich die Elektronen in der Wolke frei im ganzen Kristall bewegen.

In unserem Versuch bildet die im Aspirin enthaltene Acetylsalicylsäure flache bis nadelförmige Kristalle.



Paracetamol ist ein weißer, kristalliner Feststoff, der in mindestens zwei verschiedenen Modifikationen vorkommt. Dies bezeichnet man als Polymorphie, diese Eigenschaft ist von pharmazeutischer Bedeutung, weil sie Auswirkungen auf die Verpressbarkeit des Arzneistoffs hat. Bei unserem zweiten Versuch mit Paracetamol

konnten wir unter dem Mikroskop eckige Kristalle sehen.

Schmelzpunkt

JENNIFER MAIER

Beim Erwärmen einer kristallinen Substanz schmilzt diese stets bei derselben Temperatur, bei der die Flüssigkeit erstarrt. Der Schmelzpunkt ist dementsprechend die Temperatur, bei der ein Stoff schmilzt, das heißt vom festen in den flüssigen Aggregatzustand übergeht. Die Schmelztemperatur ist jedoch fast nur abhängig vom Stoff und wird nur sehr wenig von dem Druck beeinflusst, welcher bei der Bestimmung der Siedetemperatur grundlegende Veränderungen hervorbringen kann.

In der qualitativen Analytik spielt die Bestimmung des Schmelzpunktes einer Substanz eine wichtige Rolle, da über den Schmelzpunkt viele Substanzen identifiziert werden können. Die Reinheit von Stoffen kann qualitativ ebenfalls über den Schmelzpunkt nachgewiesen werden. Selbst wenn es wenige Verunreinigungen gibt, sind von der Referenz abweichende Schmelzpunkte die Folge.

Zur Bestimmung des Schmelzpunktes kann man die Apparatur nach Thiele verwenden. Bei dieser Apparatur wird die zu überprüfende Substanz in einen Kolben gegeben und in einem Ölbad erhitzt, bis die Substanz schmilzt. Dann wird zum Zeitpunkt des Schmelzens die Temperatur im Ölbad mit einem Thermometer gemessen. Die ermittelten Werte können dann mit verschiedenen Substanzen verglichen werden oder wenn die Substanz schon bekannt ist auf die Reinheit überprüft werden, indem mit einer Referenzsubstanz verglichen wird. Hierbei kann jedoch nur die Aussage getroffen werden, ob die Substanz rein oder nicht rein ist. Über das Ausmaß oder die Beschaffenheit der Verunreinigungen kann mit diesem Experiment keine Aussage getroffen werden. Wir haben bei unserem Nachweis eine ähnliche Apparatur wie jene nach Thiele verwendet. Den Aufbau haben wir uns jedoch selbstständig überlegt. Ein wichtiger Anhaltspunkt bei der Entwicklung des Aufbaus der Apparatur war das Thermometer, da dieses nicht direkt in die Substanz gehalten

werden durfte, weil die Gefahr bestand, dass das Thermometer kaputt gehen würde. Aus diesem Grund mussten wir uns einen anderen Aufbau überlegen.

Bei der Durchführung haben wir bei unseren Versuchen bei Paracetamol einen Schmelzpunkt im Temperaturbereich von 173–174 °C gemessen. Die Referenz hat eine Schmelztemperatur von 174 °C. Somit lag der gemessene Schmelzpunkt im Bereich der Referenz, es sind also kaum Verunreinigungen nachgewiesen worden. Bei der Acetylsalicylsäure lag der gemessene Schmelzpunkt im Bereich von 133–144 °C, der Referenzwert liegt bei 135–139 °C. Aus diesem Grund sind auch hier nur minimale Temperaturunterschiede gemessen und somit kaum Verunreinigungen festgestellt worden. Der ermittelte Schmelzpunkt liegt im Bereich des Referenzwertes.

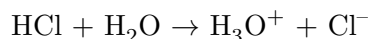
pH-Wert – Theorie und Ergebnisse

WILLIAM ROBERTS

Theorie

Ein weiterer wichtiger Theorieteil, dem wir uns gewidmet haben war die Säure/Base-Theorie. Hierzu hielt Judith uns einen ausführlichen Vortrag, dessen wichtigste Punkte hier kurz erklärt werden sollen.

Säuren sind definiert als Stoffe, die in der Lage sind, Protonen (positiv geladenen Wasserstoffatome) an andere Stoffe abzugeben. Sie werden daher auch als Protonendonatoren bezeichnet. Der Stoff, der die Protonen an sich bindet, ist der Protonenakzeptor. Nach der Abgabe des Protons liegt nun ein Anion vor, die sogenannte „konjugierte Base“, im Falle der Reaktion von Chlowsasserstoff und Wasser, ist der Chlowsasserstoff die Säure, Wasser die Base.



Das Proton reagiert mit einem Wasseratom zu einem H_3O^+ -Ion (das sogenannte Oxoniumion). Ohne Wasser kann diese Reaktion nicht stattfinden und die Wirkung der Säure bleibt aus. Interessant ist hierbei noch, dass manche Säuren wie zum Beispiel die Schwefelsäure

in der Lage sind, mehrere Protonen abzugeben. Mit jedem abgegebenen Proton wird die Ladung des Anions um eins negativer. Diese Säuren werden mehrprotonig genannt.

Gegenstücke zu Säuren sind die Basen. Diese sind Protonenakzeptoren. Bei der Reaktion mit Wasser nehmen sie dem Sauerstoff eines seiner Wasserstoffatome weg, so dass sich ein OH^- -Ion („Hydroxidion“) bildet. Die Base hat nun ein Proton zu viel, wird zu einem Kation und wird nun die „Konjugierte Säure“ genannt.

Wasser hat die Eigenschaft, selbstständig in Hydroxidionen und Oxoniumionen und wieder in den Ausgangsstoff zu reagieren. Dieser Vorgang wird Autoprotolyse genannt. Auch in reinem Wasser sind also stets diese Ionen enthalten. Um zu ermitteln, wie viele Ionen dabei in einem Liter Wasser sind, ist leider eine ganze Palette an Berechnungen nötig. Wenn wir also für die Reaktion $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$ die Gleichgewichtskonstante bilden, so ergibt sich ein sehr kleiner Wert, was bedeutet, dass das Gleichgewicht sehr weit auf der linken Seite dieser Reaktionsgleichung liegt.

$$K_c = \frac{c_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot c_{\text{OH}^-}}{c_{\text{H}_2\text{O}}^2}$$

Da die Konzentration des Wassers sich kaum ändern wird, lässt sich diese Konzentration mit der Konstante zu einer neuen Konstante multiplizieren, dem sogenannten Ionenprodukt (K_W). Dieses besteht aus dem Produkt der Konzentrationen an H_3O^+ - und OH^- -Ionen und liegt bei Raumtemperatur bei $10^{-14} \text{ mol}^2/\text{l}^2$. Da die Konzentration der Hydroxidionen mit der der Oxoniumionen gleichgesetzt werden kann, lässt sich die tatsächliche Konzentration der H_3O^+ - bzw. OH^- -Ionen einfach berechnen, indem man die Wurzel des Ionenproduktes bildet. Sie beträgt (bei Raumtemperatur) exakt 10^{-7} mol/l .

Da sich solch große (oder auch kleine) Zahlen (beim Wasser beträgt die Oxoniumionenkonzentrationen z. B. $0,000001 \text{ mol/l}$) nur schlecht zur schnellen und übersichtlichen Verwendung eignen, wurde der negative dekadische Logarithmus der H_3O^+ -Konzentration als pH-Wert definiert. Dieser besteht nur noch aus einer einfachen Zahl zwischen (in der Regel) 1 und

14. Je kleiner der pH-Wert, desto saurer die Lösung.

$$\text{pH} = -\log_{10} c_{\text{H}_3\text{O}^+}$$

Zur Ermittlung der pH-Wertes stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Am einfachsten ist sicher die Messung mit einer pH-Elektrode. Dabei braucht die Elektrode nur in die Lösung gehalten zu werden, wo sie die Leitfähigkeit misst und daraus die Oxoniumionenkonzentration und auch den pH-Wert sofort berechnet und anzeigt.

Auch einige Indikatoren (wie z. B. Phenolphthalein, Methylorange, Bromthymolblau und der beliebte Universalindikator) können den pH-Wert anzeigen. Während Universalindikatoren allerdings bei jedem pH-Wert eine spezielle Farbe annehmen, haben die meisten Indikatoren nur einen „Umschlagpunkt“, bei dem sich die Farbe ändert. Methylorange beispielsweise wird einfach ab einem Wert von unter ca. 3,3 rot. Oft wird Indikatorpapier benutzt, ein in Universalindikator getränktes Papier. Diese Methode ist zwar sehr schnell, gibt jedoch nur einen groben Überblick und ist recht ungenau. Sie ist jedoch vollkommen ausreichend, falls eine exakte Einstellung des pH-Wertes nicht erforderlich ist.

Ein weiterer wichtiger Begriff in diesem Zusammenhang ist die Säure- bzw. Basenstärke. Nach der Definition von Brønsted ist die Stärke einer Säure die Tendenz, Protonen abzugeben und die der Base, diese aufzunehmen. Dabei ist die konjugierte Base einer Säure so schwach, wie die Säure stark ist und umgekehrt. Auch ist die konjugierte Säure einer Base umso stärker, je schwächer die Base ist. Für die Stärke von Säuren und Basen gibt es ebenfalls Werte, die pK_S - bzw. pK_B -Werte. Der pK_B -Wert wird allerdings eher selten verwendet. Je kleiner der pK_S -Wert ist, desto mehr ist eine Säure dissoziiert (in Ionen zerfallen), desto stärker ist sie. Der pK_S -Wert ist der negative dekadische Logarithmus der Säurekonstante (K_S), welche aus dem Quotienten des Produkts der Oxoniumionenkonzentration mit der Chloridionkonzentration und der Konzentration der Säure gebildet wird.

$$K_S = \frac{c_{\text{H}_3\text{O}^+} \cdot c_{\text{Cl}^-}}{c_{\text{HCl}}}$$



pH-Messung der Syntheseprodukte

Auch die Messung des pH-Wertes stellte einen Versuch zur Überprüfung der Reinheit dar. Dieser Wert gibt (wie gerade näher erklärt) an, wie sauer oder basisch sich eine Lösung verhält. Acetylsalicylsäure besitzt eine Carboxylgruppe am Benzolring, welche gut in der Lage ist, Protonen abzuspalten. Daher reagiert sie deutlich sauer. Paracetamol besitzt dagegen eine phenolische Hydroxylgruppe. Diese Gruppe kann ebenfalls Protonen abgeben, wenn auch nicht im selben Maße wie ASS. Es reagiert also sauer, sein pH-Wert sollte jedoch im reinen Zustand über dem von ASS liegen. Vor allem eine Verunreinigung durch restliche Essigsäure könnte den Wert stark beeinflussen.

Unsere Methode, den pH-Wert der Produkte zu messen bestand darin, jeweils eine Spatelspitze der Probe in 50 ml Wasser aufzulösen und anschließend mit einer Glaselektrode den pH-Wert zu ermitteln.

Zuerst haben wir die Werte der gekauften Reinstoffe gemessen, um Referenzwerte zu haben. Die Messungen ergaben bei ASS einen pH-Wert von 3,3 und bei Paracetamol 6,5, womit sich

unsere Hypothesen bezüglich des sauren Verhaltens der Stoffe bestätigten.

Die pH-Werte der von uns hergestellten Acetylsalicylsäure lagen stets zwischen 3,3 und 3,5, so dass diese Messungen nicht auf nennenswerte Verunreinigungen schließen ließen.

Unser Paracetamol hingegen wies Werte zwischen 5,2 und 5,3 auf, was auf Essigsäureverunreinigung hindeutet, die bis zur Verwendung als Wirkstoff zur Applikation am Menschen noch entfernt werden müsste.

Nachweis auf phenolische Hydroxygruppen

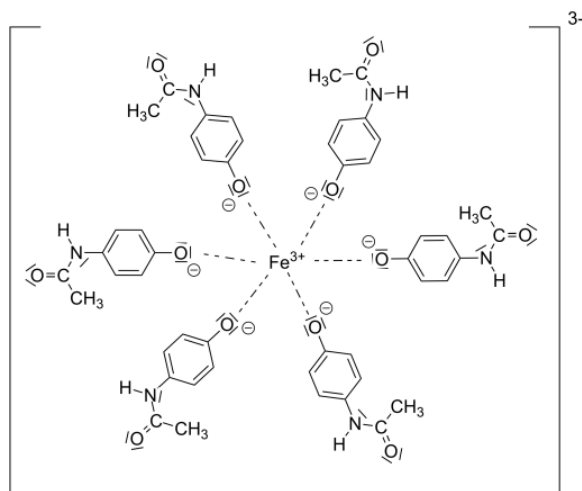
JENNIFER MAIER

Warum wird ein Nachweis mit dem Eisen(III)-chlorid durchgeführt? Eisen(III)-chlorid ist eine chemische Verbindung, die aus einem Eisen(III)-Ion und drei Chloridionen besteht. Die Lösung von Eisen(III)-chlorid hat eine gelbliche Färbung. Sie dient zum Nachweis einer oder mehrerer freier phenolischer Gruppen. Phenole sind in der Chemie Verbindungen, die aus einem aromatischen Ring und mindestens einer daran gebundenen Hydroxygruppen bestehen. Im Gegensatz zu den Alkoholen reagieren ihre wässrigen Lösungen schwach sauer.

Phenole können mit Eisen(III)-chloridionen im Gegensatz zu Alkoholen farbige Komplexe bilden. Diese Komplexe zeigen charakteristische Farbveränderungen, welche blau, violett, grün oder sogar schwarz sein können. Diese Farbreaktion wird schon seit über 2000 Jahren von Menschen für die Herstellung von Tinte genutzt. Natürlich kannte man damals die chemische Zusammensetzung der Tinte noch nicht, geschweige denn die Struktur der farbgebenden Moleküle. Heutzutage weiß man, dass die schwarze Farbe der Tinte durch Komplexbildung zwischen den Eisen(III)-Ionen und den in der Tinte enthaltenen Phenolen und Polyphenolen hervorgerufen wird.

Diese Nachweisreaktion kann zur Unterscheidung von Phenolen und Alkoholen verwendet werden. Sie ist jedoch leider nicht spezifisch für Phenole, denn auch andere Benzolabkömmlinge und Enole sowie Carbonsäuren bilden mit Eisen(III)-Salzen farbige Komplexe. Beim

Nachweis von Phenolen mit unserem selbst hergestellten Paracetamol ist der Nachweis positiv ausgefallen, was durch die charakteristische Blaufärbung der Lösung zu erkennen war. Die Blaufärbung beruht auf einer Komplexbildung von freien phenolischen Gruppen mit den Eisen(III)-chlorid Ionen. Die freien phenolischen Gruppen des Paracetamols lagern sich um das Eisen(III)-Ion an, der dadurch gebildete Komplex hat eine charakteristische, blaue Färbung. Somit ist die freie phenolische Gruppe beim Paracetamol nachgewiesen worden. Der positive Nachweis sagt jedoch nichts über das Vorhandensein von Verunreinigungen aus. Dazu müssen weitere Nachweise durchgeführt werden (zum Beispiel die Schmelzpunktbestimmung).



Der Eisen(III)-chlorid-Nachweis fällt bei unserem selbst hergestellten Aspirin, welches Acetylsalicylsäure als Wirkstoff enthält, positiv aus. Normalerweise sind bei der reinen Substanz keine freien phenolischen Gruppen vorhanden, weshalb sich auch kein Komplex ausbildet und die Lösung seine gelbe Anfangsfarbe beibehält. Da sich ein tiefroter Komplex ausbildete, konnten wir Verunreinigungen in der Substanz feststellen. Der Grund für die Verunreinigung ist, dass die bei der Synthesereaktion möglicherweise nicht voll umgesetzte Salicylsäure eine phenolische Gruppe aufweist und somit positiv auf diesen Nachweis reagiert. Dabei platzieren sich wie beim Paracetamol die freien phenolischen Gruppen der Salicylsäure um das Eisen(III)-Ion und bilden im Gegensatz zum Paracetamol einen tiefroten Komplex. Nach erneuter Aufrei-

nigung durch Umkristallisation des Produkts kann man den Nachweis wiederholen. Nun sollte die Reinheit des Stoffes erhöht sein und der Nachweis auf freie phenolische Gruppen mit Eisen(III)-chlorid und Aspirin negativ ausfallen.

Dünnschichtchromatographie

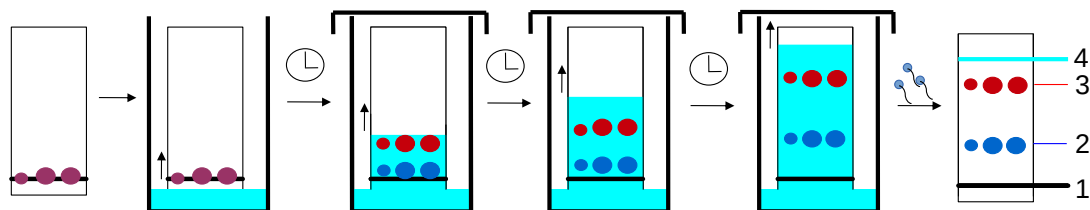
REBECCA KOHLHAAS

Die Chromatographie ist ein Verfahren, das die Auftrennung eines Stoffgemisches durch unterschiedliche Verteilung seiner Einzelbestandteile zwischen einer stationären und einer mobilen Phase erlaubt. Sie wird zur Isolierung oder Reinigung von Substanzen benutzt.

Schon zu Zeiten Aristoteles gab es mehrere Verfahren zur Meerwasseraufbereitung, die nach dem Verfahren einer Chromatographie funktionierten. Über die nächsten Jahrtausende hinweg war die Chromatographie nur als Farbaufreinigungsmethode bekannt, bis Michael S. Twett im Jahr 1903 entdeckte, dass es auch andere Anwendungen der von ihm benannten Chromatographie gab. Weitere Entdeckungen machten 1941 die Herren A. J. P. Martin und R. L. M. Synge. Sie erwähnten als erste die Möglichkeit einer Gas-Liquid-Chromatographie. Später erhielten sie dafür einen Nobelpreis in Chemie.

Die Chromatographie kann man am besten mit einem Fluss vergleichen. Ein reißender Fluss kann einiges an Treibgut mit sich führen. Die Geschwindigkeit, mit der das Treibgut weiterbewegt wird, hängt von der Art des Treibgutes, von der Art des Flussbettes (raue Oberflächen erhöhen die Reibung des Treibgutes und verringern somit die Geschwindigkeit des Abtransports) und von der Strömungsgeschwindigkeit ab.

Im übertragenen Sinn steht das Treibgut für die Substanzen, die man trennen möchte, das Wasser des Flusses für die sogenannte mobile Phase und das Flussbett für die stationäre Phase. Während der Chromatographie gehen einzelnen Teilchen des Stoffes Wechselwirkungen mit der mobilen und der stationären Phase ein. Das heißt: entweder bleiben sie an der Platte haften, oder sie fließen mit dem Laufmittel



mit. Dabei geht jede Teilchenart, die im Stoff vorhanden ist unterschiedlich viele Wechselwirkungen ein und legt eine andere Distanz auf der Platte zurück.

Es gilt: Je unpolarer das Fließmittel ist, desto weniger wandern polare Substanzen, und umgekehrt.

Außerdem gehen polare Substanzen eher Wechselwirkungen mit polaren stationären Phasen als mit weniger polaren ein. Anhand von diesen Kriterien muss man auch die stationäre und die mobile Phase aussuchen. Denn wenn man die falschen Phasen auswählt, kann es sein, dass sich der zu untersuchende Stoff nicht auftrennt, weil alle Verunreinigungen mit dem Reinstoff mitfließen.

Eine Art der Chromatographie ist die sogenannte Dünnschichtchromatographie, kurz DC. Für eine DC benötigt man zusätzlich zu den zwei Phasen und dem zu trennenden Stoff eine Chromatographiekammer (eine Art Glaskasten mit Deckel) und eine, oder mehrere Kapillaren, sehr dünne Glasröhrchen. Die stationäre Phase ist bei der DC eine feste Platte und die mobile Phase eine Flüssigkeit.

Wenn man alles beisammen hat, gibt man zuerst die mobile Phase in die Chromatographiekammer, verschließt diese und beschwert den Deckel mit einem Gewicht. Nun hat man eine luftdichte Kammer, also ein geschlossenes System. Die Luft in diesem System sättigt sich nun mit der mobilen Phase, sodass die Ergebnisse nicht durch ein Verdampfen der mobilen Phase verfälscht werden. Dann löst man die zu untersuchende Substanz in einem geeigneten Lösungsmittel und hält die Kapillare in die Lösung, sodass etwas der gelösten Substanz die Kapillare hinaufsteigt, was aufgrund von Kapillarkräften automatisch passiert. Jetzt tippt man mit der Kapillare senkrecht auf die mobile Phase. Dabei wirken die Kapillarkräfte

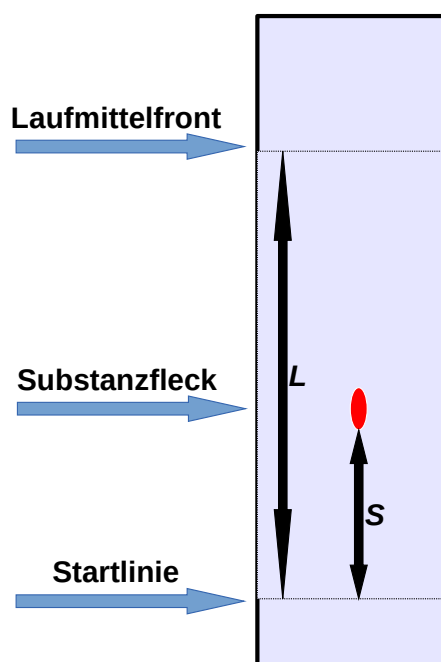
und ziehen die Substanz aus der Kapillare auf die mobile Phase. Achtung: Nicht zu nah am Rand der mobilen Phase aufragen, sondern mindestens einen Zentimeter davon entfernt. Der Punkt, den man produziert, sollte so klein wie nur möglich sein, damit auch Substanzen mit kleinen Unterschieden in ihrer Laufstrecke getrennt werden können. Oft macht man neben dem Punkt der zu untersuchenden Substanz auch noch einen Punkt mit der Lösung eines Reinstoffes als Vergleich.

Zudem sollte man eine waagerechte Linie auf die stationäre Phase zeichnen. Diese Linie geht durch die Punkte, auf denen man Substanz aufgetragen hat und heißt Startlinie. Wenn dies getan ist, muss man das restliche Lösungsmittel verdunsten lassen, da es ansonsten das Ergebnis der DC verfälschen würde.

Das obige Bild zeigt den gesamten Chromatographieprozess. Ganz links kann man eine stationäre Phase erkennen, auf der drei unterschiedlich große Substanzflecken (in violett) und die Startlinie aufgetragen sind. Diese stationäre Phase wird in eine Chromatographiekammer gestellt, in der das Fließmittel (in hellblau) bereits vorhanden ist. Dann wird die Kammer verschlossen und mit der Zeit steigt die mobile Phase die stationäre hinauf und trennt dabei die violetten Substanzflecken in blaue und rote Flecken. In dem Bild kann man deutlich erkennen, dass sich die roten Punkte immer weiter am oberen Rand der stationären Phase befinden als die Blauen, also besser von der mobilen Phase mitgenommen werden. Ganz rechts im Bild sieht man die stationäre Phase nach der Chromatographie. Sie wurde getrocknet und die Fließmittelfront (die Oberste Grenze des Fließmittels) in hellblau eingezeichnet. Am rechten Rand wurden zudem die Abstände von der Startlinie zu den blauen Flecken, den roten Flecken und der Laufmittelfront mit Zahlen gekennzeichnet.

Die bei der Chromatographie entstandenen Substanzflecken kann man nur selten sehen. Diese Flecken sichtbar zu machen nennt man Detektion. Am einfachsten geht dies mit UV-Licht. Es gibt stationäre Phasen, die unter einer UV-Lampe fluoreszieren und bei denen die Stellen, an denen sich die Substanzflecken befinden, nicht mehr leuchten, also als dunkle Flecken erscheinen. Allerdings muss man beachten, dass die Fluoreszenzfarbstoffe, die dafür auf der Platte aufgetragen sind, nicht mit der mobilen Phase mitfließen, sondern auf der stationären Phase haften bleiben. Wenn die stationäre Phase nicht fluoreszierend ist, kann man sie vor der Chromatographie mit Reagenzienlösungen besprühen, sodass sie UV-aktiv wird.

Eine weitere Detektionsmöglichkeit sind Farbreaktionen, die man mithilfe von bestimmten Stoffen ablaufen lassen kann, die zum Nachweis bestimmter funktioneller Gruppen verwendet werden. Auch Eigenschaften wie die Radioaktivität von Stoffen können für die Detektion benutzt werden.



Im Bild kann man eine fertig chromatographierte Substanz auf ihrer stationären Phase erkennen. Der Substanzfleck ist in rot eingefärbt, die Startlinie unten und die Laufmittelfront oben jeweils mit einer gepunkteten Linie gekennzeichnet. S bezeichnet den Abstand zwi-

schen der Startlinie und dem Substanzfleck, also die Strecke, die die Substanz während der Chromatographie zurückgelegt hat. L bezeichnet den Abstand zwischen der Startlinie und der Laufmittelfront. Ist $S = L$, oder $S = 0$, dann sollte man die Chromatographie mit einer anderen mobilen oder stationären Phase wiederholen, denn dann ist die Substanz entweder nur mit der mobilen Phase mitgeflossen, oder auf der stationären Phase geblieben.

Wenn man die Substanzflecken z. B. mit UV-Licht sichtbar gemacht hat, kann man oft schon erkennen, wo in einer Spalte mehrere Flecken sind. Von diesen Flecken kann nur einer der Reinstoff sein, also sind alle anderen Verunreinigungen.

Unser Versuch

Wir wollten unsere selbst hergestellten Arzneistoffe mithilfe der DC analysieren. Dazu haben wir unsere drei verschiedenen Proben ASS und zwei Proben Paracetamol jeweils gegen einen Reinstoff auf einer Kieselgelplatte chromatographiert. Wir haben von jedem selbst hergestellten Stoff eine umkristallisierte und eine nicht umkristallisierte Probe aufgetragen. Zudem haben wir auch zwei verschiedene mobile Phasen eingesetzt: 30 ml Toluol, 60 ml 2-Propanol, 10 ml Ammoniak und 30 ml Toluol, 20 ml Aceton, 0,5 ml Ameisensäure. Bei unserem Paracetamol sah man keine Verunreinigungen, die Substanzflecken haben sich nicht aufgetrennt, sondern sind alle gleich weit nach oben gewandert.

Bei unseren DCs von ASS war das anders. Auch hier hatten wir jeweils eine Probe des abgenutzten und eine Probe des unabgenutzten Stoffes aufgetragen und wieder zwei verschiedene mobile Phasen benutzt: 60 ml Toluol, 39 ml Aceton, 1 ml Ameisensäure und 30 ml Toluol, 60 ml Isopropanol, 10 ml NH_3 . Nach der Chromatographie konnten wir sehen, dass in der Spalte, in der wir die Probe eins aufgetragen haben, zwei Substanzflecken getrennt wurden. Einer dieser beiden war also eine Verunreinigung, wir vermuten, dass es nicht reagierende Salicylsäure war.

Nachweis auf primäre aromatische Amine

WILLIAM ROBERTS

Eine weitere Untersuchung zum Nachweis von Verunreinigungen stellte der Versuch zum Nachweis primärer aromatischer Amine mit Hilfe einer Diazo-Kupplung dar. Da es sich bei ASS nicht um ein Amin handelt, war dieser Nachweis nur für Paracetamol interessant. Bei einer solchen Kupplung wird durch Zuführung von Nitrosylkationen zum p-Aminophenol ein Diazoniumion gebildet, welches zu einem farbigen aromatischen System weiterreagiert. Da es sich aber bei Paracetamol nicht um ein primäres, sondern um ein sekundäres Amin handelt, sollte der Nachweis bei einer reinen Probe negativ ausfallen. p-Aminophenol jedoch ist ein primäres Amin, sodass der Nachweis bei einer Verunreinigung durch diesen Stoff anschlagen sollte. Der Nachweis wurde wie folgt durchgeführt:

Zur Hydrolyse wurden 50 mg der Probe in 1 ml Salzsäure (3N) in einem Reagenzglas gelöst und für ca. 10 Minuten erhitzt. Bei nicht zu hydrolysierenden Proben wurde das Erhitzen unterlassen. Anschließend wurden zwei Tropfen Diazo-Reagenz 1 (Natriumnitritlösung) zugegeben und diese gemischten Lösungen zum Schluss in ein Reagenzglas mit 2 ml Diazo-Reagenz 2 (0,25 g β -Naphthol in 100 ml 3N Natronlauge) überführt. Lagen primäre aromatische Amine vor, so war eine orangene Farbe zu beobachten.

Zur Überprüfung der Reinheit des Paracetamols nach der Umkristallisation führten wir eine Versuchsreihe durch. Zum Positivtest nutzten wir neben unserem p-Aminophenol auch sauer hydrolysiertes Paracetamol. Während der Hydrolyse kommt es durch ein Proton zur Aktivierung der Acetylgruppe, wodurch ein nucleophiler Angriff am Carbonyl-Kohlenstoff durch den Wasser-Sauerstoff erfolgen kann. Das Paracetamolmolekül wird daraufhin instabil, woraufhin sich Essigsäure abspaltet und p-Aminophenol wieder frei vorliegt. Deshalb sollte der Nachweis aus oben genannten Gründen wieder positiv ausfallen.

Nicht hydrolysiertes, gekauftes Paracetamol diente als Probe zum Negativtest. Den Test

führten wir an den von uns hergestellten Proben jeweils einmal mit und einmal ohne Hydrolyse durch. Nach Durchführung des Versuches war die Lösung mit p-Aminophenol braun bis schwarz, was an der hohen Konzentration der primären aromatischen Amine lag. Durch starke Verdünnung der Probe kam eine rötlich-bräunliche Farbe zum Vorschein. Dieser Positivtest hat also sehr gut angeschlagen. Alle Lösungen mit unseren hydrolysierten, selbst hergestellten Substanzen wiesen eine tiefrote bis bräunliche Färbung auf. Die Lösungen mit der gekauften Probe sowie die mit den nicht hydrolysierten, hergestellten Produkten hatten eine orangene Färbung, was darauf schließen lässt, dass in allen dieser Proben (auch in der gekauften „Reinsubstanz“) doch noch Reste von p-Aminophenol enthalten waren. Der positive Nachweis bei der gekauften Reinsubstanz ist durch deren lange Lagerung zu erklären: Hierbei kommt es zur Abspaltung der Essigsäure vom Paracetamolmolekül, wodurch wieder p-Aminophenol vorliegt, das dann zum positiven Nachweis führt. Ein eindeutig negativer Test gelang uns also bei keiner unserer Proben, bis zur Weiterverarbeitung in Arzneimitteln wären noch weitere Aufreinigungen erforderlich.



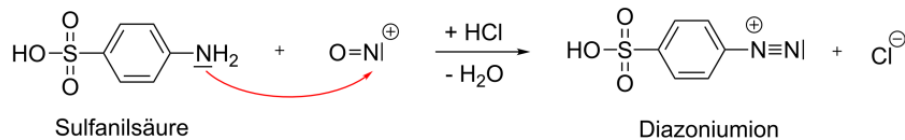
Proben von links nach rechts: p-Aminophenol, Referenz ohne Hydrolyse, Referenz mit Hydrolyse, Probe 2 mit und ohne Hydrolyse, Probe 1 mit und ohne Hydrolyse

Nachdem wir unsere hergestellten Stoffe Paracetamol und Acetylsalicylsäure auf Verunreinigungen geprüft hatte, durften wir noch zwei andere Substanzen synthetisieren: Methylorange und Nifedipin.

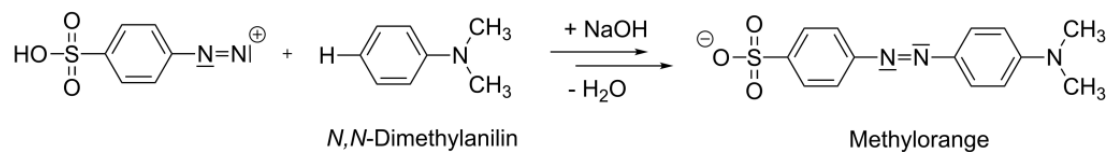
Bildung des Nitrosyl-Kations



Bildung des Diazoniumions



Reaktion des Diazoniumions mit *N,N*-Dimethylanilin



Methylorange

MIKAIL ÖZTÜRK

Methylorange ist ein Azofarbstoff, der ein Natriumsalz der 4'-(Dimethylamino)-azobenzol-4-sulfonsäure ist. Azofarbstoffe sind synthetisch und bilden quantitativ die größte Farbstoffklasse. Ihr Kennzeichen ist die allgemeine Formel $R_1 - N = N - R_2$, wobei die beiden Reste „R“ gleich oder verschieden sein können, in der Regel aber aromatisch sind. Azofarbstoffe haben typischerweise mindestens eine Azobrücke $-N=N-$, die für die Farbigkeit des Stoffes sorgt. Falls im Molekül des Farbstoffes mehr als eine Azobrücke vorhanden ist, spricht man, in Anlehnung an griechische Zahlen von Di-, Tri-, Tetra- und Polyazofarbstoffen.

Azofarbstoffe sind aufgrund von Substitutionen von Wasserstoffatomen an den Benzolringen, die eine farbverstärkende Wirkung erzeugen, sehr vielfältig. Sie sind einfach herzustellen, indem man aromatische Amine durch Diazotierung koppelt. Daher haben wir Methylorange selbst synthetisiert. Bei dieser Synthese geht man von einem aromatischen Amin, bei uns *N,N*-Dimethylanilin, und einer Natriumnitrit-Lösung aus. Nachdem man das Natriumnitrit gelöst hat, muss die Lösung durch Salzsäure angesäuert werden, wodurch sich ein Nitrosyl-Kation (NO^+) bildet. Besonders muss auf die Temperatur der Lösung geachtet werden: Sie

darf 5 °C nicht übersteigen, da sonst die Gefahr besteht, dass Diazoniumsalze Stickstoff abspalten. Deshalb haben wir das Becherglas in einer Wanne mit Eiswasser kühl gehalten.

Da nun das Nitrosyl-Kation (positiv geladen) den Stickstoff des *N,N*-Dimethylanilin-Moleküls (partial negativ) elektrophil angreift, erfolgt eine elektrophile Substitution (kurz: S_E). Das H⁺-Ion spaltet sich ab, und es entsteht nach Umlagerung in eine *N*-Nitroso-Verbindung das instabile Phenyldiazohydroxid, das ein OH⁻-Ion abspaltet, wodurch man ein Phenyldiazonium-Ion erhält. Die Azo-Kupplung ist eine elektrophile Zweitsubstitution, bei der die Substituenten mit +M-Effekt (ein mesomerer Effekt) für eine größere Reaktivität verantwortlich sind.

Wir haben den entstandenen Stoff filtriert, getrocknet, und, um einen höheren Reinheitsgrad zu erhalten, umkristallisiert. Es war ein braunes Pulver, welches so aussah:

Die Nutzung des Methyloranges, aber auch die anderer Azofarbstoffe, ist erkennbar: Durch das vom pH-Wert abhängige Vorliegen der Azobrücken (protoniert oder deprotoniert) ergibt sich eine variable Farbtiefe. Deshalb verwendet man solche Stoffe als Säure-Base-Indikatoren. Das Methylorange, das aus orangefarbene Kristalle besteht, besitzt eine protonierte Azogruppe, wenn es in einem stark sauren, wässrigen



Milieu vorliegt. Wenn man eine Base zugibt, ist zwischen einem pH-Wert von 3,1 und 4,4 eine Farbveränderung von rot nach gelb zu beobachten.



Methylorange ist giftig, und die mittlere tödliche Dosis (LD₅₀) beträgt bei Ratten 60 mg/kg. Obwohl man diesen anhand eines Tierversuches ermittelten toxischen Wert nur bedingt auf den Menschen anwenden kann, bietet dieser einen groben Anhaltspunkt um den Stoff mit Gefahrensymbolen zu versehen. Deshalb haben wir bei der Arbeit mit diesem Stoff geeignete Schutzhandschuhe getragen und unter dem Abzug gearbeitet.

Nifedipin

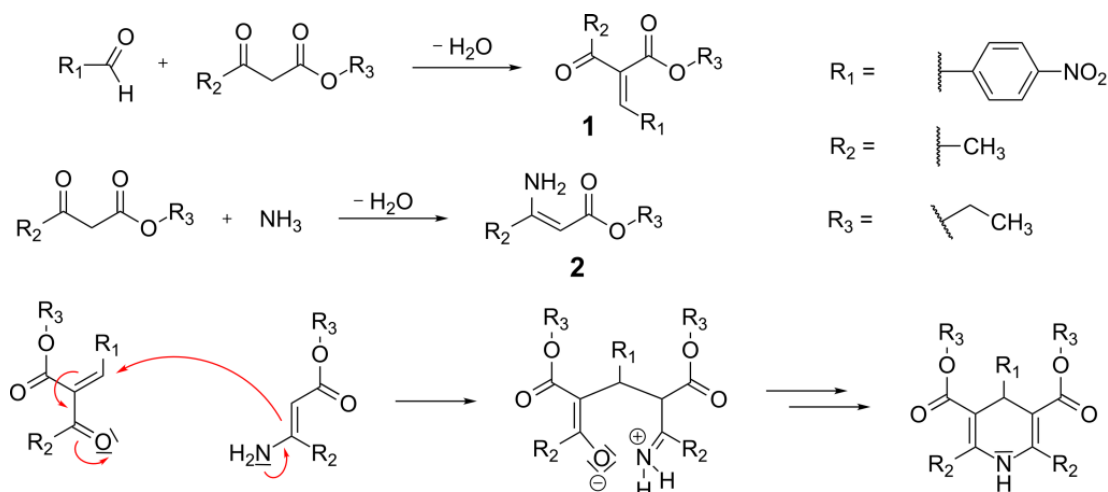
MIKAIL ÖZTÜRK

Die Verbindung Dimethyl-1,4-dihydro-2,6-dimethyl-4-(2-nitrophenyl)pyridin-3,5-dicarboxylat ist eher als Arzneistoff unter dem Namen Nifedipin bekannt und gehört als Dihydropyridin zur Gruppe der Calciumkanalblocker (Calciumantagonisten). Es ist ein sehr lichtemp-

findliches, gelbes, kristallines und in Wasser nahezu unlösliches Pulver. Eingesetzt wird es zur Behandlung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, als starkes Mittel zur Senkung des Blutdrucks und zur Erweiterung der Gefäße, da es die glatte Muskulatur der Gefäße erweitert. Es hemmt die spannungsabhängigen Calciumkanäle vom L-Typ und verhindert, dass Calcium in die glatten Gefäßmuskulzellen einströmt. Die Wirkung lässt sich durch die Tatsache erklären, dass Calcium für die Kontraktion der glatten Muskulzellen benötigt wird. Nifedipin ist unter anderem indiziert bei chronisch-stabiler und vasospastischer Angina pectoris (Herzschmerz, verursacht durch Übererregbarkeit der Gefäße wegen eines Krampfes der Gefäßmuskulatur), essentieller Hypertonie (Bluthochdruck) und akuter hypertensiver Krise (plötzlich auftretende Fehlregulation des Blutdrucks). Die Einnahme erfolgt mit Retardtabletten bzw. Kapseln, wobei die Tagesdosis üblicherweise 20 mg bzw. 80 mg nicht übersteigt.

Nifedipin besitzt die Anfälligkeit, Wechselwirkungen mit anderen, parallel dazu eingenommene Arzneimittel einzugehen, weshalb Vorsicht geboten ist. Außerdem soll es nicht mit Grapefruitsaft verabreicht werden. Zu den häufigsten Nebenwirkungen zählt man Schwäche, Unwohlsein, Kopfschmerzen, Verstopfung und Ödeme. Eine absolute Kontraindikation (vollständiges Verbot der Einnahme) aller Calciumkanalblocker ist nicht kompensierte Herzinsuffizienz, zu den relativen Kontraindikationen (mehr Nutzen als Schaden im konkreten Einzelfall) gehören Hypotonie (Blutniederdruck) und eingeschränkte Leberfunktion. Eine Überdosis verursacht unter Umständen starken Abfall des Blutdrucks, sowie Verlangsamung oder Beschleunigung des Herzschlags, Trübung des Bewusstseins bis zur Bewusstlosigkeit, erhöhten Blutzuckerspiegel, Minderdurchblutung von Organen und Schock mit Lungenödem ausgelöst von Herzversagen.

Wir haben Nifedipin selbst synthetisiert, wobei zwei Intermediate entstehen (siehe Abbildung): Intermediat 1 ist das Produkt aus Acetessigsäuremethylester und 4-Nitrobenzaldehyd, Intermediat 2 aus Acetessigsäuremethylester und Ammoniak. Die beiden Intermediate reagieren zu einem Nifedipinderivat, welches sich vom



Nifedipin dadurch unterscheidet, dass wir das stark toxische 2-Nitrobenzaldehyd durch 4-Nitrobenzaldehyd ersetzt, und Wasser. Die zwei Pfeile in der Abbildung symbolisieren, dass die Reaktion zum Endprodukt über mehrere Zwischenschritte erfolgt. Wir hielten uns bei der Arbeit mit Nifedipin an die H- und P-Sätze, die vorsichtigen Kontakt und Schutzkleidung empfehlen.

mit dem Rillen-Noppen-Prinzip verschlossen, wobei eine Erhebung im Kapseloberteil in eine Vertiefung im Kapselunterteil greift. Wir haben im Kurs Hartgelatinekapseln mit einer 30-Kapsel-Maschine hergestellt.

Tabletten und Kapseln

JULIAN HARRISON-WIRTH

Außer den Synthesen und Nachweisen haben wir auch Tabletten und Kapseln hergestellt.

Tabletten werden aus Wirkstoffen, gemischt mit Füllmitteln, verpresst und bieten daher eine gute Dosierbarkeit. Da sie schnell und billig herzustellen sind, machen sie 50 % der verkauften Medikamente aus. Wir haben sie mit einer Tablettenmaschine gepresst, die den oberen, beweglichen Stempel auf den unteren, feststehenden presst. Durch den Druck wird dabei das Pulver so stark verdichtet, dass Tabletten entstehen.

Kapseln bieten hohe Individualität, da sie von Apotheken herstellbar sind und außerdem verschiedene Arten und Füllungstypen ermöglichen. So gibt es etwa Stärkekapseln, die heute selten genutzt werden, da sie sehr feuchtigkeitsempfindlich sind. Stattdessen werden Hartgelatinekapseln aus Gelatinemasse zur Aufnahme von Pulvern, Granulaten, Pellets und Mikrokapseln benutzt. Diese Kapseln werden meist



Exkursion

ANNIKA GERNSECK

Um etwas über den Beruf eines Chemikers zu erfahren, machten wir uns am Mittwoch den 28. August in zwei Kleinbussen Richtung Darmstadt auf. Als wir die große blaue Pyramide entdeckten, wussten wir, dass wir hier richtig

waren. Diese Pyramide steht am Eingang zur Firma Merck. Merck ist eine pharmazeutische und chemische Industriestätte. Insgesamt beschäftigt sie weltweit ca. 38 000 Mitarbeiter. Davon alleine 8 100 Mitarbeiter in Darmstadt. Nachdem wir unsere Besucherausweise und eine kurze Einweisung erhalten hatten, durften wir auf das Werksgelände. Wir fuhren mit einem Bus zu einem Labor, in dem wir bereits erwartet wurden. Dort bekamen wir eine kurze Unterweisung zur Laborsicherheit und hörten einen Vortrag über IR-Spektroskopie sowie Gaschromatographie.

Spektroskopie ist ein Analyseverfahren. Bei der Infrarotspektroskopie (kurz: IR-Spektroskopie) wird in Nah-IR, Mittel-IR und Fern-IR unterschieden. Durch die Infrarotstrahlung (Wärmestrahlung) werden die Moleküle in Schwingung versetzt, wobei die Strahlung durch die Moleküle absorbiert wird. Das Ausmaß der Absorption von Strahlung über verschiedene Wellenlängen ist für ein Molekül spezifisch. Man benutzt die IR-Spektroskopie, um z. B. Substanzen an Hand von Referenzproben zu identifizieren. Nur falls die Spektren genau gleich aussehen, handelt es sich auch um die gleiche Substanz. Man kann damit auch die Struktur von unbekannten Substanzen untersuchen.

Bei der Chromatographie handelt es sich um ein Trennverfahren für Stoffgemische. Es gibt verschiedene Arten der Chromatographie (z. B. Dünnschicht-, Säulen- oder Gaschromatographie). Bei der Gaschromatographie können nur Stoffe getrennt werden, die gasförmig oder unzersetzt verdampfbar sind. Es gibt wie bei allen chromatographischen Verfahren eine mobile und eine stationäre Phase. Die mobile Phase ist bei der Gaschromatographie gasförmig, meist Helium oder Stickstoff. Für die stationäre Phase wird eine Trennsäule eingesetzt. Hierbei handelt es sich um ein aufgedrehtes, zehn bis zweihundert Meter langes Quarzrohr, das mit einer bestimmten stationären Phase ausgekleidet ist. Je nachdem wie die Eigenschaften (Polarität) der verschiedenen Moleküle sind, ist die Wechselwirkung mit der stationären Phase stärker oder schwächer, das heißt sie verbleiben länger oder kürzer in der stationären Phase. Ein Detektor stellt den Austrittszeitpunkt der einzelnen Substanzen aus der Säule fest. Die-

ser kann dann graphisch dargestellt und mit bekannten Referenzen verglichen werden.

Im Anschluss an die Vorträge durften wir dann praktisch tätig werden und selbst eine Dünnschichtchromatographie durchführen. Wir wurden in drei Gruppen aufgeteilt. Jede Gruppe sollte Farbgemische, die mit grün, blau und rot gekennzeichnet waren, auftrennen, wobei unterschiedliche Fließmittel (mobile Phase) und stationäre Phasen verwendet wurden. Anschließend wurden die Fließmittel hinsichtlich ihrer Eignung für die Trennung der Farbstoffe bewertet. Nachdem wir unsere Ergebnisse ausgewertet hatten, gingen wir in einer der vier Kantinen von Merck Mittagessen.



Nach der Mittagspause legten wir wieder unsere Schutzkleidung und -brillen an und besichtigten die Labore der Qualitätskontrolle. Es war spannend und sehr informativ, da wir während laufender Untersuchungen ins Labor durften. Nach der Führung hatten wir noch die Möglichkeit, in einem kleinen Museum etwas über die Geschichte von Merck von den Ursprüngen als Apotheke bis hin zum großen Betrieb erfahren.

Der Ausflug hat uns sehr gut gefallen. Es war beeindruckend, dass das ganze Betriebsgelände wie eine eigene Stadt scheint, mit eigener Feuerwehr und eigenem Bahnhof. An diesem Tag konnten wir einen tollen Einblick bekommen, wie wir uns in solch einem Betrieb beruflich engagieren können.

Quellenangaben

- Chemie – Basiswissen der Chemie; 7. korrigierte Auflage 2001; Charles E. Mortimer; Georg Thieme Verlag Stuttgart, New York
- Netters Innere Medizin; 1. Auflage 2000; Frank H. Netter; Thieme Verlag
- Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie; 8. Auflage; 2005; Forth, Henschler, Rummel; Urban & Fischer Verlag
- Reptitorium Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie, 2. Auflage; 2012; K. Aktoris, U. Förstermann, F. B. Hofmann & K. Starke; Elsevier, Urban & Fischer Verlag
- Allgemeine und spezielle Pharmakologie und Toxikologie; Dr. Wolfgang Forth u.a.; 1983; Wissenschaftsverlag Bibliographisches Institut
- Packungsbeilage Aspirin
- <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7d/Aspirin.jpg> (25.9.2013 19:35)
- <http://www.chemieunterricht.de/dc2/phenol/nachw.html> (8.1.10.2013 15:33)
- http://de.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Karl_Johannes_Thiel (8.1.10.2013 19:14)
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen\(III\)-chlorid](http://de.wikipedia.org/wiki/Eisen(III)-chlorid) (8.1.10.2013 15:26)
- http://werkstoffe.e-learning.imb-uni-augsburg.de/system/files/RM_15.png (8.1.10.2013 19:24)
- <http://werkstoffe.e-learning.imb-uni-augsburg.de/book/export/html/1279> (17.10.2013 15:28)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Paracetamol> (06.07.2013, 09:49)
- <http://www.suchtmittel.de/?object=2901> (06.07.2013, 08:32)
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Chromatographie> (16.10.2013, 16:35)
- <https://www.chemie-biologie.uni-siegen.de/chemiedidaktik/service/fundgrube/chrom2.html?lang=de> (16.10.2013, 17:43)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Nifedipin> (06.10.2013, 12:05)
- http://www.whocc.no/atc_ddd_index/?code=C08CA05&showdescription=yes (06.10.2013, 12:13)
- <http://www.pharmawiki.ch/wiki/index.php?wiki=Nifedipin> (06.10.2013, 11:48)
- <http://www.chirurgie-portal.de/medikament/nifedipin-ratiopharm-20mg-ml-tropfen-z-einnehmen-30-ml-ratiopharm-gmbh-pzn-3146891.html> (06.10.2013, 12:37)
- http://www.merckmillipore.com/germany/life-science-research/nifedipine/EMD_BIO-481981/p_9Uqb.s1LIL8AAAEWfVhTm (06.10.2013, 12:08)
- http://www.polymedes.ch/polymedes/Schmerzspektrum/Durchblutungsstoerungen/Vasospastische_Angina_pectoris_175.html (06.10.2013, 13:04)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Methylorange> (06.10.2013, 11:15)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Azofarbstoff> (06.10.2013, 11:34)
- <http://www.code-knacker.de/toxizitaet.htm> (06.10.2013, 11:04)
- http://www.merckmillipore.de/germany/chemicals/methylorange-c-i-13025/MDA_CHEM-101322/p_G5ib.s1LZb4AAAEWZuEfVhTl (06.10.2013, 11:23)
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Kapsel_\(Medikament\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Kapsel_(Medikament)) (11.10.2013, 21:30)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Tablette> (11.10.2013, 21:54)
- http://de.wikipedia.org/wiki/Merck_KGaA (18.10.2013 21:52)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Gaschromatographie> (18.10.2013 21:55)
- http://www.ioc.uni-karlsruhe.de/downloads/Spektroskopie/IR_Spektren_Tabellen_Okt09.pdf (18.10.2013 22:02)
- <http://www.schultreff.de/referate/chemie/r0421t00.htm> (05.07.2013 19:33)
- <http://daten.didaktikchemie.uni-bayreuth.de/umat/aspirin/aspirin.htm> (06.07.2013 16:22)
- <http://www.grin.com/de/e-book/103189/entdeckung-und-entwicklung-der-acetylsalicylsaeure> (06.07.2013 16:43)
- [http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/\(SICI\)1615-1003\(200001\)29:1<32::AID-PAUZ32>3.0.CO;2-G/abstract](http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/(SICI)1615-1003(200001)29:1<32::AID-PAUZ32>3.0.CO;2-G/abstract) (06.07.2013 16:57)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Acetylsalicylsäure> (18.08.2013 10:24)
- <http://www.heilpraxisnet.de/naturheilpraxis/gefaehrliche-schmerzmittel-aspirin-paracetamol-900184.php> (05.10.2013 13:16)
- <http://hausarzt-in-ditzum.com/2007/06/25/acetylsalicylsaeure-ass> (07.10.2013 17:52)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Toxikologie> (01.09.2013 17:51)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Pharmakologie> (06.10.2013 16:23)

Kurs 3 – Germanistik/Geschichte: Martin Luther, Reformator der Kirche – Reformator der Sprache?



Vorwort

SEBASTIAN NEU, MARTIN CHRIST,
REBECCA ULSHÖFER

Der Kurs Germanistik/Geschichte nahm auf der Science Academy eine besondere Stellung ein, weil er sich nicht mit naturwissenschaftlichen Inhalten befasste. „Was hat Martin Luther zwischen Sternexplosionen und Vektoren zu suchen?“, könnte man sich fragen. Unser Kurs hatte in vielerlei Hinsicht andere Zielsetzungen und Fragestellungen als die anderen, naturwissenschaftlichen Kurse. So befassten wir uns mit der These, ob Martin Luther der Reformator der deutschen Sprache sei. Um den Teilnehmerinnen und Teilnehmern zu ermöglichen, diese These eigenständig zu untersuchen,

wurden sie an geisteswissenschaftliche Arbeitsweisen herangeführt. Unsere wichtigste Methode hierbei war die Quellenarbeit, bei der die Teilnehmer intensiv Quellen kritisch analysiert haben – oft auch als Originaltexte auf Frühneuhochdeutsch oder Mittelhochdeutsch, was diese Arbeit zu einer großen Herausforderung machte. Diese haben die Teilnehmer jedoch mit Bravour gemeistert. Diese Dokumentation bietet den Teilnehmerinnen und Teilnehmern im Folgenden die Möglichkeit, ihr mit großer Freude und beachtlichem Engagement erarbeitetes Wissen in strukturierter Form schriftlich festzuhalten.

Zunächst haben wir uns mit einer zeitlichen und örtlichen Eingrenzung beschäftigt und uns

vergegenwärtigt, wie sehr das Heilige Römische Reich Deutscher Nation sich vom heutigen Deutschland unterscheidet. Ebenso wichtig war die sprachgeschichtliche Einordnung des 16. Jahrhunderts und das grundsätzliche Verständnis von Quellen, um sich schließlich mit der Person Luthers fundiert auseinandersetzen zu können.

Im Zuge unserer Kursarbeit rückte dabei vor allem die Sprache Luthers in den Fokus. Um sich über diese einen Überblick zu verschaffen, war eine Auseinandersetzung mit Primärquellen, beispielsweise seiner Bibelübersetzung, nötig. Auch eine Interpretation seiner Übersetzungstechnik wurde durchgeführt. Des Weiteren haben wir uns mit der Wechselwirkung von Reformation und Buchdruck als Mittel der Sprachverbreitung beschäftigt und schließlich noch die Rezeption des Reformators vor allem durch die katholische Kirche behandelt.

Es war toll zu sehen, wie die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sich für die komplexen historischen und germanistischen Sachverhalte begeistern konnten – unsere Erwartung an die zwei Wochen wurde bei weitem übertroffen. Die Kursarbeit hat uns Kursleitern großen Spaß gemacht, und es war großartig, mit so motivierten und interessierten Schülerinnen und Schülern zu arbeiten.

Periodisierung und räumliche Einordnung

ZACHARIAS WIEDEMER, ANNA LIU

Wo befinden wir uns? In welcher Epoche bewegen wir uns? Was ist das „Heilige Römische Reich Deutscher Nation“, in dem Martin Luther geboren wurde und lebte? Um uns mit Luther und seinem Wirken auseinandersetzen zu können, müssen wir uns zunächst vor Augen führen, unter welchen kulturellen Umständen er lebte.

Räumliche Einordnung

Das Heilige Römische Reich Deutscher Nation – schon der Name lässt stutzen: Was hat Rom mit Deutschland zu tun? Damals sah man das

Reich als Nachfolger des antiken Römischen Reiches an. Zudem verdeutlichte der Zusatz „Heilig“ das Gottesgnadentum, das im Heiligen Römischen Reich Deutscher Nation von den Kaisern und Herrschenden zu ihrer Legitimation herangezogen wurde. Bestimmte Menschen hatten demnach von Gott einen Auftrag zum Herrschen bekommen. Zumindest nominell zeigte es also auch die enge Verbundenheit zwischen Kaiser und Papst.

Das Reich bestand von der Gründung durch Otto den I. 921 n. Chr., mit der er die Kaiseridee Karls des Großen verwirklichte, bis zur Auflösung des Reichs durch Napoleon 1806. Die Herrschaftsform war eine Monarchie, welche ständisch geprägt war. So bestand der obere Stand aus dem Adel (Grafen, Herzöge), der Mittelstand bestand aus dem Klerus (Geistliche) und der untere Stand aus den Bürgern und Bauern. Dabei hatte die untere Schicht, obwohl sie den mit Abstand größten Teil der Bevölkerung darstellte, fast keine Rechte gegenüber den ersten beiden Ständen. Die Grenzen des Reiches unterschieden sich von Jahrhundert zu Jahrhundert signifikant, da es zu jener Zeit immer wieder Kriege und Friedensverträge gab, die mit Änderungen der Reichsgrenzen einhergingen.

Luther lebte und wirkte vor allem in und um Wittenberg, einer Stadt mit damals ca. 2000 Einwohnern. Sie befindet sich im Osten des heutigen Bundeslandes Sachsen-Anhalt und war die erste Stadt, die eine Universität hatte, welche von Landesfürsten und nicht von der Kirche gegründet wurde. Da Luther in Mitteldeutschland lebte, konnten sich seine Schriften und Ideen zu allen Seiten des Reiches ausbreiten.

Zeitliche Einordnung

Martin Luther lebte von 1483 bis 1546, weshalb dieser Zeitraum für unseren Kurs besonders relevant war. Zu dieser Zeit wurde Frühneuhochdeutsch gesprochen, weshalb wir seine Texte, wie zum Beispiel die Bibelübersetzung, ohne größere Schwierigkeiten lesen und verstehen können, da dies die Sprachstufe ist, die direkt vor unserem heutigen Deutsch (Neuhochdeutsch) steht. In den Übergängen zwischen

diesen Sprachstufen liefen verschiedene Lautwandelprozesse ab, worauf wir später noch näher eingehen werden.

Um das 15. Jahrhundert wurde Nordamerika durch Kolumbus entdeckt, was auch signifikante Auswirkungen auf das Heilige Römische Reich hatte. Eine wichtige Erfindung dieser Zeit war der Buchdruck, welcher die Reformation erheblich voranbrachte, selbst aber wiederum von der Reformation profitierte.

Durch Holz- und Kupferstiche verbreiteten sich Wissen und Informationen auf einmal rasant. Auch Laien konnten nun selbst lesen und schreiben, sodass sie auch ohne priesterliche Auslegung die Heilige Schrift verstehen wollten. Gleichzeitig wurde der Bezug der Menschen zur Religion immer stärker. Sie machten Wallfahrten, glaubten an Wunder, verehrten Heilige und kauften Ablassbriefe, die sie vor Leiden nach dem Tod bewahren sollten.

Durch die Veränderungen wurden Anpassungen erforderlich: Kritik an Missständen der Kirche und Bemühungen um eine „Reform an Haupt und Gliedern“ waren die Folge.

Humanismus

Luther lebte zur Zeit des Humanismus. Diese Weltanschauung, welche die Gedanken der Philosophie der Antike aufgreift und sich an der Unabhängigkeit des Menschen orientiert, breitete sich im 15. und 16. Jahrhundert über den größten Teil Europas aus. Zu dieser Zeit lebte auch Erasmus von Rotterdam (ca. 1467–1536), ein katholischer Priester, welcher der Meinung war, dass die Kirche einer tiefgreifenden Veränderung bedurfte. Allerdings blieb er bis zu seinem Lebensende dem Papsttum treu, weshalb eine Diskussion zwischen ihm und Luther entbrannte. Sie begegneten sich aber nie, sondern korrespondierten nur über ihre Veröffentlichungen.

Der Renaissance-Humanismus war vor allem für die Sprache wichtig, denn die Menschen sahen sich selbst als schöpferisches Wesen. In den antiken Philosophiekreisen wurde immer wieder betont, dass der Unterschied zwischen Mensch und Tier die Sprache sei. Aus diesem Grund achteten Humanisten sehr stark auf eine

gepflegte Sprache, weshalb Luthers Versuch, ein überregionales Deutsch durchzusetzen, positive Resonanz fand.

Wichtig für Luthers Erfolg als Reformator, der einen Meilenstein in der deutschen Sprachgeschichte setzte, waren nicht nur seine revolutionären Ideen und Werke, sondern auch die örtlichen und zeitlichen Gegebenheiten. Luther hatte ideale Voraussetzungen, um Geschichte zu schreiben.

Entwicklung der deutschen Sprache

LEONIE BAISCH, NIKLAS KIENZLE

Die Sprache entwickelte sich keineswegs nur durch die Werke Einzelner, sondern sie veränderte sich im Lauf der Jahrhunderte, zu der Sprache, die wir heute kennen und sprechen.

Im Laufe der Geschichte lassen sich unterschiedliche Sprachstufen erkennen. Diese werden an Veränderungen der Syntax (Satzbau) oder der Orthographie (Rechtschreibung) festgemacht. Es ist sehr schwierig, die Stufen genau zu periodisieren, da die Schwerpunktlegung, also die Merkmale, auf die geachtet wird, in den Augen des Betrachters liegen und unterschiedlich interpretiert werden können. Ein Unterscheidungsmerkmal kann z. B. das Wegfallen oder Hinzufügen von Buchstaben sein. Deshalb sind sich auch die Wissenschaftler nicht einig, wann eine Sprachstufe beginnt und eine andere endet.

Im Deutschen gibt es vier Sprachstufen: Das Althochdeutsche (6./7. Jhd. bis ca. 1050), das Mittelhochdeutsche (ca. 1050 bis 1350), das Frühneuhochdeutsche (ca. 1350 bis 1650) und das Neuhochdeutsche (ca. 1650 bis heute). In unserem Kurs haben wir uns hauptsächlich mit dem Übergang vom Mittelhochdeutschen zum Frühneuhochdeutschen sowie dem Frühneuhochdeutschen an sich beschäftigt, da in dieser Zeit Martin Luther lebte und wirkte. In diesem Zusammenhang haben wir die Auswirkungen Luthers auf die Sprache untersucht. Außerdem ist diese Zeit auch für die Forschung sehr interessant, da das Frühneuhochdeutsche erst im Laufe der Jahre von Germanisten als

eigene Sprachstufe und nicht mehr nur als Übergang gesehen wurde. Mit der Zeit lernten wir dann auch, sprachliche Veränderungen selbst wahrzunehmen und zu interpretieren.

Wurzeln der deutschen Sprache

Die deutsche Sprachgeschichte hat ihren Ursprung im Indogermanischen, welches sich bedingt durch die Völkerwanderung vom westlichen Europa bis zum nördlichen Indien ausbreitete und spezialisierte. Daraus entwickelte sich in den umliegenden Gebieten der Nordsee das Germanische. Das erste Textzeugnis der deutschen Sprache verkörpert die Wulfilabibel, eine Übersetzung des Neuen Testaments in das Gotische, eine Form des Germanischen.

Die Sprachstufen

Das Althochdeutsche

Ab dem 6. Jahrhundert nach Christus und mit dem Ende der Völkerwanderung entstand dann das Althochdeutsche. Hochdeutsch wird hier als sprachgeografischer Begriff gebraucht und ist nicht im Sinne der Dialektlosigkeit gemeint. Das Hochdeutsche ist schlicht eine Form des Deutschen, das früher eher in Süd- und Mitteldeutschland gesprochen wurde. Nach und nach verdrängte es dann das Niederdeutsche, das zu dieser Zeit in Norddeutschland geläufig war. Mit *Hoch* und *Nieder* sind also rein geographische Aspekte gemeint. Im Althochdeutschen ist das heutige Deutsch nur geringfügig wiederzuerkennen. Sprachliche Veränderungen dieser Zeit waren zum Beispiel, dass aus Verschlusslauten (p,t,k) Zischlaute (f,s), beziehungsweise Affrikaten (pf, ts, kh) wurden. Aus Reibelauten (b,d,g) wurden Verschlusslaute (p,t,k). Als Beispiel für einen Althochdeutschen Text sind hier die ersten Verse des Hildebrandsliedes zu lesen:

Ik gehorta dat seggen,
dat sih urhettun aenon muotin,
Hiltibrant enti hadubrant untar heriun tuem.
Sunufatarungo iro saro rihtun.

Dieses Lied handelt von zwei blutsverwandten Kriegern verschiedener Stämme (Vater und

Sohn), die sich im Kampf gegenüber stehen, ohne jedoch von ihrer Verwandtschaft zu wissen. Das Ende des Liedes ist nicht überliefert, es steht also nicht fest, wer den Kampf gewonnen bzw. verloren hat. Zweifelsfrei ist hier jedoch zu erkennen, dass die Sprache, wie bereits erwähnt, für Laien kaum zu verstehen ist.

Das Mittelhochdeutsche

Dem Althochdeutschen folgte das Mittelhochdeutsche, welches ungefähr von 1050 bis 1350 gesprochen wurde. Auch dort gab es im 11. Jahrhundert nach Meinung vieler Sprachforscher deutliche sprachliche Veränderungen, in diesem Fall Lautwandelerscheinungen: Die Abschwächung unbetonter Vokale (taga wurde zu tage), die deutliche Ausbildung von Umlauten und Diphthongen (zwei zusammengehörige Vokale, die getrennt gesprochen werden) und Abschwächen oder Weglassen von Konsonanten hinter Vokalen (Gitragidi wird zu Getreide). Außerdem sind nun auch mehr Texte der deutschen Sprache überliefert. Als Beispiel lässt sich ein berühmtes Gedicht von Walther von der Vogelweide, einem bedeutenden Lyriker und Minnesänger des Mittelalters, nennen:

Ich saz ûf eime steine,
und dahte bein mit beine,
dar ûf satzt ich den ellenbogen;
ich hete in mîne hant gesmogen
das kinne und ein mîn wange.

Auch wenn der Text uns sehr fremd erscheint, so kann man ihn doch schon relativ gut lesen und auch verstehen. Er stellt also im Vergleich zum althochdeutschen Text eine deutliche Veränderung der Sprache dar.

Das Frühneuhochdeutsche

Das Frühneuhochdeutsche löste das zuvor gesprochene Mittelhochdeutsche ab. Es wurde etwa von 1350 bis 1650 gesprochen. Mit dieser Sprachstufe haben wir uns im Kurs hauptsächlich beschäftigt. Im Frühneuhochdeutschen gab es mehrere Kanzleisprachen wie zum Beispiel die Prager Kanzleisprache und die Sächsische Kanzleisprache, welche Luther benutzte. Die Kanzleisprache wird in Kanzleien (Gebiete,

in denen eine Mundart gesprochen wird) im Schriftverkehr und zur Erstellung von Urkunden verwendet. Der Einfluss dieser Kanzleien, der Reformatoren, sowie auch des Buchdrucks und den an den Universitäten gesprochenen Sprachen Latein und Französisch sind aus der Entwicklung der Sprache dieser Zeit nicht wegzudenken.

Außerdem entwickelte sich in dieser Zeit ein größeres Textsortenspektrum, zu dem unter anderem der Schwank, ein Vorläufer des Witzes, gehörte. Auch private Personen begannen zu schreiben. So sind aus dieser Epoche erstmals Dokumente wie private Briefe oder Memoiren überliefert.

In dieser Sprachstufe vollzogen sich auch Veränderungen im Schriftbild, wie zum Beispiel die Monophthongierung (zwei Laute werden zu einem, also zum Beispiel: „uo“ wird zu „u“) und die Diphthongierung (ein Laut wird zu zwei Lauten, also wird zum Beispiel: aus „i“ der Laut „ei“). Gesprochen wurde so aber höchstwahrscheinlich schon früher.

Beispielsatz für die Monophthongierung: Aus „liebe guote brüeder“ wird „liebe gute brüder“

Beispielsatz für die Diphthongierung: Aus „mîn niuwes hûs“ wird „mein neues Haus“

Außerdem gab es Änderungen bezüglich der Syntax, das heißt, dass die Satzstruktur neu geordnet wurde (zum Beispiel muss das Verb im Hauptsatz an zweiter und im Nebensatz an letzter Stelle stehen). Ebenfalls wurden unsere heutigen Satzzeichen anstelle der Virgel, die wir heute als Schrägstrich kennen, als Zeichen für das Ende eines Satzes verwendet.

Das Neuhochdeutsche

Aus diesen Sprachstufen ging das Neuhochdeutsche, welches wir heute sprechen, hervor. Damit ist jedoch die Entwicklung der Sprache, wie man fälschlicherweise annehmen könnte, noch nicht zu Ende. Wir verändern unsere Sprache genauso, wie die Menschen vor 500 Jahren das getan haben. Es wird nie einen Stillstand in der Entwicklung der Sprache geben, da jede Generation durch Gesellschaft, Kultur usw. anders beeinflusst wird und dadurch auf die Sprache einwirkt. Als aktuelles Beispiel hierfür wäre

das Internet zu nennen, das immer stärker auf uns wirkt und dadurch auch auf die Sprache.

Quellenarbeit

FRIEDERIKE LUTZ

Wie sich Sprache vor unserer Zeit entwickelt hat, können wir heute anhand von Quellen nachvollziehen. Denn was wäre eine Geisteswissenschaft wie Geschichte ohne eine historische Quelle? Wie sollte ein Germanist die Sprachstufen rekonstruieren, wenn es keine Texte aus entsprechender Zeit gäbe? Aus diesem Grund sind Quellen für die Germanistik und Geschichte unverzichtbar. So stellten sie auch in unserem Kurs eine wichtige Basis unserer Arbeit dar. Entsprechend intensiv widmeten wir uns deren Bearbeitung.

Was ist eine Quelle?

Eine Quelle ist im geschichtswissenschaftlichen Sinne ein geschriebenes, visuelles, abstraktes oder gegenständliches Objekt, das den Betrachter in Kenntnis über die Vergangenheit setzt. Allerdings kann die Definition je nach Schwerpunktsetzung variieren. In unserem Fall ist eine Quelle deshalb ein Objekt mit Bezug zur Reformation, das Aufschluss über geschichtliche oder germanistische Daten und Zusammenhänge gibt.

Welche Arten von Quellen gibt es?

Im Allgemeinen können Quellen sehr unterschiedlich klassifiziert werden, da es keine Einteilung gibt, die von allen Historikern geteilt wird.

Primärquellen

Allerdings unterscheidet man Primär- und Sekundärquellen. Eine Primärquelle hat ihren Ursprung in der Zeit, von der sie handelt. Ein Beispiel für eine Primärquelle aus der Zeit der Reformation ist die Bannandrohungsbulle aus dem Jahr 1520.

Eine Primärquelle kann, wie bereits erwähnt, ein geschriebenes Objekt sein. Unter diese Kategorie fallen exemplarisch: Briefe, Tagebücher, Chroniken, Bücher, Flugblätter, Rechnungen, Urkunden, Akten, Verträge usw. Aufgrund ihrer Unterschiedlichkeit können schriftliche Quellen noch tiefer gehend unterteilt werden. Eine mögliche Unterteilung kann zwischen erzählenden Quellen (z. B. Annalen, Chroniken, Kompendien, Biographien, fiktive Werke, etc.), Urkunden und Akten (auch diplomatische Quellen), sozialen und fiskalen Dokumenten (z. B. Geburtenregister, Volkszählungen, Steuerbücher, Rechnungen, Belege) und Selbstzeugnissen (auch Ego-Dokumente genannt, z. B. Autobiographien, Briefe, Memoiren) vorgenommen werden.

Daneben gibt es visuelle Quellen. Dazu zählen zum Beispiel: Gemälde, Holzschnitte, Drucke, Karikaturen und Flugblätter. Darüber hinaus existieren noch gegenständliche Quellen. Beispiele wären in diesem Fall: Bauwerke, Siegel, Plaketten, Münzen, aber auch Bücher, da der Einband und die Art und Weise der Verarbeitung bis hin zur Entstehung des Buches wichtige Informationen über Arbeitstechniken und Materialverwendung geben können.

Schließlich gibt es noch abstrakte Quellen. Diese lassen sich nicht eindeutig einer der bereits genannten Arten von Quellen zuordnen, weshalb man diese in eine eigene Rubrik einteilt. Eine abstrakte Quelle ist beispielsweise ein Volksfest, das schon seit Jahrhunderten in einem Dorf gefeiert wird. Es gibt Aufschluss über Tradition, Lebensweise und Gepflogenheiten der Einwohner. Allerdings sind die Grenzen zwischen den unterschiedlichen Quellenarten fließend. Viele Dokumente können deshalb in mehrere Kategorien gleichzeitig fallen. Demnach kann ein Gerichtsprotokoll:

- die Geschichte des Angeklagten erzählen
- Urkunden enthalten und als Akte abgelegt werden
- fiskale Einordnungen und Einschätzungen enthalten
- die Situation des Klägers / der Kläger aufnehmen

Sekundärquellen

Dies war lediglich die Unterteilung der Primärquellen, aber auch Sekundärquellen können unterteilt werden, indem man sie ihrem jeweiligen Bezugsgebiet zuordnet. So etwa Politikgeschichte, Sozialgeschichte, Gender-History, Post-Modern History und dergleichen.

Im Allgemeinen spricht man von einer Sekundärquelle, wenn es sich um eine Quelle (meist schriftlicher Form) handelt, die Bezug auf eine Primärquelle nimmt. Bei solch einer Art von Quelle kann es sich aber auch durchaus um Abschriften und Zitate aus Primärquellen handeln.

Neben dieser Möglichkeit, Quellen zu unterteilen, indem man sie ihrem jeweiligen Bezugsgebiet zuordnet, gibt es noch das Kriterium „Tradition und Überrest“. Als Überrest wird bezeichnet, was direkt aus der Vergangenheit, ohne Blick auf die Nachwelt, erhalten geblieben ist. Als Tradition hingegen gelten Quellen, wenn sie zwar auch aus der Vergangenheit erhalten sind, jedoch durch ein Bild vermittelt werden. Beispielsweise ist demnach ein Überrest ein Brauch, eine Tradition hingegen z. B. Memoiren.

Doch Quellen können auch auf andere Weise unterteilt werden, nämlich in deskriptive und normative Quellen. Eine deskriptive Quelle soll dem Leser eine möglichst wertfreie Darstellung, der von ihm beobachteten Wirklichkeit bieten. Sie kann somit bis zu einem gewissen Grad von Subjektivität – oder zumindest versuchter Subjektivität – geprägt sein. Im Wesentlichen jedoch erfüllt eine deskriptive Quelle die Aufgabe der Beschreibung sowie Sachlichkeit zu vermitteln. Beispiele wären Memoiren oder ein Reisebericht.

Eine normative Quelle wieder legt eine Norm fest. Sie gibt also Anweisung, wie sich jemand zu verhalten hat, oder wie etwas gehandhabt werden sollte. Eine Quelle normativer Natur könnte somit ein Gesetzesblatt oder ein verschriftlichtes Verbot sein.

Zusammenfassend weisen alle drei Unterteilungsmöglichkeiten Schwächen und Stärken auf. Außerdem kann es oft passieren, dass sich die jeweiligen Ergebnisse verschiedener Methoden

und Quellenbearbeitungen unterscheiden.

Wie wird eine Quelle generell bearbeitet?

Je nachdem, welche Informationen eine Quelle liefern soll, und was man mit ihrer Hilfe belegen, erläutern oder weiter ausführen möchte, variiert die Bearbeitungsweise enorm abhängig von der Schwerpunktsetzung. So entstehen auch gewisse Unterschiede bei der Bearbeitung einer Quelle im germanistischen oder historischen Sinne. Zunächst jedoch ist es entscheidend für Germanisten oder Historiker, eine Basis zu legen. In diesem Fall mit Hilfe eines Fragenkatalogs, der Aufschluss über Rahmenbedingungen und entscheidende Fakten geben soll und somit einen anfänglichen Überblick verschafft:

- Wer? (Autor)
- Wann wurde die Quelle verfasst? (siehe Autor, Geschehen)
- Warum? (Verfassungsgrund)
- Wo? (Verfassungsort)
- Wie? Welches Material? (Tinte, Papier, ...)
- Für wen? (Adressaten)
- Was? (Inhalt)

Allerdings sollte selbst dem ehrgeizigsten Germanisten und Historiker im Vornhinein schon klar sein, dass es nicht immer möglich ist, alle Fragen zu beantworten, etwa aufgrund von fehlenden Informationen oder zu wenigen Anhaltspunkten in der Quelle. Eine Quelle stellt ein (ur-)altes Objekt dar, das Geheimnisse und Mythen birgt und diese häufiger nicht ohne Mühsal freigibt. Gerade deshalb ist es umso wichtiger, sich jede Frage mehrmals durch den Kopf gehen zu lassen, immer eine kritische Haltung anzunehmen und sich selbst zu fragen, was relevant ist und was nicht und in welchem Bezug diese Relevanz eine Rolle spielt. Zudem sollte man sich immer einer elementaren Frage bewusst sein: Was zeigt oder bedeutet eine Auffälligkeit? Dabei ist es unabdingbar, auf den Kontext zu achten und ihn in den korrekten Zusammenhang zu bringen. Denn beim Analysieren einer Quelle geht es in erster Linie natürlich darum, Ergebnisse zu sichern, aber auch kritisch zu hinterfragen.

Wie wird eine Quelle im historischen Sinne bearbeitet?

Um einen Überblick über die Quellenarbeit aus der Sicht eines Historikers zu bekommen, wird an dieser Stelle eine Textpassage aus einem Brief Luthers als Textvorlage dienen.

Brief von Luther an Spalatin vom 29. Dezember 1520, geschrieben aus Wittenberg:

„Ihr erbittet darin von mir Auskunft, was ich im Falle einer Vorladung durch Kaiser Karl tun werde. Ich meinerseits werde, soviel dann auf mich ankommt, einer Vorladung Folge leisten; wenn ich gesund nicht kommen kann, lasse ich mich krank hinführen. Denn darauf darf es keinen Zweifel geben: Ein Ruf des Kaisers bedeutet, dass ich von Gott gerufen werde. Ferner: Wenn sie, was wahrscheinlich ist, Gewalt anwenden – denn sie betreiben meine Vorladung gewiss nicht, um eines Besseren belehrt zu werden –, so muss die Sache dem Herrn befohlen werden. [...] Will er (mich) nicht schützen, so ist mein Haupt eine Kleinigkeit im Vergleich zu Christus [...]. Hier darf es keine Rücksicht auf Gefahr oder Wohl und Wehe geben; hier gibt es vielmehr nur eine Sorge: dass wir das Evangelium, mit dem wir angetreten sind, nicht dem Spott der Gottlosen preisgeben, dass wir den Feinden keinen Anlass zum Triumph über uns geben, als wagten wir kein freies Bekenntnis unserer Lehre, dass wir uns nicht fürchten, unser Blut für das Evangelium zu vergießen. Vor solcher Feigheit bei uns und solchem Triumph bei ihnen bewahre und Christus in seiner Barmherzigkeit! Amen. [...]“

Die allererste Hürde, die es zu nehmen gilt, ist es, eine Basis zu schaffen. Deshalb zieht man zunächst den Fragenkatalog zu Rate:

- Wer hat die Quelle verfasst?
→ Martin Luther
- Wann wurde die Quelle verfasst?
→ Am 29. Dezember 1520
- Warum war es nötig, die Quelle zu verfassen?
→ Als Antwortschreiben auf einen vorherigen Brief.
- Wo wurde die Quelle verfasst?

→ In Wittenberg

- Wie? Welches Material?
→ Kann in diesem Fall nicht bestimmt werden, da es sich um eine Abschrift bzw. Kopie handelt und nicht um das Original.
- Für wen?
→ An Georg Spalatin
- Was?
→ Brief:
 - Luther unterwirft sich Gottes Wille
 - legt sein Schicksal in Gottes Hände
→ Vertrauen
 - Ziel war es, den Menschen ein „berichtigtes“ Bild Gottes zu zeigen.
 - Stellt dieses Ziel über eigene Bedürfnisse
 - Festhalten an seiner Lehre und Überzeugung

Nachdem nun also eine Basis geschaffen wurde, kann man näher ins Detail gehen, egal, ob man sich näher mit der Persönlichkeit Luthers, seinen Ansichten oder auch seiner Wirkung und der Verbreitung seiner Texte befassen möchte. Ohne vorher einen Rahmen abzustecken, lässt sich keine der darauf folgenden Fragen beantworten.

Wie wird eine Quelle im germanistischen Sinne bearbeitet?

Um nun einen Einblick in die quellenbezogene Arbeit des Germanisten zu bekommen, wird exemplarisch das Beispiel des Psalms 23 behandelt.

Martin Luthers Übersetzung, 1524

*„Der HERR. Ist meyn hirtte/
myr wird nichts mangeln.*

*Er lesst mich weyden da viel gras steht/
und furet mich zum Wasser das mich erkulet.*

*Er erquicket meyne seele/
er furet mich auff rechter strasse umb seyns
namens willen.*

*Und ob ich schon wandert ym finstern tal/
furcht ich keyn ungluck/*

Denn du bist bey myr.

Deyn stecken und stab trösten mich.“

Äquivalent zur Bearbeitung im historischen Sinne wird zunächst der Fragenkatalog zu Rate gezogen:

- Wer?
→ Übersetzer: Martin Luther
- Wann wurde die Übersetzung angefertigt?
→ 1524
- Wo?
→ Gibt die Quelle nicht preis
- Wie? Welches Material?
→ Kann in diesem Fall nicht bestimmt werden, da es sich um eine Abschrift bzw. Kopie handelt und nicht um das Original.
- Für wen?
→ Die Übersetzung war an das breite Volk gerichtet.
- Was?
→ Da es sich um einen Bibeltext handelt, ist der Inhalt religiöser Natur. In diesem Fall wird von Gottes Rolle als Beschützer seiner gläubigen Anhänger berichtet.

Doch was unterscheidet nun die Arbeit eines Historikers von der eines Germanisten im Bereich der Quellenarbeit? Ganz einfach: Die Schwerpunktsetzung. Der oben stehende Psalm 23 bietet für einen Historiker auf den ersten Blick eher weniger als für einen Germanisten. Dem germanistischen Auge jedoch bietet sich eine Vielzahl von Auffälligkeiten. Beginnt man zum Beispiel mit der Periodisierung des Textes bzw. der Übersetzung in einen sprachgeschichtlichen Rahmen, so lässt sich dieser der Sprachepoche des Frühneuhochdeutschen zuordnen. Zudem fallen noch folgende Auffälligkeiten ins Auge:

- Groß- und Kleinschreibung
- unregelmäßige Setzung des i/y
- einige Doppelkonsonanten
- phonetisches Prinzip findet Anwendung
- Virgel als „Trennungszeichen“
- teilweise Nutzung von Umlauten
- keine Kommata
- Punktsetzung als Satzbegrenzung
- „HERR“ in Großbuchstaben
→ Priorität im Alltag/Leben der Menschen

Zusammenfassend lässt sich noch ein weiteres Mal betonen, wie unverzichtbar und grundlegend Quellen sind. Durch intensive Bearbeitung konnte jeder der Kursteilnehmer viel im Umgang mit ihnen lernen und ein gewisses Gespür für das Hinterfragen und die kritische Analysieren entwickeln. Eine Bereicherung, die noch über die Akademie hinaus Anwendung finden wird.

Martin Luther

SARAH KATJA HEROLD, PHILIPP
SCHRÖPPEL

Viele der von uns behandelten Quellen sind von Martin Luther verfasst worden; schließlich ist er der Kern unseres Kurses. Nun stellt sich jedoch die Frage: Wer war Martin Luther eigentlich?

Der Name Martin Luther dürfte wohl allen ein Begriff sein. Er war ein Mann, der die Ansichten der katholischen Kirche mit Skepsis betrachtete, der Gott als gnädig ansah, der letztendlich unabsichtlich eine Spaltung der Kirche bewirkte. In unserem Kurs haben wir uns mit all diesen Punkten beschäftigt. Zur näheren Untersuchung des Sachverhalts haben wir die These aufgestellt: Luther beeinflusste als Reformator der Kirche auch die deutsche Sprache.

Kindheit, Jugend und Studium

Martin Luther wurde als zweiter Sohn von Margarethe und Hans Luder am 10. November 1483 in Eisleben, Thüringen, geboren. Er hatte acht Geschwister, und ab seinem fünften Lebensjahr besuchte er für neun Jahre die Mansfelder Stadtschule nahe Eisleben. Anschließend ging er für ein Jahr auf die Magdeburger Domschule, und schließlich schickten ihn seine Eltern von 1498 bis 1501 nach Eisenach auf die Pfarrschule zu St. Georgen, in der er seine Lateinkenntnisse vervollständigte.

Sein Vater, zuerst Bauer, dann Bergmann und schließlich Mineneigner, kam im Laufe der Jahre zu einem kleinen Vermögen, da der Bergbau zu dieser Zeit stark florierte. Später wurde er Ratsherr, was es Luther ermöglichte zu studieren. So begann Luther sein Studium im Jah-

re 1501 an der Universität Erfurts. Dort studierte er die „Septem artes liberales“ (Sieben freie Künste: Grammatik, Rhetorik, Dialektik, Arithmetik, Geometrie, Musik und Astronomie). Im Januar 1505 schloss er seine akademische Grundausbildung mit den Magister Artium ab. Auf Anraten seines Vaters begann er anschließend im Sommer 1505 sein Jurastudium, brach dieses aber ab. Später behauptete er unter anderem in seinen Tischreden, dass das sogenannte „Blitzschlagereignis“ seinen Eintritt ins Kloster bewirkt hätte.



Martin Luther. Porträt von Lucas Cranach d. Ä., 1529.

Blitzschlagereignis

Der Legende nach besuchte Luther einige Wochen nach Beginn seines Jurastudiums seine Eltern in Mansfeld. Am 2. Juli 1505, so heißt es, kam er auf seinem Heimweg nach Erfurt in ein gewaltiges Gewitter bei einem Dorf namens Stotternheim. Auf freiem Feld stehend suchte er Schutz unter einem Baum, doch da ließ ihn

ein Blitzschlag sich zu Boden werfen. In seiner Todesangst schwor er der Heiligen Anna, der Mutter Marias: „Ich will Mönch werden, wenn ich das hier überlebe!“ Rund zwei Wochen später, am 17. Juli 1505, trat Luther in das Kloster der Augustiner-Eremiten in Erfurt ein.

Heute ist diese Version der Ereignisse jedoch umstritten. Wahrscheinlicher ist es, dass Luther schon vor dem eigentlichen Blitzschlagereignis mit dem Gedanken gespielt hatte, in einen Orden einzutreten, jedoch einen Vorwand suchte, gegen den Willen seines Vaters Geistlicher zu werden.

Ordensleben

Luther befolgte die Ordensregeln stets streng und penibel und wurde bereits nach zwei Jahren zunächst zum Diakon und dann zum Priester geweiht. Trotz aufrichtiger Reue und Buße war Luther stets von Gewissensbissen geplagt, da er sich ständig von seinen Sünden und dem Teufel verfolgt fühlte. Er fragte sich: „Wie kann ich als sündiger Mensch vor Gott bestehen?“ In seiner Ordenszeit lebte Luther, wie viele Menschen jener Zeit, in Angst vor der Vergeltung seiner Sünden und dem Fegefeuer.

Da Luther an sich selbst zu verzweifeln drohte, legte ihm sein Beichtvater Johann von Staupitz nahe, ein Theologiestudium zu beginnen. Luther stimmte zu und trat 1508 sein Studium in Wittenberg an. Dort lernte er unter anderem die Überzeugung Wilhelm von Ockhams kennen, die im Wesentlichen auf dem freien Willen des Menschen beruht. Nachdem Luther 1509 den Grad „Baccalaureus sententiarum“ erworben hatte, wurde er nach Erfurt zurückbeordert.

Als Luther 1510 aus ordenspolitischen Gründen nach Rom reiste, rutschte er auf Knien die „heilige Treppe“ am Lateran hinauf, um einen verstorbenen Verwandten aus dem Fegefeuer zu befreien. Luther war erschreckt von den Zuständen, die er in Rom vorfand.

1511 nahm Luther auf Anraten seines Beichtvaters Johann von Staupitz den Lehrstuhl „Lectura in Biblia“ in Wittenberg an.

Turmerlebnis

Der Begriff Turmerlebnis beschreibt Luthers angebliche spontane Erleuchtung, durch die er das Prinzip der Gerechtigkeit Gottes entdeckte. Daraus ging unter anderem der Grundsatz „sola gratia“ (allein aus Gnade) hervor. Diese Erkenntnis gewann Luther aus dem Bibelvers Röm 1,17: („Denn darin wird offenbart die Gerechtigkeit, die vor Gott gilt, welche aus Glauben in Glauben; wie geschrieben steht: ‚Der Gerechte wird aus Glauben leben.‘“). Dieses Ereignis, das angeblich in Luthers Arbeitszimmer im Südturm des Augustinerklosters in Wittenberg stattfand, führte zu einem völlig neuen Schriftverständnis Luthers. Wie auch schon das Blitzschlagereignis ist das Turmerlebnis nicht belegbar.

Heutige Historiker gehen von einer allmählichen Veränderung von Luthers Schriftverständnis aus. Sein „neues“ Schriftverständnis führte zu neuen theologischen Ansätzen, die für den Verlauf der Reformation und die heutige protestantisch-lutheranische Kirche prägend sind. Sie lassen sich in drei lateinischen Aussprüchen zusammenfassen:

1. sola gratia (allein aus Gnade)
2. sola fide (allein durch den Glauben)
3. sola scriptura (nur die Heilige Schrift)

95 Thesen

Überzeugt und mit der Gewissheit, im Sinne Gottes zu handeln, verfasste Luther im Oktober 1517 seine 95 Thesen, die sich direkt gegen den Ablasshandel der katholischen Kirche richteten. Am 31. Oktober 1517 soll laut Philipp Melanchton der Thesenanschlag am Tor der Schlosskirche in Wittenberg stattgefunden haben.

Zu jener Zeit wollte Luther die Kirche reformieren und nicht spalten. Er suchte den Dialog mit der Kirchenführung. Aus diesem Grund soll er ein Exemplar seiner 95 Thesen dem Papst geschickt haben. Die Thesen wurden anfangs von der katholischen Kirche ignoriert. Erst als das gemeine Volk Zugang zu den Thesen erlangte, bekamen Luthers Thesen die Aufmerksamkeit, die er sich erhofft hatte.

Die Schrift, die den kommerziellen Handel mit Ablassbriefen stark verurteilte, war die erste Schrift Luthers, in der er die katholische Kirche offen kritisierte. Die Thesen sind in die reformatorischen Schriften Luthers beziehungsweise die Werke einzuordnen, die zur Abgrenzung gegenüber der römisch-katholischen Lehrenten. Spätere Schriften Luthers dienten unter anderem zur Abgrenzung gegenüber anderen Reformatoren, da es auch unter den Protestanten unterschiedliche Standpunkte gab (zum Beispiel Calvinisten und Zwingliane).

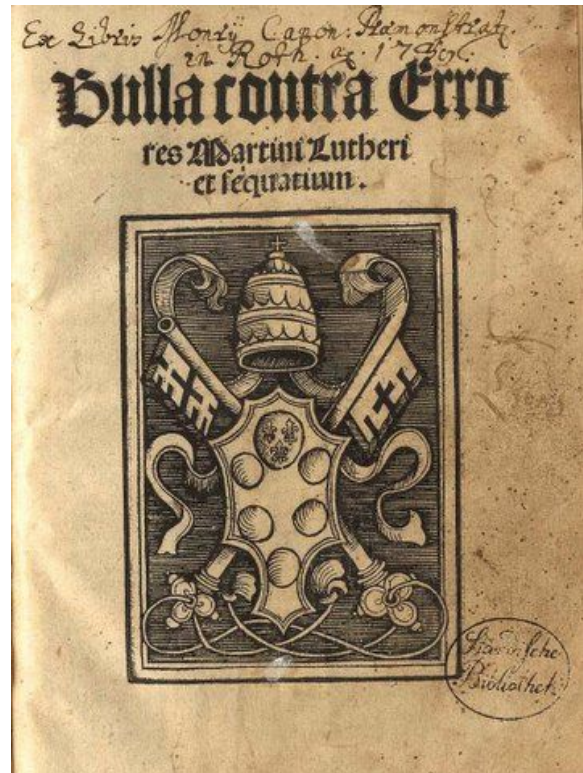
Reichstag zu Worms

Luther geriet durch die Schriften, die er veröffentlichte, immer mehr in Konflikt mit der geistlichen Kirchenobrigkeit im Vatikan. Am 15. Juni 1520 erließ der Papst die Bannandrohungsbulle „Exsurge Domine“, welche Luther mit der Exkommunikation, also dem Ausschluss aus der katholischen Kirche drohte, falls er seine Schrift nicht widerriefe. Luther verbrannte die Bulle und weitere geistliche Schriften vor den Toren Wittenbergs. Daraufhin wurde er am 3. Januar 1521 exkommuniziert.

Luthers wichtigster Unterstützer war Kurfürst Friedrich der Weise von Sachsen. Er veranlasste, dass Luther, der zunehmend an Bekanntheit gewann, seine Denkweise nochmals vortragen und verteidigen konnte. Dies geschah am 17. April 1521 während des Reichstags zu Worms. Als Luther zum letzten Mal zur Widerrufung seiner Thesen aufgefordert wurde, antwortete er der Legende zufolge mit dem heutzutage bekannten Ausspruch: „Hier stehe ich, ich kann nicht anders, Gott helfe mir, Amen.“ Als Folge darauf wurde Luther „vogelfrei“ gesprochen, was bedeutete, dass er alle seine Rechte verlor. Kurfürst Friedrich der Weise von Sachsen, der die Gefahr erkannte, ließ ihn entführen und zu seinem Schutz auf die Wartburg bringen.

Bibelübersetzung

Luther, der sich unter dem Decknamen „Junker Jörg“ auf der Wartburg versteckt halten musste, übersetzte dort im Herbst 1521 das Neue Testament ins Deutsche. Als Vorlage dienten ihm dabei ein Exemplar der griechischen Bibel



Titelblatt der gedruckten Erstaussgabe der Bannandrohungsbulle „Exsurge Domine“ von 1520.

des Erasmus von Rotterdam und die Vulgata, eine Bibelübersetzung ins Lateinische aus dem vierten Jahrhundert. Luther legte vor allem auf die sinngemäße Übersetzung der Bibel wert, so dass der Inhalt der Bibel auch dem gemeinen Volk zuteilwerden konnte. Seine Erstübersetzung des Neuen Testaments wird auch Septembertestament genannt, da sie im September 1521 erschien. 1534 schloss Luther die Übersetzung des Alten Testaments ab. Die Lutherbibel war entstanden.

Familiengründung

Nachdem er die Reformation angestoßen hatte, zog sich Luther immer weiter aus den Konfessionskämpfen zurück. Jedoch kritisierte er die Bauernkriege noch aufs Schärfste und übte vor allem reformatorischen Einfluss in seiner Heimatstadt Wittenberg aus. Außerdem legte Luther immer mehr Augenmerk auf sein Familienleben, denn er lernte 1523 Katharina von Bora kennen, eine ehemalige Nonne, die nach Wittenberg geflohen war. Luther verlobte sich

mit ihr und heiratete sie am 27. Juni 1525. Sie hatten zusammen 6 Kinder.

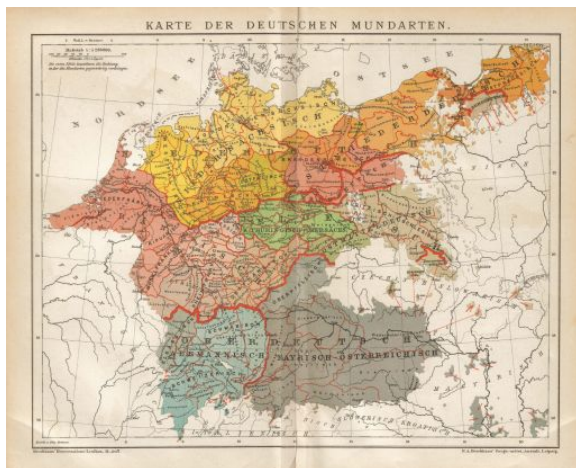
Luther starb während einer Reise nach Eisleben an einem Herzleiden.

Martin Luthers Übersetzungstheorie

JANA ZIMMERMANN

Aber wieso interessiert uns Martin Luther? Neben seinem Wirken als Reformator leistete er auch Großes für die deutsche Sprache. Dies schaffte er durch seine revolutionäre Übersetzungstheorie.

Martin Luther war der bekannteste Bibelübersetzer seiner Zeit. Seine Übersetzungen sind sogar noch heute populär. Doch was war seine Methode, die sie so besonders machten?



Deutsche Mundarten

Luther lebte im ostoberdeutschen, ostmitteldeutschen und niederdeutschen Grenzbereich. Dies erwies sich als ein großer Vorteil, denn so war bereits Luthers muttersprachlicher Wortschatz von mehreren Sprachräumen (Gebiete, in denen bestimmte Mundarten/Dialekte gesprochen werden) geprägt. Zudem erweiterte er seine Kenntnisse deutscher Wortlandschaften, in denen die einzelnen Mundarten zum Teil unterschiedlich ausgeprägt waren, durch häufiges Reisen und das Pflegen von Kontakten in weiten Teilen des Landes. Im Sendbrief vom Dolmetschen schreibt er: „[...] Denn wer dolmetschen will, muss großen Vorrat von Worten

haben [...]“

Desweiteren waren Luthers Texte lange dominiert durch die Latinität (Vorherrschen des Lateinischen). Später wurde der ostmitteldeutsch-ostoberdeutsche Raum eine erste Grundlage zum Wortschatzausgleich. Diese These ist darauf begründet, dass Luther die ostmitteldeutsche Sprache noch ein Stück näher an die Sprache des Südostens rückte, damit diese Sprache eine größere Reichweite erhielt und als Grundlage genutzt werden konnte. Dieser Vorgang war schon seit Jahrhunderten stetig in Gange. Die relative Einheitlichkeit des Südostens machte er sich nun zunutze, da zu seiner Zeit eine sprachliche Zersplitterung herrschte. Aufgrund der landschaftlichen Herkunft Luthers ist ein ostmitteldeutsches Erbe in der neuhochdeutschen Schriftsprache sehr stark zu erkennen.

Allgemeine Verständlichkeit

Luther war es äußerst wichtig, dass möglichst jeder Deutsche seine Bibelübersetzungen lesen und sinngemäß verstehen konnte. Seine Übersetzungen waren volkssprachlich und nicht dialektal geprägt, das bedeutet sie waren überregional verständlich und nicht nur in den einzelnen Regionen. Er wollte eine völlige, klare deutsche Sprache schaffen, indem er „[...] de[m] gemeinen Mann auf dem Markt drum frag[te] und denselbige[m] auf das Maul s[ah] [...]“. Deswegen übersetzte er auch nicht Wort für Wort, sondern sehr frei und sinngemäß, was ihm seine Gegner gerne vorwarfen. Dagegen verteidigte sich Luther mit dem Ausspruch: „Doch hab ich wiederum nicht allzu frei die Buchstaben fahren lassen, sondern mit großer Sorgfalt [...] darauf gesehen [...]“. Luther wollte erreichen, dass ihn beide, Ober- und Niederländer des Heiligen Römischen Reiches Deutscher Nation, verstehen.

Wirken im sprachlichem Sinne

Luther besaß Kenntnis von verschiedenen Wörtern für einen Begriff, so genannte Synonyme. So setzte er diese bewusst in seinen Texten ein und verwendete gleichzeitig auch unterschiedliche Varianten. In späteren Übersetzungen kam

es zur Variantenreduktion, d. h. einer Angleichung und Vereinheitlichung. Luther ging es in seinen Übersetzungen besonders um das Erfassen des Sinnes. Daher erlaubte er es sich, nicht jedes einzelne Wort zu übersetzen. Für seine Übersetzungen benutzte er die hebräischen und griechischen Urtexte, was zu seiner Zeit eine Besonderheit war und ihm Respekt auch bei den katholischen Übersetzern, wie zum Beispiel Ottmar Luscinius und Caspar Amman, verschaffte. Zudem glaubte er, dass die Urtexte reiner das Wort Gottes wiedergäben, da zum Beispiel die Vulgata (die lateinische Übersetzung der Bibel) durch das häufige Übersetzen in ihrer Bedeutung verfälscht wurde. Ein Prinzip Luthers war es, die Vulgata nachzuahmen, sie aber nicht zu kopieren.

Es kam auch vor, dass seine Übersetzungspartner Philipp Melanchton (1497–1560), Matthäus Aurogallus und er „[...] vierzehn Tage, drei, vier Wochen ein einziges Wort gesucht und gefragt [haben], haben’s dennoch zuweilen nicht gefunden.“ Zudem wollte Martin Luther die Menschen mit seinen Streitschriften, die er in Zorn und Erregung niederschrieb, ergreifen und bewegen.

Im grammatischen Sinne suchte Luther einen Mittelweg zwischen der Parataxe und der Hypotaxe (der Anordnung von Haupt- und Nebensätzen), und wollte zudem eine Sprache bilden, die das Volk verstehen konnte, die aber auch den Anforderungen der Gelehrten entsprach.

Wortgebundenheit Luthers

Durch die Bindung Luthers an den thüringischen Sprachraum wurden beispielsweise die Wörter „Kaff“ („Spreu“) und „schmäuchen“ („räuchern“), sowie „ehegestern“ (statt „vorgestern“) benutzt. Solche Wörter wurden im Laufe der Zeit ersetzt oder mithilfe von Doppelformen erklärt, damit auch die Bevölkerung im Norden und Süden seine Übersetzungen verstehen konnten – zum Beispiel „Kaff und sprewen“.

Ein weiteres strategisches Mittel einer sprachlandschaftlichen Grenzüberschreitung waren hochdeutsche Wortglossare. Hiermit konnten die Menschen, welche in mittel- und niederdeut-

schen Sprachgebieten lebten, ihnen unbekannte Wörter nachschlagen. Luther selbst hat in einer seiner berühmten Tischreden seine Wortgebundenheit an den Sächsischen Raum bekundet „Ich rede nach der sächsischen Canzeley.“ Luther hielt sich an diese Sprache, da die sächsische Kanzleisprache eine Voraussetzung für ein allgemeines „Standarddeutsch“ bildete, das den Dialekten übergeordnet war. Diesen Vorgang nennt man Vertikalisierung, d. h. dass die Bevölkerung begann, bestimmte Mundarten höherwertiger anzusehen als andere.

Wortbildungskraft und Wortschatz Luthers

Luthers Sprache war sehr kunstvoll. Er war extrem genau, was seine Übersetzungen anging, und versuchte, seine Sprache deutlich, klar und verständlich zu formulieren. Luther besaß zudem einen weitumfassenden Wortschatz, bestehend aus mittelhochdeutschen und niederhochdeutschen Wörtern, aber auch Fremdwörtern. Bedeutungsumprägung und Neuschöpfung von Wörtern gehörten ebenfalls zu seinem Repertoire. Er schuf neue Wörter, um den Sinn herauszuarbeiten, und einige uns noch heute bekannten Wörter stammen von ihm, wie zum Beispiel „blutgeld“ oder „die fridfertigen“.

Luther hielt sich also streng an seinen Vorsatz, so zu dolmetschen, „da [sie es denn] verstehen und merken, daß man deutsch mit ihnen redet.“ Allgemein ist bekannt, dass Luther „selektiert“ hat. Das bedeutet, er hat in vielen wichtigen Fällen selbst entschieden, welche Wörter er für seine Übersetzung und seine deutsche Sprache benutzen wollte. Desweiteren hat er bestimmte Wörter im Norden und im Süden in Umlauf gebracht und dann darauf geachtet, wo und ob diese Wörter in den Wortschatz der gemeinen Leute aufgenommen worden ist. So verwarf er manche Wörter und fügte wiederum andere zu seinem Wortschatz hinzu.

Sprachliche Mittel Luthers

Martin Luther verwendete die Groß- und Kleinschreibung, was zu dieser Zeit neu war, da sie – wenn überhaupt – nur unregelmäßig Verwendung fand. Auch benutzte Luther die sogenann-

te Semantik, das heißt, die Bedeutung eines Wortes wurde von ihm verändert. So übersetzte er beispielsweise eine Phrase des Psalms 23 mit „Der HERR ist mein Hirte“ (1545) anstatt des „Der herr regieet mich“ in der Alten Version von 1518.

Ein weiteres sprachliches Mittel war die Benutzung des phonetischen Prinzips. Das bedeutet, man schreibt ein Wort so, wie man es auch spricht (Gegenteil: das morphologische Prinzip). Auch dieses Prinzip lässt sich mithilfe des Psalms 23 besonders gut darstellen:

Luther 1524	Luther 1545
Er lesst mich weyden da viel gras steht/ Und füret mich zum Wasser das mich erkulet.	Er weidet mich auff einer grünen Awen/ Vnd füret mich zum frisschen Wasser.
Er erquicket meyne seele/ Er füret mich auff rechter strasse umb seynes namens willen.	Er erquicket meine Seele/ Er füret mich auff rechter Strasse /Vmb seines Namens willen.

Bei „füret“ fand eine Diphthongierung statt (1 Vokal → 2 Vokale) Das Gegenteil wäre hierfür die Monophthongierung (2 Laute → 1 Vokal). In Luthers Übersetzungen finden sich zudem Bedeutungsänderungen. Desweiteren ist ein Fortschritt Luthers im Psalm 23 zu erkennen. In der Lutherübersetzung von 1545 steht anstelle des „y“ ein „i“. Auffällig ist auch das Gleichbleiben der Syntax (Satzbau) (Subjekt, Prädikat, Objekt). In dem Abschnitt des oben aufgeführten Psalms 23 lässt sich auch ein Rückschritt Luthers erkennen. Er schreibt „und“ im Jahr 1524 noch mit „u“ und später mit einem „V“.

Mehrere noch heute bekannte Redewendungen lassen sich übrigens auf ihn zurückführen, wie zum Beispiel „der Wolf im Schafspelz“, „die Zähne zusammenbeißen“, „ein Herz und eine Seele sein“ und „ausposaunen“. Dies bezeichnet man als eine bildhafte Sprache.

Forschermeinungen

Die Übersetzungstheorie Luthers spielte bei der Bildung der neuhochdeutschen Schriftsprache eine wichtige Rolle, und es stellt sich die Frage: Welchen Anteil erkennen die Forscher Martin Luther an dieser Entwicklung an? Hat er überhaupt die neuhochdeutsche Sprache geprägt?

Der Leipziger Professor Theodor Frings, der vor allem in den 1950/60er Jahren publizierte und Werner Besch, emeritierter Inhaber des Lehrstuhls für deutsche Sprache und ältere deutsche Literatur in Heidelberg, stimmen mit ihren Meinungen zu diesen Thema beispielsweise nicht überein. Frings nimmt einen „[...] überschaubaren Weg von der Sprache der Siedler, zur Zeit der Schreiber, zu Luther und zur neuhochdeutschen Schriftsprache [an]“.

Besch schreibt dagegen „Man kann [...] vor Luther schlechterdings von neuhochdeutscher Schriftsprache [...] reden.“ Dies begründet er damit, dass es sich erst mit Luther entschied, welche gemeinsprachlichen Tendenzen verwendet wurden, und in welcher Kombination sie zum Zuge kommen. Zudem spricht Rudolf Grosse, emeritierter Professor für Geschichte der deutschen Sprache und der Sprachsoziologie, von „[...] eine[r] bedeutende[n] kulturelle[n] Leistung [Luthers mit der Übersetzung der Bibel], die bis in die Gegenwart weitergewirkt hat.“ (Grosse 1984)

Resumé

Luthers Übersetzungen waren so populär, da sie allgemein verständlich und einprägsam waren. Er arbeitete und feilte an der bereits vorhandenen und weit verbreiteten Sprache im Südosten und hat in der Stilform der Volkssprache den Durchbruch geschafft. Aufgrund seiner sorgfältig überlegten Wortwahl, seines persönlichen Stils und viel Arbeit, Eifer und Durchhaltevermögen hat Martin Luther es geschafft, eine noch heute bestehende Sprache zu formen. Die Sprachwissenschaftler können zwar nicht eindeutig sagen, ob und inwieweit Martin Luther die neuhochdeutsche Sprache geprägt hat, jedoch besagt die vorherrschende Lehrmeinung, dass Martin Luther eher ein

„Katalysator“ der deutschen Sprache war. Dies wird unter anderem durch Luthers Bibelübersetzung begründet.

Bibelübersetzungen

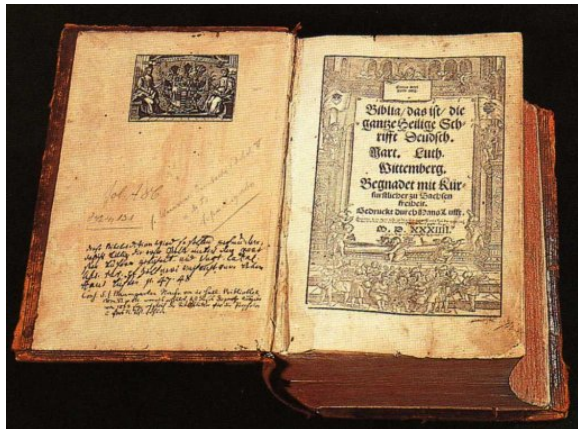
NIKLAS KIENZLE, ANNA LIU

Martin Luthers Bibelübersetzungen sind von sehr großer Bedeutung für das Christentum, jedoch auch für die Entwicklung der deutschen Schriftsprache. Darüber sind sich viele Wissenschaftler einig, manche meinen sogar, Luther hätte die deutsche Schriftsprache nicht zuletzt durch seine Bibelübersetzungen reformiert.

Doch Aufgrund welcher Tatsachen kommt man überhaupt auf die Idee, sich eine solche Frage zu stellen?

Historisches zu Luthers Bibelübersetzungen

Als Luther sich 1521 auf dem Heimweg von Worms befand, wo er seine 95 Thesen hätte widerrufen sollen, dies aber nicht getan hatte, wurde er entführt und auf die Wartburg gebracht. Tatsächlich handelte es sich jedoch um einen Scheinüberfall, der vom Sächsischen Kurfürsten Friedrich dem Weisen (1463–1525) arrangiert wurde, um ihn vor möglichen Feinden zu schützen.



Druck der Lutherbibel, 1534

Auf der Wartburg begann Luther, die Bibel zu übersetzen. Im September 1522 erschien dann das sogenannte Septembertestament, die erste vollständige Übersetzung des Neuen Testaments.

Während die Übersetzung des Neuen Testaments alleine Luther zuzuschreiben ist, muss man jedoch feststellen, dass bei den Arbeiten der Übersetzung des Alten Testaments auch andere wichtige Persönlichkeiten der damaligen Zeit, wie zum Beispiel Philipp Melanchthon (Professor für Griechisch), beteiligt waren. Man kann also von einem Gemeinschaftsprojekt sprechen, das sich bis 1534 hinzog, bis schließlich die erste Gesamtübersetzung der Heiligen Schrift, unter dem Namen „Biblia/das ist/ die gantze heilige Schrift Deudsch.“ erschien.

Der Reformator Martin Luther ist vor allem durch seine Bibelübersetzung bekannt geworden. Allerdings wird oft fälschlicherweise angenommen, er sei der Erste, welcher die Bibel in eine allgemein verständliche, deutsche Sprache übertrug. Jedoch gab es schon Bibelübersetzungen seit dem 8. Jahrhundert – rund sieben Jahrhunderte vor Luthers Zeit.

Vorlutherische deutsche Bibeln

Neben mehreren deutschsprachigen Bibelhandschriften gab es bereits 18 deutsche Bibeldrucke in den Jahren 1466 bis 1522. Diese Bibeln fanden jedoch keinen großen Anklang, denn die verwendete Sprache war für das allgemeine Volk schwer verständlich, und zudem war der Buchdruck noch nicht weit verbreitet. Außerdem waren diese Bibeln sehr teuer. Erst mit den reformatorischen Ideen Luthers war es wichtig für das Volk – welches zum größten Teil kein Latein verstand –, selbst die heilige Schrift zu lesen.

Äußeres Erscheinungsbild

Ein Aspekt, bei dem es große Unterschiede zwischen den verschiedenen Bibelübersetzungen gab, war die Gestaltung. Während die ersten Bibeln sehr einfach gehalten wurden, entfaltete sich die Ästhetik der Bibeln nach und nach. Durch Bilder, die später auch koloriert wurden, verdeutlichte man den Sinn der biblischen Texte.

Auch viele Lutherbibeln waren mit Illustrationen versehen.

Bezeichnung	Jahr	Druckort
Mentelin-Bibel	1466	Straßburg
Eggstein-Bibel	vor 1470	Straßburg
Zainer-Bibel	1475	Augsburg
Pflanzmann-Bibel	1475	Augsburg
Sensenschmidt-Bibel	1476–78	Nürnberg
Zainer-Bibel	1477	Augsburg
Sorg-Bibel	1477	Augsburg
Kölner Bibeln	1478/79	Köln
Kölner Bibeln	1478/79	Köln
Sorg-Bibel	1480	Augsburg
Koberger-Bibel	1483	Nürnberg
Grüninger-Bibel	1485	Straßburg
Schönsperger-Bibel	1487	Augsburg
Schönsperger-Bibel	1490	Augsburg
Lübecker Bibel	1494	Lübeck
Otmar Bibel	1507	Augsburg
Otmar Bibel	1518	Augsburg
Halberstädter Bibel	1522	Halberstadt

Quelle: Wikipedia (Vorlutherische deutsche Bibeln)

Initialen

Mit Initialen wurde der Beginn eines Kapitels oder Abschnitts markiert. Sie wurden nach dem Drucken von Hand eingefügt und konnten später auch gedruckt werden.

Bei den ersten Bibeldrucken waren die Initialen noch sehr schlicht. Mit der Zeit wurden diese großen Buchstaben immer aufwendiger und prachtvoller.

Die Initialen erhielten bei Günther Zainer, einem berühmter Drucker aus Augsburg, und Johannes Sensenschmidt (ebenfalls Drucker) eine neue Bedeutung: Sie waren ein Rahmen für die bildhaft erfasste, biblische Geschichte.

Illustrationen

Die Mentelin-Bibel und die Eggstein-Bibel waren reine Textausgaben und daher sehr schlicht.

Dies sollte dafür sorgen, dass nichts von dem biblischen Text ablenkte. Johannes Mentelin (um 1410–1478) und Heinrich Eggstein (um 1415/20–1488) zählen zu den frühesten, einflussreichsten Buchdruckern.

Zainer jedoch erkannte, dass eine illustrierte Bibel den Absatz und die Verständlichkeit fördern würde, da Bilder den Text anschaulicher darstellten und die Aussagen verdeutlichten. Seine und alle nachfolgenden Bibeln waren daher mit Bildern bestückt.

Luthers Erfolg

Die Halberstädter Bibel, die letzte der 18 Bibeldrucke, erschien nur wenige Wochen vor Luthers Septembertestament. Obwohl die Lutherbibel reißenden Absatz fand wurden trotzdem auch andere Bibeln gedruckt und verkauft.

Die vorlutherischen Übersetzungen der Bibel orientierten sich alle an der Vulgata, eine Bibelübersetzung ins Lateinische aus dem 4. Jahrhundert; Luther benutzte jedoch als Übersetzungsgrundlage den griechischen Urtext. Dadurch wurde er auch von manchen katholischen Theologen ernst genommen. Ein weiterer Unterschied ist auch, dass er sich von der traditionellen Wort-zu-Wort-Übersetzungstechnik löste und eine allgemeine, verständliche Volkssprache verwendete, d. h. die Sprache des „gemeinen Volkes“.

Die Unterschiede der Bibelübersetzungen lassen sich hier am Psalm 23 aufzeigen:

Die Bibeldrucke vor Luther, u. a. Mentelin-Bibel und die ursprüngliche Version, ähneln sich stark, da sie in der Regel auf der Vulgata beruhten und die Wort-zu-Wort-Übersetzung anwendeten. Sie unterscheiden sich lediglich in Kleinigkeiten wie „weyde“ und „wayde“ oder „richt“ und „regieet“. Bei Luther fällt auf, dass er eine andere Übersetzungstechnik verwendete. Er „sah dem Volk auf’s Maul“ und benutzte ein Deutsch, welches die Menschen im Alltag verwendeten. Zudem distanzierte er sich ein wenig von dem Urtext und übersetzte dem Sinn gemäß. Aus dem „wasser der widerbringung“ wird „Wasser das mich erkulet“ und später „frische[s] Wasser“.

Mentelin-Bibel 1466	Alte Version Augsburg 1518	Luther 1524	Luther 1545
DEr herr der richt mich vnd mir ge- brafft nit:	DEr herr regieet mich und mir geprist nichts	Der HERR. ist meyn hirtte/ myr wird nichts mangeln.	DER HERR ist meyn hirte/ Mir wird nichts mangeln.
Vnd an der stat der weyde do satzt er mich. Er fürtte mich ob dem wasser der wi- derbringung:	Und an der stat der wayde da satzt er mich. Er hatt mich gefüret auff dem wasser der widerprungung	Er lesst mich weyden da viel gras steht/ und furet mich zum Wasser das mich erku- let.	Er weidet mich auff ei- ner grünen Awen / Vnd füret mich zum frisschen Wasser.

Zu beachten sind auch die Virgeln (/), mit denen er den Psalm gliederte, denn damals gab es noch keine Kommata.

Auffallend ist, dass in der Mentelin-Bibel und der Alten Version bei „DEr herr“ nur das D und E großgeschrieben wurde, worüber man spekulieren könnte, ob es Initialen waren. Luther jedoch hob beide Male „HERR“ hervor, was verdeutlicht, wie wichtig ihm Gott war.

Zu erwähnen ist auch die Abänderung in Luthers Übersetzung von „und“ zu „vnd“, was aus heutiger Sicht ein Rückschritt ist. Dies könnte vielleicht geschehen sein, weil sich das u nicht durchsetzte. Wie sich die Sprache des Volkes wandelte, so wandelte sich auch die Lutherbibel.

Langsam verdrängte Luthers Bibelübersetzung die vorherigen Bibeldrucke, weshalb viele Menschen heutzutage nicht wissen, dass es auch andere Bibelübersetzungen ins Deutsche gab und Luther als der große Bibelübersetzer dargestellt wird. Man sollte allerdings nicht vergessen, dass es bereits Bibelübersetzungen vor ihm gab, an denen er sich auch orientieren konnte, und dass er auch den großen Vorteil hatte, dass die Verbreitung seiner Werke durch die Revolution des Buchdrucks vereinfacht wurde.

Der Buchdruck

HENDRIK FISCHER, SILAS DEUBEL

Die Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern gilt unter anderem wegen seiner großen Bedeutung für die Reformation als eine der wichtigsten Erfindungen der Menschheit. Die Frage, ob die Reformation ohne den Buchdruck

überhaupt möglich gewesen wäre, beschäftigte schon viele Historiker. Im weiteren Verlauf des Textes werden wir aber auch noch die Frage behandeln, inwiefern die im Zuge der Reformation aufkommende Flut an Druckschriften den Buchdruck beeinflusste.

Johannes Gensfleisch, später als Gutenberg bekannt, erfand zwar nicht die Drucktechnik an sich; durch den erstmaligen Einsatz von beweglichen und vor allem wiederverwendbaren Lettern aus Blei kam es jedoch zu tiefgreifenden Veränderungen auf dem Buchmarkt: Bücher wurden nicht nur wesentlich billiger als die handgeschriebenen Exemplare – und somit erstmals für mehr gesellschaftliche Schichten zugänglich –, sondern es gab auch viele identische Exemplare einer Auflage, was zuvor undenkbar gewesen wäre. Unter manchen Historikern wird die Erfindung des Buchdrucks deshalb als Beginn der Neuzeit behandelt.

Drucktechniken vor Gutenberg

Seit 1400, zu der Zeit, in der es auch die ersten Papiermühlen in Europa gab, wurde die Holzschnitttechnik angewandt. Aus einer Holzplatte wurden reliefartig Formen ausgeschnitten, die seitenverkehrt das zu druckende Bild ergaben. Anschließend wurde die Holzplatte mit dünnflüssiger Druckschwärze eingefärbt und auf ein Papier gepresst. Dieses Verfahren hatte Vor- und Nachteile: Man konnte so zwar eine einzelne Druckvorlage oft wiederverwenden (bis zu eintausend Mal), allerdings war damit noch nicht das Problem gelöst, dass es sehr arbeitsaufwendig war, solche Druckvorlagen herzustellen. Das Drucken der Bibel in hoher Auflage

(wie bei der Lutherübersetzung des neuen Testaments geschehen, bei der die erste Auflage allein 3000 Exemplare betrug) beispielsweise wäre absolut undenkbar gewesen.



Das Bild zeigt einen Holzschnitt um 1470–1475.

Johannes Gensfleisch wurde um 1400 als dritter Sohn einer Mainzer Kaufmannsfamilie in deren „Hof zum Gutenberg“ geboren. Sein Vater, Friedrich Gensfleisch, der ein angesehener Patriarch war, verließ mit seiner Frau Else Wirich die Stadt Mainz 1411 vorübergehend zusammen mit über hundert anderen Patriziern, um ihren Forderungen in einem Streit mit den Zünften mehr Nachdruck zu verleihen. Ansonsten ist über Gutenbergs Jugend nicht viel bekannt.

Erstmals erwähnt wird Gutenbergs Name im Jahre 1419, als er nach dem Tod seines Vaters vor Gericht um das Erbe stritt. In den Jahren 1434 bis 1444 wohnte er in Straßburg, allerdings ist über seine dortigen Tätigkeiten relativ wenig bekannt. Einige Gerichtsunterlagen scheinen aber darauf hinzudeuten, dass Gutenberg schon dort erste Schritte in Richtung zur Erfindung des Buchdrucks unternahm.

1448 kehrte Gutenberg wieder nach Mainz zurück und nahm dort verschiedene Kredite in

Höhe von insgesamt 1650 Gulden auf, einer sehr hohen Summe, die ungefähr einer heutigen Kaufkraft von 550.000 Euro entsprechen würde. Mit diesem Geld baute er eine Druckwerkstatt auf und entwickelte seine Erfindung weiter. Etwa 1450 begann Gutenberg mit den ersten Drucken. 1452 bis 1454 druckte Gutenberg die heute noch berühmte 42-zeilige Gutenberg-Bibel, von der, obwohl es gerade einmal 180 Exemplare gab, auch noch heute einige erhalten sind. Sie gilt als eines der schönsten Druckwerke überhaupt.



Gutenbergbibel, Altes Testament, Vorwort des Hieronymus, 1452-1454.

Ein Jahr später beschuldigte sein Geldgeber Johannes Fust Gutenberg jedoch, Gelder, die ausschließlich für den Druck der Bibeln bestimmt waren, zweckentfremdet zu haben. In einem Rechtsstreit unterlag Gutenberg und verlor seine Druckwerkstatt, die Fust zugeschrieben wurden. Auch alle bis dahin gedruckten Bibeln musste er abtreten. Seinen Lebensabend bis zu seinem Tod 1468 verbrachte er ebenfalls in Mainz, wo er auch beigesetzt wurde.

Der Buchdruck mit beweglichen Lettern

Nun kann man sich natürlich fragen, was eigentlich Gutenbergs Erfindung war. Was für uns heute einfach und banal klingt, war zu dieser Zeit ein bahnbrechende Erneuerung: Gutenberg zerlegte die schriftlichen Texte in ihre einzelnen Buchstaben, Satzzeichen und auch in sogenannten Ligaturen, das sind häufig vorkommende Buchstabenkombinationen wie beispielsweise *fi* oder *ae*. Mithilfe seiner Erfindung, dem Handgießinstrument, konnten die einzelnen Lettern seitenverkehrt aus Blei gegossen werden. Die Gussvorlage (Matrize) war wiederverwendbar. So konnte eine unbegrenzte Anzahl gleich aussehender Buchstaben bei relativ geringem Arbeitsaufwand hergestellt werden.

Die Lettern wurden von einer eigenen Berufsgruppe, den Setzern, zu dem sogenannten Satzspiegel zusammengefügt, welcher dann mit Druckerschwärze aus Ruß, Leinöl und Eiweiß eingefärbt wurde. In der Druckpresse, die vom Prinzip her wie die damaligen Weinpressen funktionierte, wurde der Satzspiegel auf das Papier gepresst und somit gedruckt. Tatsächlich soll Gutenberg für seine erste Druckpresse lediglich eine Weinpresse umgebaut haben.

Die Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen, aus Blei gegossenen Lettern darf zu Recht als eine der bedeutendsten Erfindungen des Jahrtausends angesehen werden. Die darauf folgenden Veränderungen im Buchmarkt wie auch im Lebensalltag der Menschen waren äußerst tiefgreifend. Erst gegen Ende des 19. Jahrhunderts, als die ersten Setzmaschinen erfunden wurden, fanden die nächsten wichtigen Änderungen im Druckverfahren statt.

Der Buchdruck und seine Auswirkungen

Der Buchdruck beeinflusste das Leben der Menschen in der Zeit der Reformation in vielerlei Hinsicht. Obwohl in der damaligen Zeit nur ca. 5 Prozent der Bevölkerung lesen und schreiben konnten, führte der Buchdruck zu grundlegenden Veränderungen in Wirtschaft und Gesellschaft.

Wirtschaftliche Veränderungen

Die Erfindung des Buchdrucks mit beweglichen und wiederverwendbaren Lettern war gleichbedeutend mit der Schaffung eines neuen Wirtschaftszweigs. Es entstand eine Vielzahl neuer Arbeitsplätze und Berufe, wie zum Beispiel die des Winkel- oder Wanderdruckers. Jene druckten in kleinen Auflagen vornehmlich für den regionalen Markt. Daneben konnten sich große Druckereien, die sogenannten „Druckoffizinen“ etablieren, die in großen Auflagen druckten und mit Niederlassungen im überregionalen Raum die bestehenden Buchhandelsstrukturen aufbrachen und reformierten.

Gleichzeitig wurde der Handschriftenhandel mit dem Aufschwung des Buchdrucks mit beweglichen Lettern mehr und mehr verdrängt und der Markt infolgedessen mit großen Exemplarmengen überschwemmt (dies war jedoch ein längerfristiger Prozess, der sich bis in das späte 16. Jahrhundert zog). Zwangsläufig führte dies dazu, dass die Bücher nicht mehr alle am Herstellungsort abgesetzt werden konnten und die Buchdruckkunst sich mit der Zeit in ganz Europa verbreitete, wobei jedoch die damaligen süddeutschen Reichstädte (Frankfurt, Nürnberg, Straßburg, ...) das Zentrum des Buchdrucks blieben.

Die Arbeit als Drucker war jedoch sehr risikoreich, denn durch schwankende Nachfrage war ihnen keine Sicherheit geboten, was auch oft zum Ruin führte. Damit einher ging eine immer stärker werdende Nachfrage nach Büchern, der die Druckereien bald mit der Anstellung sogenannter Buchführer begegneten. Die Buchführer waren jeweils für ein abgegrenztes Gebiet zuständig, in dem sie von einem zentralen Bücherlager aus den Verkauf der Bücher betrieben. Die Buchführer und das Bücherlager von damals sind die Vorgänger unserer heutigen Buchhändler mit Ladenverkauf.

Gesellschaftliche Veränderungen

Die wohl wichtigste Wirkung des Buchdrucks auf die Gesellschaft bestand in der Beschleunigung der Verschriftlichung des Alltags, insbesondere in den Städten. Durch den Buchdruck

wurde Wissen zunehmend verfügbar und zugänglich, was auch zu einer Vereinheitlichung von Informationen führte. Als Folge davon wuchs das Bedürfnis nach Wissensvermehrung, und Universitäten und Schulen wurden gegründet. Dies begünstigte auch die Verbreitung von Schriften zeitgenössischer humanistischer Schriftsteller oder antiker Autoren.

Hinzu kam, dass sich aufgrund immer günstigerer Beschaffungs- und Herstellungskosten auch breitere gesellschaftliche Schichten Bücher leisten konnten. Eine tragende Rolle spielte dort neben dem Buchdruck die Erfindung des Papiers, welches das bisher gängige, aus Leder hergestellte Pergament mit bis zu 10-mal günstigeren Preisen nach und nach ablöste. Deshalb stieg die Anzahl der Schrift- und Lesekundigen, auch unter den Frauen, so stetig an.

Wechselwirkung zwischen Buchdruck und Reformation

Mit der These „Ohne Buchdruck keine Reformation“ lässt sich die bedeutende Rolle, die der Buchdruck für den Erfolg der Reformation spielte, treffend in wenige Worte fassen. Das neue Medium Buchdruck bot in bisher nie dagewesenem Maße die Möglichkeit, die Überzeugungen und Botschaften der Reformatoren, allen voran Martin Luther, unter das Volk zu bringen und so überhaupt erst eine starke Anhängerenschaft hinter sich zu versammeln.

Andererseits begünstigte die Reformation auch die Verbreitung des Buchdrucks. Denn die Menschen interessierten sich für die neuen theologischen Schriften mit den von den Reformatoren vertretenen Überzeugungen, wodurch die Nachfrage nach Gedrucktem stieg. Dies ließ die Produktion von Büchern bzw. polemischen Flugschriften in die Höhe schnellen und bescherte dem Buchdruck einen rasanten Erfolg.

Als Fazit lässt sich festhalten, dass sich Reformation und Buchdruck gegenseitig bedingten und begünstigten. Ohne Buchdruck hätten sich die Gedanken der Reformation nicht in dem Maße durchgesetzt, und ohne die Reformation hätte sich der Buchdruck in dieser Zeit nicht so schnell verbreitet.

Flugschriften bzw. Illustrierte Flugblätter

Flugschriften

Flugschriften, in kurzer Zeit erstellt und vertrieben ohne großen Kostenaufwand, waren ein geeignetes Format zur Verbreitung reformatorischer Ideen. Der Umfang einer Flugschrift betrug durchschnittlich 15–20, maximal 70–90 Druckseiten. Durch die oft mit eindrucklichen Bildszenen versehenen Titelholzschnitte wurde noch zusätzlich Bezug auf den Inhalt der Flugschrift geschaffen, was auch Personen, die nicht lesen konnten, die Möglichkeit bot, den Inhalt des Textes zumindest ansatzweise zu verstehen.

Luther war mit Abstand der meistgedruckte Autor, gefolgt von den beiden Reformatoren Johannes Karlstadt (1494–1566) und Philipp Melancthon. Aber auch „Laien“ wie Ratsherren, gebildete Frauen und Handwerker hatten Erfolge bei den Flugschriften. Einen genauen Überblick über Autoren und Autorinnen zu gewinnen ist jedoch schwierig da viele Werke, aus Angst vor Repressionen, anonym verfasst wurden.

Der Höhepunkt der Flugschriftenproduktion war in den so genannten „Sturmjahren“ der Reformation zwischen 1518 und 1525, die mit einem abruptem Ende 1525 im Stadium einer eher von der Obrigkeit bescherten Reformation gestoppt wurde. Auch Produktionssteigerungen im Jahre 1530 und am Anfang des Schmalkaldischen Kriegs (1546/47) sind nicht mit der Zeit zwischen 1518 bis 1525 zu vergleichen.

Die Flugschriften können so unterschiedliche Textsorten wie Dialog, Traktat (eine kurze gedruckte Meinungsäußerung) und Brief (zum Beispiel Luthers Sendbrief vom Dolmetschen) enthalten, beziehen sich aber fast immer auf theologische und religiöse Themen, die mehr oder weniger in einem Zusammenhang mit der Wittenberger Reformation stehen. Schwerpunkte waren die Gnade Gottes, Kritik an Kirche und Klerus und – insbesondere in den Zeiten des Wormser Reichstag 1521 – die Person Martin Luther.

Illustrierte Flugblätter

Neben den Flugschriften waren die Flugblätter ein wichtiger Teil des Informationstransports. Wie die Flugschriften waren sie wegen ihres geringen Umfangs (Einblatt-Druck) und der daraus folgenden günstigen Druckkosten ein passendes Format, in kurzer Zeit und in hoher Auflage theologische Themen zu verbreiten. Die schon im Spätmittelalter herausgebildete Bild-Text-Kombination kam jedoch erst am Anfang der Neuzeit zur Verwendung.

Der Autoren- und Autorinnenkreis ist ähnlich wie bei den Flugschriften: Theologen, aber auch „Laien“, wie z. B. Handwerker. Das Themenspektrum war weitläufig, so wurde oft neue und alte Lehre einander gegenübergestellt, in Zeiten des Wormser Reichstag zahlreiche Luther-Porträts veröffentlicht und in Karikaturen der Spott über Klerus und Orden ergossen. Auch bildete das Jahr 1525 mit Ende des Bauernkriegs eine Zäsur. Auf den Bauernkrieg wie auch auf die Verbreitung von Luthers Idealen reagierte die katholische Kirche mit einer Gegenreformation.

Die Gegenreformation

FRANZISKA NEUNDORFER, ALYSSA
BIANZANO

Die Reformation Anfang des 16. Jahrhunderts ist eines der wichtigsten Ereignisse der deutschen Geschichte. Aber oft rückt bei ihrer Betrachtung die Reaktion der katholischen Kirche auf den Protestantismus, also die Gegenreformation bzw. die Rekatholisierung, in den Hintergrund. Dabei ist auch die Gegenreformation ein wichtiger Bestandteil der deutschen Geschichte.

Definition

Dem Begriff Gegenreformation können zwei Bedeutungen zugeordnet werden. Zum einen umfasst er alle Reaktionen der katholischen Kirche auf die Reformation, und zum anderen beschreibt er die Auseinandersetzung der Katholiken mit dem Protestantismus auf theologischer Ebene. Der Begriff Rekatholisierung bezieht sich hingegen auf die machtpolitischen

Interessen der katholischen Kirche, die darin bestanden, große protestantische Gebiete in Europa wieder zum katholischen Glauben zurückzuführen.

Jesuiten

Außerdem bildeten sich im Zuge der Gegenreformation neue, katholische Ordensgemeinschaften. Der Vorreiter dieser Gemeinschaften war der Jesuitenorden, der als Beispiel für den frühneuzeitlichen Katholizismus gilt. Die Jesuiten sind die Mitglieder einer katholischen Ordensgemeinschaft, die am 15. August 1534 von Ignatius von Loyola gegründet wurde.



Ignatius von Loyola, Gründer des Jesuitenordens.

Bis heute tragen die Jesuiten keine Ordens-tracht, was ihnen die Missionarstätigkeit erleichterte, weil sie nicht sofort auffielen. Dafür konnte man sie an dem Kürzel SJ (Societas Jesu) hinter ihrem Nachnamen erkennen. Neben diesem Kürzel gab es noch eine weitere Abkürzung, nämlich IHS. Diese ist das Symbol des Ordens und steht für die ersten drei Buchstaben von Jesus in griechischer Schrift.

Der Gründer Ignatius von Loyola war ein aus einem alten Adelsgeschlecht stammender Offizier



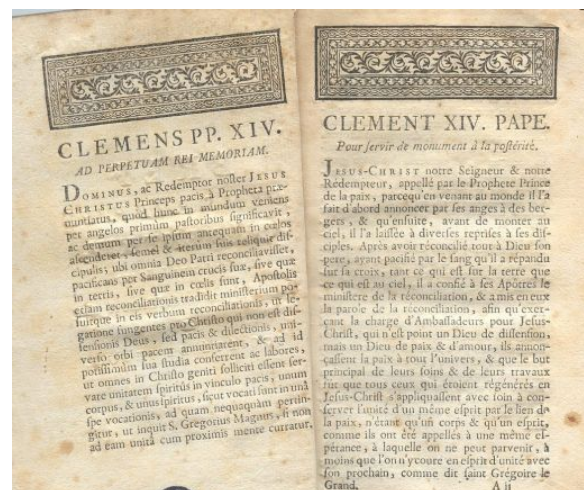
Höllensturz. Gemälde von Giuseppe Castiglione, 18. Jh.

unter dem Herzog von Nájera. Nachdem er von einer Kanonenkugel verletzt wurde und während seiner Genesung theologische Schriften las, studierte er und ließ sich zum Priester weihen. Er fand während seines Studiums sechs Kommilitonen, mit welchen er eine Gemeinschaft gründete, die später von Papst Leo III. als Orden anerkannt wurde.

Als Teil der Gegenreformation errichtete der Orden in den Ländern und Regionen, in denen der katholische Glaube gefährdet war, Ordenshäuser, von denen aus die Jesuiten verschiedene Tätigkeiten wie Beichte, Predigt und Seelsorge ausführten, welche zur Wiederverbreitung des katholischen Glaubens führten. Des Weiteren gründeten sie Schulen, in denen unter anderem Theologie, Logik, Mathematik, Philosophie und Physik unterrichtet wurden, um die Kinder nach dem christlichen Menschenbild zu erziehen. Sie gründeten auch Universitäten und nahmen so auch Einfluss auf das Bildungswesen. Eine Besonderheit war, dass

die Schulen oft kostenlos und auch zugänglich für protestantische Kinder waren. Hierzu kann vermutet werden, dass das geschah, um diesen den katholischen Glauben näher zu bringen, was vorteilhaft für die Rekatholisierung war.

Darüber hinaus gab es zur Durchsetzung der Rekatholisierung Missionare, die unter anderem in Amerika, Indien, China und Japan tätig waren. Das Ziel dieser Missionare war es vor allem, die Ureinwohner für den katholischen Glauben zu gewinnen. Trotz vieler Bemühungen wurde der Orden gegen Ende des 18. Jahrhunderts wegen Verschwörungstheorien und steigenden Misstrauens verboten, weil die Jesuiten zum Beispiel die Indios zu Aufständen und einem Anschlag auf König Joseph I. (von Portugal) verleitet haben sollten; jedoch wurde dieses Verbot in Deutschland im Jahre 1917 wieder aufgehoben.



Zur Zeit der Gegenreformation dienten die Jesuiten vor allem dem Papst, heutzutage sind die Jesuiten der größte katholische Orden, obwohl sie seit 1970 ein Drittel aller Mitglieder verloren haben. Sie sehen sich selbsts als Gefährten Jesus', die in Freundschaft mit ihm leben und ihm dienen. Des Weiteren bieten sie Online-Seelsorge, -Fürbitte und -Gebete und haben mittlerweile eine eigene Redaktion, in der sie ihre geistlichen Impulse zu Papier bringen.

Katholische Bibelübersetzung

Eine weitere Maßnahme der katholischen Kirche, um der Ausbreitung der Reformation entgegen zu wirken, war die Neuübersetzung der

Bibel. Die wichtigsten drei katholischen Bibelübersetzungen aus der Zeit der Gegenreformation stammen von Hieronymus Emser (Dresden 1527), Johann Dietenberger (Mainz 1534) und Johannes Eck (Augsburg 1537).



Bibel der Gegenreformation von Johannes Eck.

Als Ausgangssprache ihrer Übersetzungen verwendeten sie traditionell das Lateinische. Zusätzlich gingen sie aber auch auf Texte aus dem Alten und Neuen Testament, die noch in ihren ursprünglichen Sprachen (also Hebräisch bzw. Griechisch) verfasst waren, ein. Auch Luther dienten diese als Ausgangssprachen, und sie waren typisch für die protestantische Übersetzungstradition der Bibel. Außerdem zogen sie die Bibelübersetzungen Luthers heran, welche sie in einigen Punkten korrigierten, aber teilweise auch in ihre eigenen Übersetzungen übernahmen, so dass man eher von einer katholischen Korrektur-Bibel sprechen kann als von einer eigenständigen Übersetzung, weil sie in großen Teilen mit der Lutherbibel übereinstimmte.

Gleichzeitig versuchten die Katholiken aber

auch, mit anderen öffentlichen Schriften gegen Luther zu wirken. Zu deren Autoren zählte ebenfalls Johannes Eck, der ein Gegner Martin Luthers Überzeugungen war.



Disputation Martin Luthers mit Johannes Eck
(1519). Gemälde von Julius Hübner, ca. 1865.

Zwischen beiden entstand ein heftiger theologischer Briefwechsel, in dem sie über die 95 Thesen, die Luther 1517 veröffentlicht hatte, stritten. Der Konflikt der beiden ging so weit, dass Eck Luther in diesen Briefen indirekt als Ketzer bezeichnete, woraufhin der gekränkte Luther ihn einen Sophisten nannte, was damals als eine starke Beschimpfung galt und so viel bedeutete wie jemand, der spitzfindig und haarspalterisch argumentiert. Ihren Höhepunkt fand dieser Konflikt schließlich 1519 in einem theologischen Streitgespräch, der so genannten Leipziger Disputation, in dem es unter anderem um den Ablass ging.

Reform der Katholischen Kirche

Doch auch Johannes Eck war, wie viele Anhänger der katholischen Kirche, davon überzeugt, dass es Reformen innerhalb der Kirche geben müsse, um die dort herrschenden Missstände zu beheben. Es hatte zwar schon wesentlich früher einige Stimmen gegeben, die Veränderungen forderten, aber dies durchzusetzen war erst im Zuge der Reformation möglich. So wurde mit Hilfe der Reformen zum Beispiel die Priesterausbildung verbessert und der Ablasshandel abgeschafft, was ein Hauptpunkt in Luthers 95 Thesen war, welche er laut der Bannandrohungsbulle wiederrufen sollte. Eines der drei noch existierenden Exemplare dieser Bulle sahen wir bei unserer Exkursion im Landesarchiv Stuttgart.

Kursinterne Exkursion ins Landesarchiv Stuttgart

LEONIE BAISCH, ZACHARIAS
WIEDEMER

Da historische Quellen zu deren Erhaltung und Schutz heute in Archiven aufbewahrt werden, bot es sich für unseren Kurs an, am Montag der zweiten Kurswoche eine Exkursion ins Hauptstaatsarchiv Stuttgart zu unternehmen.

Los ging es mit dem Zug von Adelsheim Ost zum Hauptbahnhof Stuttgart, von dort dann direkt durch die belebte Innenstadt weiter bis ins Hauptstaatsarchiv Stuttgart. Dort wurden wir schon von Dr. Nicole Bickhoff, der Leiterin des Hauptstaatsarchivs, erwartet. Wir hatten die große Ehre, von ihr persönlich eine Führung zu erhalten.

Zuerst wurden wir mit den Aufgaben und der Funktion eines Archivs vertraut gemacht. Dr. Bickhoff erklärte uns, dass das Hauptstaatsarchiv für die Landesregierung, Ministerien und den Staatsgerichtshof in Württemberg Dokumente aufbewahrt. Ebenso bekamen wir einen Einblick, wie vielfältig Archivalien sein können gibt (Bücher, Akten, CDs) – eine aufwendige Angelegenheit, da Archivare aus vielen Dokumenten auswählen müssen. Zudem müssen sie immer bedenken, dass die Archivalien, die sie aufgrund von begrenzten Platz nicht aufnehmen können, dann vernichtet werden und nicht mehr vorhanden sind.

Anschließend durften wir einen Blick „hinter die Kulissen“ werfen und Bereiche betreten, die für Besucher sonst unzugänglich sind, wie zum Beispiel die Restaurationswerkstatt. Dort tauchten wir in die Welt eines „Schönheitschirurgen für Bücher“ ein. Ein Mitarbeiter zeigte uns Materialien, aus denen Bücher gemacht werden bzw. wurden (z. B. Leder, Pergament, Papier). Er erklärte uns dann, wie man diese an Einband, Buchrücken oder direkt am Papier behandeln muss. Außerdem durften wir ein paar Bücher mit besonders auffälligen Schäden begutachten wie zum Beispiel Mäuse- bzw. Insektenfraß, Wasserschäden und Eisengallustinte, die sich aufgrund eines zu hohen Eisenanteils durch das Papier „gerostet“ hatte. Beeindruckend war für uns, mit wie viel Zeitaufwand ver-

sucht wird, die Bücher wieder in ihren Originalzustand zurückzusetzen und sie dabei doch im Aussehen und Material möglichst wenig zu verändern. Dies ist mit so hohem Aufwand verbunden, dass man nur 80–90 Regalzentimeter pro Jahr bewältigt.



Typische Schäden an einem Buch vor dessen Restaurierung.

Nun kamen wir zum Höhepunkt der Führung: Wir wurden in das Magazin gebracht, welches im Kellergeschoss des Hauptstaatsarchivs liegt. Das Magazin ist das Herzstück eines Archivs, denn dort werden alle Archivalien aufbewahrt und sortiert, und ihr Lagerort wird exakt katalogisiert. Wie Dr. Bickhoff betonte: „Jahre lange und nie endende Arbeit.“

Dort durften wir Originalquellen aus dem frühen 16. Jahrhundert begutachten, beispielsweise die 12 Artikel, die während des Bauernkrieges 1524/25 entstanden sind oder eine Landkarte Württembergs, noch handgezeichnet und koloriert, auf der viele für uns heute auch unwichtig erscheinende Orte eingezeichnet waren.

Das Interessanteste war allerdings die Bannandrohungsbulle Papst Leo des X. an Luther (1520), in der Luther aufgefordert wurde, innerhalb von 60 Tagen 41 seiner 95 Thesen zu widerrufen, ansonsten drohte ihm die Exkommunizierung, also die Verbannung aus der Kirche. Luther selbst verbrannte sein Exemplar, deshalb existieren insgesamt nur noch 3 Exemplare dieser Bullen weltweit – eines eben in Stuttgart, eines im Vatikanischen Archiv

Rom und eines in der Staatsbibliothek Dresden. Aufgrund dessen war es natürlich eine außerordentliche Ehre und ein ganz besonderes Erlebnis für uns, die Bannandrohungsbulle zu begutachten, und es war ein tolles Gefühl zu wissen, dass man eine 500 Jahre alte Schrift, die bedeutende Personen schon in der Hand gehabt hatten (u. A. Papst Leo X.), nur wenige Zentimeter vor sich „live“ und in Farbe sieht.



Die Bannandrohungsbulle und andere Archivalien aus der Zeit Luthers im Original.

Nachdem wir noch einen anderen Teil des Magazins besichtigt hatten, in dem viel über die Geschichte von Heimatorten einiger Teilnehmer aufbewahrt wird, neigte sich die lehrreiche und interessante Führung leider auch schon dem Ende zu.

Wir hatten anschließend noch etwas Freizeit in Stuttgart, in der wir die Möglichkeit bekamen, einzukaufen oder uns einfach ein gemütliches Plätzchen zu suchen, bevor es nachmittags mit dem Zug wieder zurück nach Adelsheim ging.

Ein sehr interessanter und spannender Tag ging zu Ende, an dem wir jede Menge Spaß hatten, und der uns allen noch lange in Erinnerung bleiben wird. Wir möchten uns bei Dr. Bickhoff und den Mitarbeitern des Hauptstaatsarchives Stuttgart auf diesem Weg für die interessante und spannende Führung bedanken – einige von uns haben sich vorgenommen, bald noch einmal in das Archiv zu gehen um Nachforschungen über ihre Heimatstädte und Familien anzustellen.

Fazit

Um auf unsere Leitfrage wieder zurückzukommen, nämlich ob Martin Luther neben der Kirche auch die deutsche Sprache reformiert hat, wollen wir hier unser Ergebnis darstellen: Martin Luther reformierte nicht die deutsche Sprache, war aber ein nicht unerheblicher Faktor. Obwohl er eine beachtliche Leistung erbrachte, tat er dies nicht allein. Zudem spielten die zeitlichen und örtlichen Gegebenheiten eine große Rolle.



Desweiteren beschäftigten wir uns intensiv in unsere Kurs mit Quellenarbeit und verbesserten das Präsentieren von Projekten sowie den Umgang mit Kritik. Aber wir behandelten nicht nur toderne Themen, sondern hatten auch sehr viel Spaß und Erfolg bei unserer siegreichen Teilnahme am Sportfest: Wir belegten den letzten Platz und wurden Sieger der Herzen. Zudem erreichten wir auf der Knorkigkeits-Skala 13 von 10 Punkten und belustigten die Chemiker mit unserem Frühsport.

Der Kurs

Der Kurs Geschichte und Germanistik war der Kurs mit den sympathischsten Kursleitern, den schönsten und intelligentesten Teilnehmern und Sieger der Herzen beim Sportfest. All dies erklärt ja fast schon von selbst, dass hier nie schlechte Stimmung aufkam. War mal jemand nicht mehr motiviert, wurde er stets aufgeheitert, entweder durch Silas Witze, Hendriks häufig sehr enthusiastisch oder in Rage vorgetragene Argumente oder einfach durch Martin, bei

dessen keksknabberndem Anblick man einfach nicht anders konnte, als zu schmunzeln.

Wenn die Arbeit mal wieder anstrengend wurde und es schien, als würde sich die Debatte über die Deutung irgendeiner Quelle nur noch im Kreis drehen, trat man einen der anderen Teilnehmer freundlich unter dem Tisch. Selbst der Film über Luther wurde noch Tage lang als Vorlage eines sehr martinfreundlichen Ausspruches genutzt, mit dem wir unseren Kursleiter stets enthusiastisch begrüßten. Summa summarum war das gesamte Geschichte-Germanistik-Team total knorke, und was die tollsten Eigenschaften der einzelnen Teilnehmer sind, wird jetzt verraten:

Zacharias Wiedemer, 14 Obwohl wir ihn erst später kennenlernten, wussten wir sofort, dass er Wendelins Bruder sein muss, weil er den gleichen, denkwürdigen Humor besitzt. Er ist der wandelnde Beweis dafür, dass auch Germanisten nicht unbedingt buchstabieren können müssen. Trotzdem haben wir ihn alle lieb gewonnen und seine Schulter zum Anlehnen wurde dankbar angenommen. Als Tröster und bester Freund war er für uns da.

Hendrik Fischer, 15 Hendrik, der redefreudige Rotschopf, ist immer offen für Diskussionen über jedes erdenkliche Thema. Er legt äußersten Wert darauf, das letzte Wort zu haben. Nach einer Weile hatten wir uns dann auch an das Fingerschnipsen gewöhnt, wenn er sich meldete, weil er einfach zu allem etwas wusste. Trotz seiner bestimmten Art wurde er ein fester Bestandteil unserer Gruppe, den niemand missen möchte.

Leonie Baisch, 14 Unsre süße Schwäbin gewöhnte uns in den zwei Wochen an ihren lebenswerten Dialekt. „Hajowa“ und „Lellabebbl“ gehörten zu ihrem täglichen Wortschatz. Schnell waren ihr fremde Jacken lieber als die eigenen. Zur Halbzeit der Akademie fand sie ihr passendes Gegenstück, einen jungen, knackigen Physiker, den sie nie wieder hergibt.

Friederike Lutz, 15 Ob morgens oder abends, Friederike konnte stets mit ihrem Fachwissen glänzen und erklärte jegliche Verständnisprobleme. Babybrei gehörte zu ihren

Grundnahrungsmitteln. Sie wurde mit der Zeit wie eine Kursmama, die sich um alles und jeden kümmerte. Denn mit ihrer lebenswerten Art munterte sie jeden auf und machte allen Mut. Unser flippiges und süßes Mädel zauberte uns immer ein Lächeln ins Gesicht!

Philipp Schröppel, 15 Der stets auf sein Aussehen bedachte Philipp war, obwohl er teils wenig ambitioniert war, stets in Diskussionen verwickelt. Kennengelernt haben wir ihn mit Stöpsel in den Ohren. Bald hatte er auch nichts mehr zum Anziehen, da diverse Mädchen ihm nach und nach die ganzen Kleider vom Leib rissen.

Silas Deubel, 14 Jahre, 2 Monate, 10 Tage Die kleine freche Stimmungskanone sorgte stets für gute Laune, auch wenn die Motivation mal ihren Tiefpunkt erreicht hatte. Seinen starken Redefluss vermochten sogar unsere Kursleiter nicht zu bremsen. Seine Begeisterung für bestimmte Themen zeigte sich auch in seiner Gestik. Leider konnte er sich mit seinen rhetorischen Fähigkeiten nicht gegen weibliche Schminkattacken wehren.

Jana Zimmermann, 16 Energiegeladen und schwungvoll startete sie schon in unserer ersten Kurseinheit und auch nach zwei Wochen sang sie immer noch „sweet dreams are made of this“. In den Pausen brachte sie uns jegliche Tanzschritte bei. Auch ihr Weltklasse-Hüftschwung wurde bald zum Musterbeispiel für Rhythmus und die Liebe zur Musik. Ihr Schweizer Akzent fand bei allen regen Anklang und brachte uns regelmäßig zum Schmunzeln. Ebenso charmant wie liebevoll tanzte sie sich damit in unsere Herzen.

Sarah Herold, 14 Unser zuckersüßer, verfresener Sonnenschein war stets für eine Packung Essig-Chips zu haben, auch wenn man es ihr nicht ansieht. Viele Dinge fand sie „voll ned luschdig“ und auf schwierige Fragen antwortete sie gerne mit „häää?“. Mit ihrer wunderschönen Stimme verzauberte sie am Hausmusikabend zusammen mit ihrer schwäbischen Pianistin das Publikum.

Franziska Neundorfer, 14 Franziska ist ein Musterbeispiel dafür, wie ein erster Eindruck täuschen kann. Unsere kleine Raubkatze startete nach einigen Tagen erst richtig durch und legte ihre ruhige und ausgeglichene Seite häufig nach dem Kurs ab und hielt alle auf Trab. Ein Kursteilnehmer beschrieb dieses Phänomen folgendermaßen: „Und dann holt die kleine Maus ihre Peitsche raus.“ Doch Gegenteile ziehen sich nun mal an. Deshalb glänzte sie mit unglaublichem Interesse und erreichte beinahe jedes Ziel mit ihrer zuckersüßen Art.

Niklas Kienzle, 16 Wenn er lacht, ist Niklas unser großer knuffiger Teddy. Er parodierte gerne andere, was ihn noch sympathischer machte. Durch seine zunächst ruhige und besonnene Art fühlten wir uns alle zu ihm hingezogen. Doch spätestens wenn die letzten Minuten des Kurses anbrachen, wurde sein Bewegungsdrang durch intensives Stuhlkippeln deutlich. Ohne ihn wäre keine Party, keine Kurseinheit und kein Sportfest zu dem geworden, was es war.

Anna Liu, 14 Jede einzelne von Annas Wortmeldungen wirkte sorgfältig überdacht und genauestens gewählt. Ihr Lieblingswort war Muffin, und für einen gewissen Sänger von One Direction würde sie alles tun! Ihre Dynamik übertraf bei Weitem ihre Körpergröße und faszinierte immer wieder aufs Neue. Für ihre rhetorischen Fragen, die sie gekonnt in ihre Vorträge einarbeitete, war sie schnell bekannt. Sie begeisterte uns mit ihren Klavierskünsten und ihrer freundlichen und süßen Art.

Allyssa Bianzano, 15 Unsere kleine Mausi erweckte anfangs den Eindruck, dass sie vollkommen in sich selbst ruht. Doch nach einiger Zeit merkten wir, was eigentlich in ihr steckt und wie viele Talente in ihr schlummern. Sie fing an zu diskutieren, erzählte uns von ihren unzähligen Hobbys, ihren Fremdsprachen und war stets gut aufgelegt. Ein solch beeindruckendes Energiebündel war schon nach wenigen gemeinsamen Augenblicken zu einer wunderbaren Freundin und Stütze geworden.

Martin Christ, 22 „Martin, Martin, wir haben

es geschafft!“, so wurde Martin nach dem gemeinsamen Anschauen des Films „Martin Luther“ begrüßt. Generell fand er so ziemlich alles „knorke“ und beherrscht die seltene Fähigkeit, mit so wenigen Fachbegriffen wie möglich jegliche abgehobenen Expressionen zu erklären, sodass es auch wirklich jeder versteht. Alle sind sich einig, dass Martin eindeutig die besten Parodien für die schnulzigen Szenen des Martin-Luther-Films spielen könnte. Trotz allem wahrte er immer die feine englische Art und glänzte durch seine beeindruckende Intelligenz und Unausgeschlafenheit. Müsste man Martin mit einem Tier vergleichen, so könnte es nur der Teddybär sein.

Sebastian Neu, 23 Der nichtmultitaskingfähige Kursleiter ist unser wandelnder Duden. Sein Science-Fiction-Hintergrundbild am Laptop begeisterte einige unserer Kursteilnehmer besonders. Am Rande wurde seine Begeisterung für jegliche U-Bootarten deutlich. Auch wenn er sich als Badener stets gegen die schwäbischen Schäfchen seiner Herde auflehnte, war er bei allen beliebt und für sein Organisationstalent geachtet. Zudem traute uns Sebastian mehr zu als wir uns selbst – und behielt mit seiner Einschätzung auch immer Recht.

Rebecca Ulshöfer, 18 Unsere Kursfee Rebecca kümmerte sich um das leibliche und seelische Wohl aller Kursteilnehmer. Sie stellte jedes Mal aufs Neue ihre Backkünste unter Beweis und sorgte dafür, dass alle in den zwei Wochen immer glücklich und zufrieden waren. Außerdem konnte man sich keine bessere Motivationstrainerin und Fotografin wünschen. Wie sie allerdings stets unseren emotionalen Schwankungen und seelischen Tiefs folgen konnte, bleibt wohl für immer ihr Geheimnis. Abschließend bleibt damit nur noch zu sagen, dass wir uns keine fachkundigere und liebenswertere Schülermentorin hätten wünschen können.

Bibliographie

- ARNDT, Erwin: Luther und die deutsche Sprache. „Wie redet der deutsche man jnn solchemfall?“ Leipzig 1983.
- BAUFELD, Christa: Kleines frühneuhochdeutsches Wörterbuch. Tübingen: Max Niemeyer Verlag 1996.
- BESCH, Werner: Die Rolle Luthers für die deutsche Sprachgeschichte. In: Sprachgeschichte. Ein Handbuch zur Geschichte der deutschen Sprache und ihrer Entstehung, hg. von Anne Betten, Oskar Reichmann und Stefan Sonderegger. HSK 2.2. Berlin u. New York 2000, S. 1713–1745.
- BEUTEL, Albrecht (Hg.): Luther Handbuch. Tübingen: Mohr Siebeck Verlag 2005.
- GARDT, Andreas: Die Übersetzungstheorie Martin Luthers. In: Zeitschrift für deutsche Philologie, H. 111 (1992), S. 87–111.
- BLICKLE, Peter: Der Bauernkrieg, die Revolution des gemeinen Mannes, München, C.H. Beck, 1991.
- DIXON, C. Scott: The Reformation in Germany, Oxford, Historical Association, Oxford University Press 2002.
- ERBE, Michael: Die Frühe Neuzeit. W. Kohlhammer GmbH (Grundkurs Geschichte) Stuttgart 2007.
- FRIEDENTHAL, Richard: Luther. Sein Leben und seine Zeit, München, Piper Verlag, 2005.
- HARTWEG, Frédéric; WEGERA, Klaus-Peter: Frühneuhochdeutsch. Eine Einführung in die deutsche Sprache des Spätmittelalters und der frühen Neuzeit. Tübingen: Max Niemeyer Verlag (Germanistische Arbeitshefte, Bd. 33, hg. von Gerd Fritz und Franz Hundsnurscher), 2. Aufl. 2005.
- HOFFMANN, Walter (Hg.): Das Frühneuhochdeutsche als sprachgeschichtliche Epoche. Frankfurt (M.), Berlin, u. a.: Lang Verlag, Werner Besch zum 70. Geburtstag, 1999.
- LINKE, Angelika; NUSSBAUMER, Markus; PORTMANN, Paul: Studienbuch Linguistik. Tübingen: Max Niemeyer Verlag (Reihe Germanistische Linguistik, Bd. 121, hg. von Angelika Linke, Armin Burkhardt und Sigurd Wichter), 5. erw. Aufl. 2004.
- LOBENSTEIN-REICHMANN, Anja; REICHMANN, Oskar (Hg.): Frühneuhochdeutsch. Aufgaben und Probleme seiner linguistischen Beschreibung. Hildesheim, Zürich, New York: Georg Olms Verlag (Germanistische Linguistik, H. 213–215) 2011.
- McLELLAND, Nicola: Humanismus in der deutschen Literatur des Mittelalters und der Frühen Neuzeit. Tübingen: Niemeyer 2008.
- OBERMANN, Heiko: Mensch zwischen Gott und Teufel, München, Goldmann Verlag, 1991.
- POLENZ, Peter v.: Deutsche Sprachgeschichte. Vom Spätmittelalter bis zur Gegenwart (Bd. 1). Berlin u. New York: De Gruyter, 2. Aufl. 2000.
- SCRIBNER, R. W.: For the Sake of Simple Folk: Popular Propaganda for the German Reformation (Clarendon Paperbacks), Oxford, Clarendon Press, 2004.
- STEINMETZ, David C.: Reformers in the Wings: From Geiler Von Kaysersberg to Theodore Beza, Oxford, Oxford University Press, 2001.
- WEGERA, Klaus-Peter (Hg.): Die Entstehung der neuhochdeutschen Schriftsprache. Frankfurt (M.) u. a.: Lang Verlag (Dokumentation Germanistischer Forschung, Bd. 7, hg. von H.-J. Solms und K.-P. Wegera) 2007.

Kurs 4 – Fakten, Fakten, Fakten



Vorwort

ALICIA ROHNACHER

Mathe in den Ferien? Und das freiwillig? Diese Fragen bekamen wohl einige Kursteilnehmer daheim zu hören, als sie sich für den Mathe-Kurs der Science Academy entschieden haben. Aber dass Mathe hier etwas ganz anderes als die Schulmathematik ist und auch richtig Spaß machen kann, haben die Teilnehmer schon sehr bald erfahren.

Am Eröffnungswochenende traf die bunte Mischung aus zwölf Schülerinnen und Schülern, zwei Kursleitern und einer Schülermentorin zum ersten Mal aufeinander, um zusammen die Welt der Statistik zu entdecken.

Schon nach dem ersten Kennenlernen wurden

sie mit der wichtigsten Arbeitsmethode des Kurses, dem Diskutieren, konfrontiert. Was für den einen oder anderen erst ungewohnt war, führte im Laufe der Akademie zu heißen Debatten über statistische Probleme. So konnten die Teilnehmer neben den mathematischen Kenntnissen auch ihre rhetorischen Fähigkeiten verbessern.

Der Spaß kam dabei natürlich nicht zu kurz, vor allem, wenn die Diskussionsrunden durch verschiedenste Naschereien und leckeren Tee versüßt wurden. Und auch außerhalb der Kurszeiten hatte der Kurs jede Menge zu lachen. So toppten die Mathematiker beim Sportfest durch tollen Teamgeist und einen einfallsreichen Schlachtruf das Ergebnis vom Vorjahr und experimentierten beim Exkursionsbesuch in Heidelberg unter anderem mit viel Freude

in der Expo-Ausstellung. Dass Mathematiker auch kreativ sind, bewiesen die Teilnehmer vor allem beim Entwerfen des Kurs-T-Shirts, das ganz unter dem Motto „Keine Angst vor wilden Formeln!“ stand.



Unser Kurs

Peter-Henrik Bareis war stets gutgelaunt und hatte ständig was zum Lachen, was wohl auch daran gelegen haben könnte, dass er eigentlich immer eine Cola bei sich hatte. Er war immer motiviert, freundlich und hilfsbereit und brachte uns in den Diskussionen oft zurück auf das Wesentliche. Beim Sportfest war er einer unserer Punktegaranten und man konnte sich immer auf ihn verlassen. Während der Abschlusspräsentation war er ziemlich gelassen und meisterte die Präsentation souverän.

Manuel Eppler „Ich hab das jetzt schon mal in den Taschenrechner eingegeben...!“ So hörten wir es während des Kurses öfters aus Manuels Ecke sagen, wenn es um langwierige Rechnungen ging. Er war nicht nur in Sachen GTR echt fit, sondern lieferte uns auch gute Beiträge in manchem ausufernden Diskussionen. Und da er auch sonst immer gut drauf und für so manchen Spaß und nette Unterhaltungen zu haben war, kam es im Kurs zum ein oder anderen Lachflash, weil Manuel da seinen verrückten Ideen freien Lauf ließ.

Sarah Högerle war immer sehr ruhig, aber total nett zu allen. Sie hat immer motiviert

mitgearbeitet und gute Beiträge geleistet. Mit vielen Denkanstößen brachte sie uns auf neue Ideen und übernahm bei der Präsentation auch gerne die eher schwierigen Teile. Ihre Begeisterung fürs Sportfest resultierte in vielen Punkten, die sie für unsere Gruppe erringen konnte. Sarah ist eine tolle Kurskameradin, die die Dinge ohne viel Aufhebens und in freundlicher Haltung angeht.

Miriam Kurtzhals war immer gutgelaunt und hilfsbereit. Unsere langen Diskussionen waren für sie nie mit einem „Das ist halt so!“ geklärt und so war sie erst zufrieden, wenn alle Fragen beantwortet waren. Das war eine große Bereicherung für unsere Diskussionen, zumal sie auch auf unsere Fragen immer eine Antwort parat hatte. Sowohl die Rotation als auch die Abschlusspräsentation waren für sie kein Problem. Außerdem leitete sie die Bibel-KüA und war mit großem Engagement in der Theater-KüA.



Iris Mahninger war über die Akademie eigentlich eine sehr ruhige Person, jedoch immer nett und auch hilfsbereit. Beim Sportfest war sie stets motiviert und setzte sich voll und ganz für uns, den Mathekurs, ein. In der KüA-Schiene engagierte sie sich vor allem in der Musik-KüA, was wir am Hausmusikabend in der Akademieband an ihrem Gitarrenspiel bestaunen konnten.

Stefan Möll war ein sehr netter Kurskamerad, der bei der Arbeit immer total interessiert war. Er stellte viele Fragen und war überhaupt sehr wissbegierig. Auch holte er uns

aus endlosen, im Kreis gehenden Diskussionen mit seinen Einwüfen wieder auf den Boden der Tatsachen zurück und fokussierte uns auf das Wesentliche. Das war sehr wichtig, da wir dadurch im Kurs gut vorankamen. Beim Sportfest hat er uns durch Anfeuern und hilfreiche Tipps – sozusagen als Mannschaftscoach – sehr unterstützt.

Magdalena Neureither war während der Diskussionen häufig sehr ruhig, jedoch geistig immer bei der Sache. Ihre konstruktiven Beiträge und guten Fragen führten uns wieder auf die richtige Spur. In unseren Pausen war sie einer der Stammgäste der sehr beliebten Sofaecke. Ihre Person beschreibt man am besten als sehr freundlich und lebenswert. Bei der KüA-Schiene war sie für jede KüA zu haben, ihre Leidenschaft galt allerdings dem Chor.

Caroline Pfannschmidt wohnte stets fröhlich und mit einer Tasse Kaffee in der Hand den Kurstreffen bei. Im Kurs lernten wir sie als hilfsbereit kennen. Sie half jeden Tag, die Tassen für den Kaffee und Tee aus der Mensa zu holen und brachte sie selbstverständlich wieder zurück. In der Zeit der KüAs fand man sie bei allen möglichen Angeboten, woran man ihre breit gefächerten Interessen sieht. Insgesamt ist sie eine sehr nette und in vielen Gebieten interessierte Person.

Tom Potthoff war einer unserer Mathematiker, der auf keinen Fall fehlen durfte. An den Diskussionen beteiligte sich Tom interessiert und brachte durch lustige Sprüche immer wieder Spaß und Lockerheit in unsere Truppe. Bei Proben des Präsentierens war Tom oft das Versuchskaninchen und man konnte sich viel bei ihm anschauen, da er sich sicher und gut präsentierte. Auch am Sportfest war Tom eine große Hilfe und nahm dafür, im wahrsten Sinne des Wortes, einiges „auf die Schulter“.

Simeon Schaub glänzte durch seine Programmierfähigkeiten am Computer und war immer hilfsbereit. Engagiert mischte er mit seinen schlagenden Argumenten mit und brachte uns auf so manche neue Idee. Ihn hatte unser Kursthema so gepackt, dass



er selbst beim Mittagessen noch etwas im Taschenrechner nachrechnete und uns mit neuen Programmen und Apps überraschte.

Timothy Schubert war ein sehr aufgeweckter Junge, der immer konzentriert bei der Sache war und die anderen Kursteilnehmer nicht selten durch seine pffiffigen Anmerkungen zum Nachdenken anregte. Besonders engagiert zeigte er sich auch, als es um unser Mathekurs-T-Shirt ging. Ihm verdanken wir die wirklich gelungene, lustige Karikatur darauf. In seiner Freizeit kämpfte er des Öfteren als Vertreter unseres Kurses an der Tischtennisplatte um den Sieg und fand im Anbieten einer Judo-KüA auch eine Möglichkeit, sein langjähriges Hobby hier einzubringen.

Wilde Formeln – Schöne Kurven



Jonathan Stockinger ist sehr kontaktfreudig und war immer gutgelaunt, hilfsbereit und freundlich. Da er sportlich ist, brachte er uns beim Sportfest, vor allen Dingen im Gummistiefelweitwurf, wichtige Punkte. Seine Ideen, die er im Kurs einbrachte, halfen uns oft in den Aufgaben weiter. Die Präsen-

tationen waren für ihn kein Problem, bloß des mit dem hochdeidsch hod ned äwel so klabbt.

Unsere Kursleiter

Damián Gvirtz Damián war immer nett, hilfsbereit und gutgelaunt und erklärte uns mit seiner großen Begeisterung für die Mathematik und seinem argentinischen Temperament ausgiebig und spannend die Welt der Statistik. Als überzeugter Barfußläufer und talentierter Sing- und Tanzbär verbreitete er immer gute Laune und sorgte für gute Stimmung im Kurs.

Jochen Reder Jochen hat uns durch seine lockere und nette Art am Anfang des Kurses das Zusammenfinden in der Gruppe erleichtert. Durch seine Erfahrung als Lehrer wusste er, wie er uns unterstützen und auch schwerere Themen gut vermitteln konnte. Er half uns und machte uns immer wieder Mut, auch wenn wir uns im Kreis „drehen“ oder nicht gleich eine Lösung fanden.

Alicia Rohnacher Unsere Schülermentorin Alicia war für unterhaltsame Gespräche immer zu haben. Gleichzeitig war sie die Ansprechpartnerin bei Problemen aller Art und stand uns die ganze Zeit mit Rat und Tat zur Seite. Sie brachte uns mithilfe von Süßigkeiten durch den Tag, was wir alle sehr begrüßten. Durch ihre hervorragende Motivationsarbeit waren wir stets guter Laune. Deswegen mochten wir sie alle sehr gerne.

Einleitung

DAMIÁN GVIRTZ, JOCHEN REDER

„Trau keiner Statistik!“, „Mit Statistik kannst Du alles belegen.“ In diesem Sommer wollten die Teilnehmer des Mathematikurses, genauer des Statistikurses, herausfinden, wie sicher man sein kann, wenn man eine statistische Erhebung auswertet.

Wahrscheinlichkeiten zu erkunden, ohne vorher Rezepte gelernt oder gar geübt zu haben, war am Eröffnungswochenende die erste große Her-

ausforderung, der sich die Teilnehmer stellen mussten.

Wie findet man heraus, wie groß die Wahrscheinlichkeit ist, dass in einer Gruppe von 25 Personen zwei am gleichen Tag Geburtstag haben? Die Schätzungen reichten am ersten Abend von 5 Promille bis 70 Prozent und die Diskussion über den richtigen Lösungsweg dauerte bis zum Ende der ersten Kurssitzung an, ohne dass wir ein endgültiges Ergebnis hatten. Es gab verschiedene Lösungen und unterschiedliche Wege dorthin. Was war nun richtig? Am ersten Abend konnten wir es nicht abschließend klären und das war nicht einfach zu akzeptieren.

Dies war die erste Lektion! Wir sind nicht in der Schule, wo von der Lehrperson in der Regel recht zügig eine Methode vorgestellt wird, die man dann immer wieder auf passende Probleme anwendet.

Am nächsten Morgen die Überraschung: Wir bekamen von einem Teilnehmer eine einwandfreie Argumentation geliefert, dass die Wahrscheinlichkeit für zwei Geburtstagskinder am gleichen Tag bei fast 60 % liegt.

Nun war das Eis gebrochen, wir stiegen ein in die Fragestellungen der beurteilenden Statistik, erarbeiteten uns Begriffe wie Ablehnungsbereich, Fehler erster und zweiter Art, Wahrscheinlichkeitsverteilung, Binomialkoeffizienten und Binomialverteilung und schließlich auch Normalverteilung und Wahrscheinlichkeitsdichte.

Die Scheu vor komplizierten Formeln und komplexen Darstellungen wurde allmählich überwunden und wir konnten mit Computer und GTR unsere Auswertungen durchführen.

Wir führten einen Test mit allen Akademieteilnehmern durch und fanden heraus, dass wir auf hohem Signifikanzniveau behaupten können, dass man sein Zeitgefühl durch einfaches Training verbessern kann. Wir simulierten 100 Millionen Würfe mit 10 Würfeln und präsentierten unsere „wilden Formeln“ den Nichtmathematikern der diesjährigen Akademie und am Ende auch den Eltern und Gästen der Abschlussveranstaltung.

Geburtstagsproblem

STEFAN MÖLL



Das Geburtstagsproblem hat, wie der Name schon sagt, mit Geburtstagen zu tun. Es geht darum, die Wahrscheinlichkeit zu berechnen, dass mindestens 2 aus 25 zufällig ausgewählten Menschen am gleichen Tag Geburtstag haben.

Lösung:

Wir bestimmen zuerst die Gegenwahrscheinlichkeit, dass das Ereignis (2 aus 25 Personen haben am gleichen Tag Geburtstag) nicht stattfindet. Die erste Person hat 365 Tage zur Auswahl, um Geburtstag zu haben.

Der zweiten Person bleiben jetzt nur noch 364 Tage, um Geburtstag zu haben, weil wir ja nicht wollen, dass zwei am gleichen Tag Geburtstag haben.

Der dritten Person bleiben jetzt noch 363 Tage, um Geburtstag zu haben, weil wir ja wollen, dass auch die dritte Person an einem Tag alleine Geburtstag hat.

usw.

Die 25. Person hat nur noch 341 Tage frei, um Geburtstag zu haben.

$$P = \frac{365}{365} \cdot \frac{364}{365} \cdot \frac{363}{365} \cdot \dots \cdot \frac{342}{365} \cdot \frac{341}{365} \\ \approx 0,4313 \text{ (43,13 \%)}$$

ist also die Wahrscheinlichkeit, dass 25 Personen an verschiedenen Tagen Geburtstag haben.

Die beiden Wahrscheinlichkeiten, dass alle an verschiedenen Tagen Geburtstag haben, bzw. mindestens zwei am gleichen Tag, müssen addiert 100 % ergeben. Wir ziehen davon die unerwünschten Fälle (alle an verschiedenen Tagen) ab.

$$1 \text{ (100 \%)} - 0,4313 \text{ (43,13 \%)} \\ = 0,5687 \text{ (56,87 \%)}$$

Das ist jetzt die Wahrscheinlichkeit, dass mindestens 2 aus 25 Personen am gleichen Tag Geburtstag haben. So einen hohen Wert erwarten die wenigsten. Daran sieht man, dass es sich lohnen kann, Wahrscheinlichkeiten zu berechnen, weil der erste Schein oft trügt.

Binomialkoeffizient

CAROLINE PFANNSCHMIDT

Mit dem Binomialkoeffizienten $\binom{n}{k}$ (lies: n über k) kann man ausrechnen, auf wie viele verschiedene Arten man bei einem statistischen Experiment genau k „günstige“ Ergebnisse aus einer Menge von n Ergebnissen ziehen kann. Dabei können Ergebnisse weder zurückgelegt werden, noch spielt die Reihenfolge, in der die „günstigen“ bzw. „ungünstigen“ Ergebnisse gezogen werden, eine Rolle.

Genauer möchten wir den Binomialkoeffizienten jetzt anhand eines Beispiels erklären. Gegeben ist ein Sack mit 10 Kugeln, 6 schwarzen und 4 weißen, die durchnummeriert sind. Man



ziehe blind eine Kugel nach der anderen und lege sie alle in einer Reihe ab. Wenn man jetzt die Reihenfolge der Zahlen betrachtet, ist dieses Ereignis einmalig (Detailanordnung).



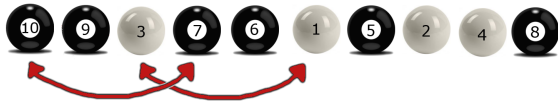
Bei 10 Kugeln kann man für die erste Kugel unter allen 10 Kugeln auswählen, für die zweite gibt es noch 9 Möglichkeiten usw. und bei der letzten Kugel hat man gar keine Auswahl mehr, also nur noch eine Möglichkeit. Die Anzahl der Detailanordnungen ist also

$$1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot 9 \cdot 10 = 3628800$$

Hierfür gibt es eine etwas kürzere Schreibweise, die Fakultät:

$$n! := 1 \cdot 2 \cdot \dots \cdot (n-1) \cdot n$$

Wenn man sich jetzt allerdings nur für die Farbe der Kugeln interessiert, sehen alle Ereignisse, bei denen nur weiße bzw. schwarze Kugeln untereinander ausgetauscht werden, gleich aus (Farbreihenfolge). Es gibt $4!$ verschiedene An-



ordnungen, die gleich aussehen, wenn wir nur weiße Kugeln untereinander austauschen (es sind ja 4 weiße Kugeln), gleiches gilt für die schwarzen Kugeln, allerdings gibt es hier für eine Farbreihenfolge $6!$ verschiedene Detailanordnungen.

Damit wir keine Dopplungen haben, müssen wir jetzt also noch die Anzahl aller Detailanordnungen durch $4! \cdot 6!$ teilen, die Anzahl unterschiedlicher Farbreihenfolgen ist also

$$\frac{10!}{4!6!} = 210$$

Die allgemeine Formel sieht dann so aus:

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

für n Ergebnisse und k „günstige“ Ergebnisse. Und auch für diese kompliziert aussehende Formel gibt es eine einfachere Schreibweise, man schreibt:

$$\binom{n}{k} := \frac{n!}{k!(n-k)!}$$

Diese Funktion kennt sogar der Taschenrechner. Man gibt dann ein: $n \rightarrow nCr$ (das ist die Funktion) $\rightarrow k$. Die englische Bezeichnung nCr steht für „from n choose r “.

Binomialverteilung

IRIS MAHNINGER, MAGDALENA
NEUREITHER

Fangen wir mit einem Beispiel an: Wir haben einen Würfel und würfeln genau $n = 5$ Mal (n : Gesamtanzahl der Würfe). Nun wollen wir die Wahrscheinlichkeit berechnen, dass wir bei genau $k = 2$ Versuchen (k : Anzahl der Erfolge) eine 6 würfeln. (Die Erfolgswahrscheinlichkeit

p für die Zahl 6 bei einem Wurf beträgt $\frac{1}{6}$.) Im Beispiel gibt uns die Binomialverteilung dann an, mit welcher Wahrscheinlichkeit 2 Erfolge eintreten (zweimal eine 6 gewürfelt wird), wenn die Gesamtanzahl n der Versuche 5 ist und die Erfolgswahrscheinlichkeit p eines Versuchs $\frac{1}{6}$.

Bei Binomialverteilungen gibt es immer nur zwei mögliche Ergebnisse: richtig oder falsch, Erfolg oder Misserfolg, es wird eine 6 gewürfelt oder nicht.

Für ein Beispiel wie das oben bereits genannte, bei dem man die Wahrscheinlichkeit für genau k Treffer berechnet, können wir die Wahrscheinlichkeit mithilfe dieser Formel angeben (wobei X die beobachtete Anzahl an Erfolgen ist):

$$P(X = k) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k}$$

Erklärung:

$p^k (1-p)^{n-k}$ (nach Vertauschen der Faktoren) gibt die Wahrscheinlichkeit jeder einzelnen Möglichkeit, k Erfolge zu erzielen, an. Im Baumdiagramm: Ein einzelner Pfad, der, nach unserem Beispiel, zwei Erfolge (also zweimal 6) bei insgesamt fünf Versuchen einschließt, hat die Wahrscheinlichkeit: $\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{5}{6}$ oder zusammengefasst: $\left(\frac{1}{6}\right)^2 \cdot \left(\frac{5}{6}\right)^3$. Und dies ist dasselbe wie:

$$\left(\frac{1}{6}\right)^2 \cdot \left(1 - \frac{1}{6}\right)^{5-2}$$

Den Ausdruck $\binom{n}{k}$ nennt man Binomialkoeffizienten. Er gibt, wie oben erklärt, die Anzahl der Möglichkeiten bei k Erfolgen von n Versuchen in einem statistischen Experiment an.

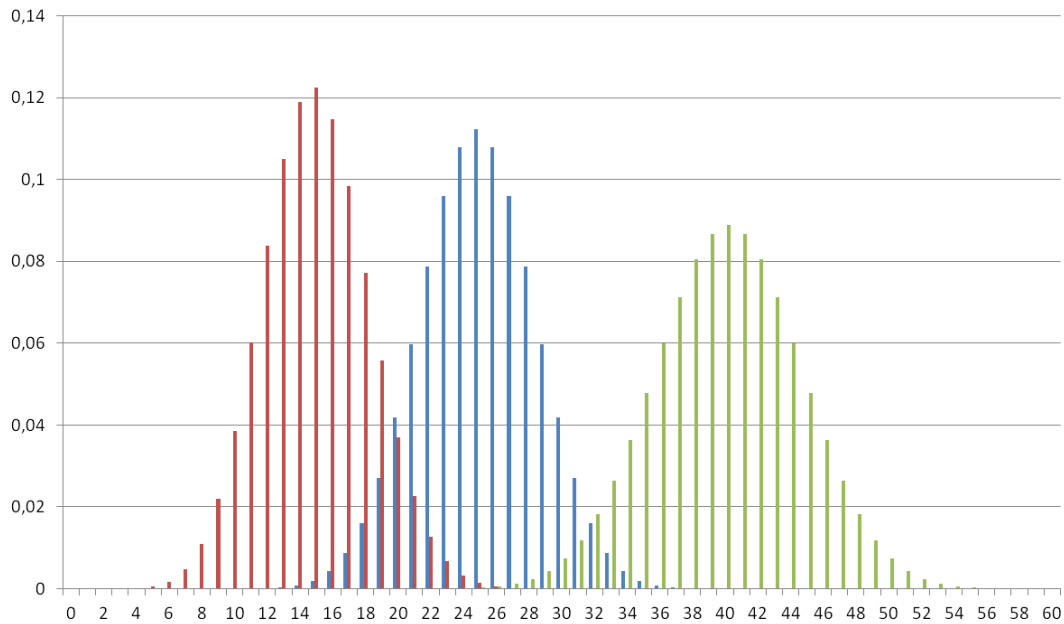
Bezug zum Beispiel:

$$n = 5$$

$$p = \frac{1}{6}$$

$$k = 2$$

$$P(X = 2) = \binom{5}{2} \left(\frac{1}{6}\right)^2 \left(1 - \frac{1}{6}\right)^{5-2} \approx 0,1608$$



blau: $n = 50, p = 0,5$; rot: $n = 50, p = 0,3$; grün: $n = 80, p = 0,5$

Im Taschenrechner gibt es auch die Möglichkeit, den Befehl „binompdf(n, p, k)“ zu benutzen: $\text{binompdf}(5, \frac{1}{6}, 2) \approx 0,1608$

Dieser Befehl berechnet die Wahrscheinlichkeit für genau 2 Treffer. Für die Wahrscheinlichkeit von höchstens k Treffern gibt es einen anderen Befehl: „binomcdf(n, p, k)“. Und für „mindestens k Treffer“ können wir dann einfach die Gegenwahrscheinlichkeit zu „binomcdf(n, p, k)“ verwenden, also $1 - \text{binomcdf}(n, p, k-1)$. Es muss beachtet werden, dass

$$P(X \geq k) = 1 - P(X < k) = 1 - P(X \leq k-1)$$

Die Formel für $\text{binomcdf}(n, p, k)$ ist schlicht und einfach die Summe der darin enthaltenen Fälle:

$$P(X \leq k) = P(X = 0) + P(X = 1) + \dots + P(X = k)$$

In Kurzschreibweise:

$$\begin{aligned} P(X \leq k) &= \sum_{i=0}^k P(X = i) \\ &= \sum_{i=0}^k \binom{n}{i} p^i (1-p)^{n-i} \end{aligned}$$

$\sum$ (Summenzeichen) summiert die dahinterstehende Formel für alle i von 0 bis k .

Wir können nun sagen, dass die Wahrscheinlichkeit, bei 5-maligem Werfen eines Würfels genau zweimal eine 6 zu bekommen, ca. 16,08 % beträgt. Dies ist nun die Wahrscheinlichkeit für genau einen Wert k . In einem Diagramm kann man aber gleich für alle unterschiedlichen k die Wahrscheinlichkeit ablesen.

Mit Hilfe von Programmen wie zum Beispiel Microsoft Office Excel haben wir Binomialverteilungen am Computer grafisch durch Säulendiagramme dargestellt (siehe obige Abbildung).

Wir haben gegeben n (die Gesamtanzahl) und p (die Wahrscheinlichkeit). An der x-Achse kann man k ablesen und auf der y-Achse die Wahrscheinlichkeit für das Ereignis. Dadurch, dass die Wahrscheinlichkeit hier bei 0,5 liegt, ist die Kurve symmetrisch (blaues Diagramm). Wenn n größer wird (grünes Diagramm), werden die Wahrscheinlichkeiten kleiner und wenn n kleiner wird, werden die Wahrscheinlichkeiten größer. Addiert man die Werte aller Säulen zusammen, kommt man auf 1 (die Wahrscheinlichkeit aller möglichen Ausgänge).

Liegt die Wahrscheinlichkeit bei kleiner als 0,5, liegen die Säulen weiter links im Koordinatensystem (rotes Diagramm), weil weniger Erfolge als bei 0,5 erwartet werden. Ist die Wahrscheinlichkeit größer als 0,5, liegen die Säulen dann weiter rechts im Koordinatensystem.

Philosophie des Testens

IRIS MAHNINGER, MAGDALENA
NEUREITHER

Man stelle sich folgendes Beispiel vor: *Wir wollen herausfinden, ob der Wurf einer bestimmten Münze unfair ist.*

Dazu stellen wir zwei Hypothesen auf:

H_0 : Nullhypothese

H_1 : Alternativhypothese

An unserem Beispiel:

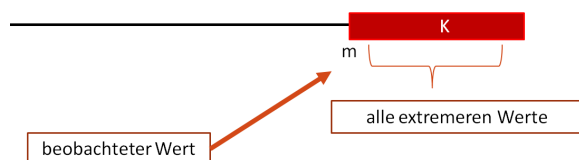
H_0 : $P(\text{Kopf}) = 50\%$ (die Münze ist fair)

H_1 : $P(\text{Kopf}) \neq 50\%$ (die Münze ist unfair)

Wir wählen immer H_0 als die Hypothese, die wir verwerfen wollen. Bei diesem Beispiel wollen wir also ausschließen, dass die Münze fair ist.

H_0 und H_1 schließen sich gegenseitig aus.

Um nun zu einem Ergebnis zu kommen, setzen wir ein kritisches Gebiet K am beobachteten Wert an. Es schließt den beobachteten Wert m und alle im Sinne der Nullhypothese extremen Werte mit ein. Wir versuchen also, die Grenze, ab der wir H_0 verwerfen, so zu setzen, dass unsere Beobachtung in K liegt, d. h. gegen H_0 spricht.



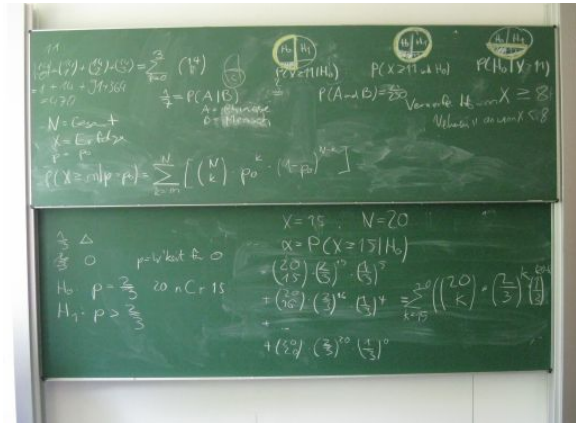
Mit dem kritischen Gebiet wird berechnet, mit welcher Wahrscheinlichkeit wir den Fehler begehen, dass wir H_0 verwerfen, obwohl die Hypothese wahr ist. Diesen Fehler nennt man Alpha-Fehler (α). Außerdem gibt es noch den Fehler β , der die Wahrscheinlichkeit angibt, dass H_0 angenommen wird, obwohl sie falsch ist (Tabelle auf der nächsten Seite).

In der Anwendung ist der Alphafehler wichtiger, weil die Hypothesen so aufgestellt werden, dass H_0 verworfen werden soll. In einer mathematischen Formel ausgedrückt gilt:

$$\alpha = P(X \in K | H_0)$$

α ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine Beobachtung in das kritische Gebiet fällt unter der

Bedingung, dass H_0 gilt. Wenn α sehr klein ist, können wir vermuten, dass H_0 falsch ist, weil es sehr unwahrscheinlich ist, dass, falls H_0 gilt, dieses Ergebnis oder ein extremeres erscheint. Je nach Studie akzeptieren wir H_0 bis zu einem unterschiedlichen α . Z. B. sind 5 % bei einer Medikamentenstudie ein viel zu hohes α , bei anderen Versuchen können auch Werte knapp unter 5 % ausreichend sein, um H_0 zu verwerfen.



Mit α kann man nicht auf die Wahrscheinlichkeiten der Hypothesen schließen, da es sich hier um eine sogenannte *bedingte Wahrscheinlichkeit* handelt. Wir nehmen nämlich bei der Berechnung von α im Voraus schon an, dass H_0 wahr ist.

$$P(X \in K | H_0) \neq P(H_0 | X \in K)$$

Die Formel sagt aus, dass bei einer bedingten Wahrscheinlichkeit das Ergebnis und die Bedingung im Allgemeinen nicht vertauscht werden können. An einem Beispiel mit Hund und Terrier kann man dies gut klarmachen: Die Wahrscheinlichkeit, dass mein Haustier ein Hund ist unter der Bedingung, dass es ein Terrier ist, beträgt 1. Die Wahrscheinlichkeit jedoch, dass mein Haustier ein Terrier ist, unter der Bedingung, dass es ein Hund ist, ist nicht 1, da nicht alle Hunde Terrier sind.

Es gibt auch andere Methoden, mit denen man die Wahrscheinlichkeit der Hypothesen berechnen kann (Bayes-Statistik). Dazu benötigen wir jedoch eine Anfangsvermutung, die nicht von vorneherein klar ersichtlich ist. Dieses Verfahren zusätzlich genauer anzuschauen, wäre

	H_0 ist wahr	H_1 ist wahr
H_0 wird verworfen	α (Fehler 1. Art)	Entscheidung richtig
H_0 wird nicht verworfen	Entscheidung richtig	β (Fehler 2. Art)

Fehlerarten in der Übersicht

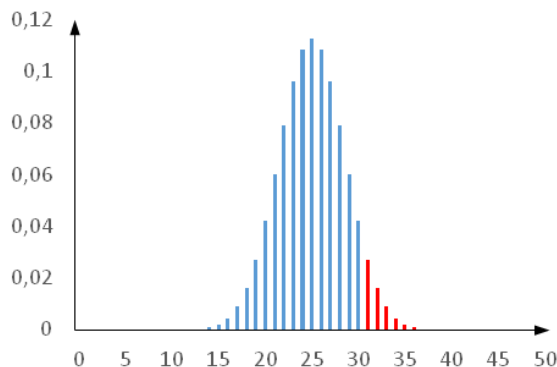
im Rahmen der zweiwöchigen Akademie nicht möglich gewesen.

Binomialtests

PETER-HENRIK BAREIS

Ein Binomialtest ist ein mehrstufiges Zufallsexperiment mit je zwei möglichen Ergebnissen, nämlich Erfolg oder Misserfolg. Da die einzelnen Versuche unabhängig voneinander sind, ist der Binomialtest mit beliebig oft wiederholten Versuchen durchführbar. Die gesamte Versuchsreihe ist binomialverteilt.

Einseitige Tests



Am Eröffnungswochenende führten wir im Plenum ein Experiment mit allen anwesenden Teilnehmern durch: Dazu sollten alle die Augen schließen und eine Minute abschätzen, während eine Stoppuhr lief. Wer meinte, die Minute sei um, sollte die Augen öffnen und sich die Zeit auf der Stoppuhr merken. Danach wurde das Experiment wiederholt und alle, die beim zweiten Mal besser geschätzt hatten als vorher, sollten sich melden. Bei der Durchführung des Experiments wusste keiner der Teilnehmer, worum es dabei ging. Von den insgesamt 93 Teilnehmern hatten sich 70 verbessert.

Nun haben wir uns die Frage gestellt, wie sicher man sagen kann, dass man sich beim zweiten Versuch verbessert, oder ob es nur Zufall war.

$p :=$ Wahrscheinlichkeit einer Verbesserung
 $H_0: p \leq 50\%$ (es ist zufällig oder unwahrscheinlicher)

$H_1: p > 50\%$ (es ist wahrscheinlicher)

Gesamtzahl Testpersonen: 93

Verbesserte Schätzungen: 70

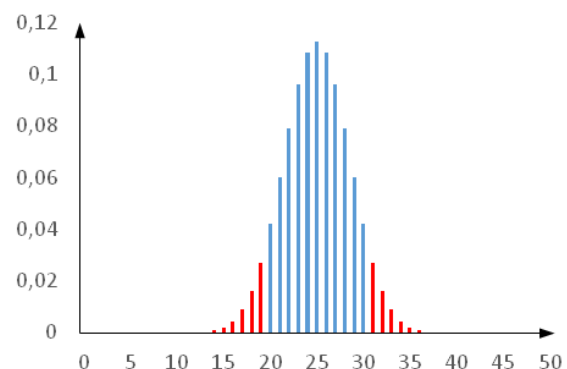
Wir setzten also das kritische Gebiet von 70 bis 93 und errechnen die Wahrscheinlichkeit, dass ein Wert hier hinein fällt, wenn H_0 gilt. Dies ist dann der α -Fehler.

$$\alpha = \sum_{i=70}^{93} \binom{93}{i} 0,5^i (1-0,5)^{90-i} \approx 0,00005\%$$

Das bedeutet, dass wir, wenn wir H_0 verwerfen, eine Fehlerwahrscheinlichkeit von 0,00005 % haben. Da diese Fehlerwahrscheinlichkeit sehr klein ist, ist es offensichtlich, dass man sich verbessert.

Dies war ein einseitiger Test, da wir das kritische Gebiet auf nur einer Seite angesetzt haben.

Zweiseitige Tests



Es gibt außerdem noch zweiseitige Tests, bei denen das kritische Gebiet über beide Seiten verteilt ist.

Ein Beispiel für einen zweiseitigen Test wäre: Ein Zeitungshändler müsste wöchentlich 100 Zeitungen verkaufen, die er bisher immer sonntags verkauft hat. Allerdings wurden immer

nur die Hälfte aller Zeitungen an den Mann gebracht. *Nun will er wissen, ob sich etwas ändert, wenn er die Zeitungen montags verkauft*, was er in der folgenden Woche testet: Er verkauft 45 Zeitungen.

$H_0 : p = 50\%$ (es ändert sich nichts)

$H_1 : p \neq 50\%$ (er verkauft mehr oder weniger)

Montags angeboten: 100

Davon verkauft: 45

Unser kritisches Gebiet umfasst 0-45 und 55-100, weil wir das kritische Gebiet bei dem beobachteten Wert und allen extremeren im Sinne der Nullhypothese ansetzen müssen.

$$\begin{aligned}\alpha &= \sum_{i=0}^{45} \binom{100}{i} 0,5^i (1-0,5)^{100-i} \\ &\quad + \sum_{i=55}^{100} \binom{100}{i} 0,5^i (1-0,5)^{100-i} \\ &\approx 36,8\%\end{aligned}$$

Bei Verwerfen von H_0 haben wir also eine Fehlerwahrscheinlichkeit von 36,8 %. Dieser Wert ist zu hoch, um H_0 zu verwerfen, deswegen kann der Verkäufer auch sonntags Zeitungen weiterverkaufen.

Exakter Test nach Fisher

SARAH HÖGERLE, TIMOTHY SCHUBERT

Wir haben verschiedene Tests für unterschiedliche Situationen kennengelernt. Einer davon war der „exakte Test von Fisher“, den wir anhand einer Medikamentenstudie bearbeitet haben. Hierbei geht es um ein neues Medikament für eine schlimme Krankheit, das auf seine Wirksamkeit getestet werden soll.

Ist das neue Medikament B wirklich besser als ein bisher angewandtes Medikament A?

Um diese Frage beantworten zu können, wird ein Versuch mit 15 von der Krankheit betroffenen Patienten durchgeführt. Die Versuchsergebnisse konnten wir in folgender Tabelle ablesen:

	gestorben	überlebt	Summe
Mittel A	2	6	8
Mittel B	4	3	7
Summe	6	9	15

Dieser Tabelle kann man entnehmen, dass 8 Leuten das Mittel A verabreicht wurde und 7 Leuten das Mittel B. Insgesamt sind bei diesem Versuch 6 Patienten ums Leben gekommen, die restlichen 9 haben überlebt. Betrachtet man die beobachteten Werte für die einzelnen Medikamente, so stellt man fest, dass die Sterberate bei Medikament A „nur“ bei 25 % liegt, während die Sterberate bei Medikament B ungefähr 57 % beträgt. Für viele mag es nun eindeutig sein, dass Medikament A das bessere Mittel ist.

Doch wir wollen wissen, wie sicher man sich sein kann und ob man sich überhaupt sicher sein kann. Deshalb stellt man zwei Hypothesen auf. Die Hypothese H_0 besagt, dass das Medikament A nicht besser oder maximal gleich gut ist wie Medikament B. Die Gegenhypothese H_1 besagt, dass das Medikament A besser ist als das Medikament B. Unser Ziel ist es immer, die Hypothese 0 zu verwerfen und die Hypothese 1 mit einer geringen Fehlerwahrscheinlichkeit annehmen zu können. Deshalb berechnet man jetzt das Signifikanzniveau α , unsere Fehlerwahrscheinlichkeit.

Wir können mit dem Extremfall unserer Nullhypothese, die Mittel seien gleich gut, d.h. 6 Patienten sterben unabhängig vom Mittel, rechnen, da uns die maximale Fehlerwahrscheinlichkeit interessiert. Wäre Mittel A nämlich sogar schlechter als Mittel B, würde unser Signifikanzniveau kleiner werden.



Wir berechnen jetzt also das Signifikanzniveau für die Wahrscheinlichkeit, dass es 2 oder weniger Tote bei Mittel A gibt, unter der Voraussetzung, dass beide Mittel gleich gut sind. Zuerst berechnen wir die Wahrscheinlichkeit für unseren beobachteten Wert. Diese können

wir mit folgendem Term berechnen:

$$\frac{\binom{6}{2}\binom{9}{6}}{\binom{15}{8}}$$

$\binom{6}{2}$ steht für den Fall, dass von 6 Toten zufällig 2 auf das Mittel A fallen. Dieser Rechenausdruck wird mit dem Fall, dass von 9 Überlebenden zufällig 6 auf Mittel A fallen, multipliziert. Dieses Ergebnis wird durch $\binom{15}{8}$ geteilt, das sind alle Möglichkeiten, aus den 15 Probanden 8 auszuwählen, die Mittel A bekommen. In mathematischer Fachsprache wird diese Verteilung auch als hypergeometrisch bezeichnet.

Im nächsten Schritt müssen wir alle extremeren Fälle berechnen, da wir ja die Wahrscheinlichkeit von 2 oder weniger Toten bei Mittel A berechnen wollen, unter der Voraussetzung, dass beide Mittel gleich gut sind. Die Terme und die dazugehörigen Vierfeldertafeln sind hier zu sehen:

	gestorben	überlebt	Summe
Mittel A	0	8	8
Mittel B	6	1	7
Summe	6	9	15

	gestorben	überlebt	Summe
Mittel A	1	7	8
Mittel B	5	2	7
Summe	6	9	15

	gestorben	überlebt	Summe
Mittel A	2	6	8
Mittel B	4	3	7
Summe	6	9	15

$$\begin{aligned}\alpha &= P(\leq 2 \text{ Tote bei A} | \text{A und B gleich gut}) \\ &= \frac{\binom{6}{0}\binom{9}{8}}{\binom{15}{8}} + \frac{\binom{6}{1}\binom{9}{7}}{\binom{15}{8}} + \frac{\binom{6}{2}\binom{9}{6}}{\binom{15}{8}} \\ &= \frac{3}{13} \approx 23\%\end{aligned}$$

Die Wahrscheinlichkeit für 2 Tote bei Mittel A, die Wahrscheinlichkeit für 1 Toten bei Mittel A und die extreme Wahrscheinlichkeit dafür, dass alle, die Mittel A genommen haben, überlebt haben, ergeben unter der Annahme H_0 im schlimmsten Fall 23 %.

Was sagt uns diese Prozentzahl nun? Sie sagt uns, dass wir, wenn wir H_0 verwerfen, mit einer Fehlerwahrscheinlichkeit von 23 % rechnen

müssen. Das heißt, wir würden, selbst wenn die Mittel gleich gut sind, trotzdem noch in fast jedem vierten Fall unser Ergebnis oder ein extremeres beobachten. Unsere Beobachtung ist also entgegen der ersten Vermutung nicht extrem genug, um H_0 auszuschließen.

Normalverteilung als Grenzfall diskreter Verteilungen

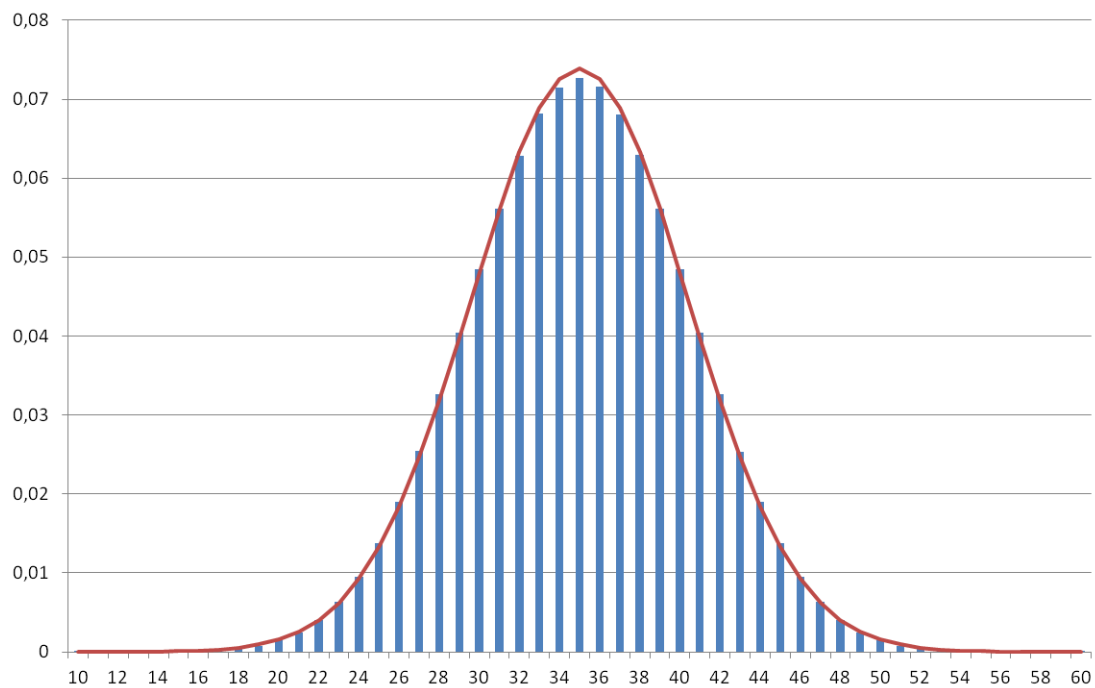
SIMEON SCHAUB



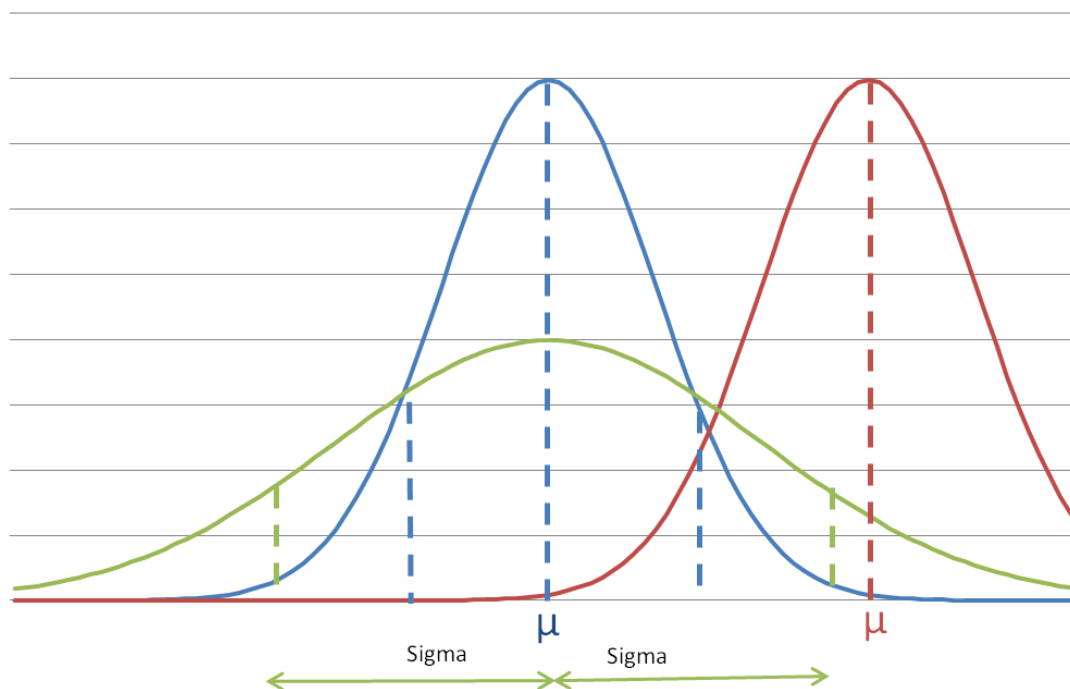
QR-Code zu Simeons „Würfelapp“ für das Smartphone

Am Anfang haben wir uns gefragt, mit welcher Wahrscheinlichkeit zum Beispiel das Werfen von sechs Würfeln eine bestimmte Gesamtaußensumme ergibt. Dazu haben wir verschiedene Versuche gemacht und unter anderem 6 Würfel 300 Mal geworfen und immer die Gesamtaußensumme notiert. Um noch aussagekräftigere Ergebnisse zu bekommen, haben wir das Ganze mit 10 Würfeln, die 100 Millionen Mal geworfen werden, am PC simuliert und uns die Häufigkeit jedes Ereignisses ausgeben lassen.

Diese Daten haben wir uns dann von Excel in ein Diagramm zeichnen lassen (obere Abbildung auf der nächsten Seite). Wie wir hier sehr gut erkennen können, ähnelt diese Verteilung stark der der Binomialverteilung für große n . Jedoch fanden wir heraus, dass dies keine



Relative Häufigkeiten der Augensummen von 10 Würfeln bei 100 Mio. Versuchen; einhüllende Normalverteilung



Normalverteilung und ihre Parameter

Binomialverteilung war, da es bei einer Binomialverteilung immer nur 2 Ergebnisse gibt (zum Beispiel wahr oder falsch), wir aber hier 6 Ergebnisse pro Würfel hatten. Es scheint aber, dass sich sowohl diese Verteilung als auch die

Binomialverteilungen für große n in ihrer Form durch eine Glockenkurve darstellen lassen.

Diese Verteilung nennt man die Normalverteilung. Sie nimmt Werte für alle reellen Zahlen

an, nicht nur für natürliche. Als Parameter haben wir nun nicht mehr die Anzahl der Ergebnisse n und die Wahrscheinlichkeit eines Ergebnisses p , sondern den Mittelwert μ und unseren „Streckfaktor“ σ , die sogenannte Standardabweichung. Die Funktionsgleichung dieser Verteilung ist nun auch um einiges komplizierter, nämlich:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}$$

Eine Veränderung von μ verschiebt lediglich den Graphen auf der x-Achse. Eine Vergrößerung von σ bewirkt, dass die Kurve gestreckt und deutlich flacher wird. Der Einfachheit halber haben wir dies meistens vom GTR oder vom PC mit einer vordefinierten Funktion berechnen lassen (untere Abbildung auf der vorherigen Seite).

Legt man nun die Normalverteilungskurve von Excel über unsere Versuchsergebnisse, so sieht man, dass es bei 300 Würfeln relativ hohe Abweichungen gab, bei unserer Computersimulation konnten wir die Abweichungen mit dem bloßen Auge nicht erkennen.



Parameter der Normalverteilung

TOM POTTHOFF, JONATHAN STOCKINGER

Wie bereits erwähnt, hat die Normalverteilung zwei Parameter, den Mittelwert μ und die Standardabweichung σ . Der Mittelwert μ ist der Durchschnitt aller Messwerte, also berechnet man ihn wie folgt:

$$\mu = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Die Standardabweichung σ gibt an, wie weit die Messergebnisse um den Mittelwert μ streuen. Zuerst haben wir uns überlegt, dass wir einfach immer die Differenz unserer Messwerte zum Mittelwert aufsummieren und durch n teilen, um die durchschnittliche Differenz aller Werte zum Mittelwert zu bekommen:

$$\frac{(x_1 - \mu) + (x_2 - \mu) + \dots + (x_n - \mu)}{n}$$

Hier taucht nun aber das Problem auf, dass diese Differenz negativ ist, wenn μ größer als x ist und sich negative und positive Differenzen aufheben! Daher haben wir die Differenzen immer quadriert:

$$\sigma^2 = \frac{(x_1 - \mu)^2 + (x_2 - \mu)^2 + \dots + (x_n - \mu)^2}{n}$$

Dies hatte den zusätzlichen Effekt, dass größere Abweichungen mehr ins Gewicht fallen. In der Regel weichen unsere aus den gemessenen Werten berechneten Parameter natürlich von den tatsächlichen Parametern ab, doch je größer unser n ist, desto mehr gleichen sich μ und σ dem tatsächlichen Wert an.

Links und rechts des Mittelwertes liegt das σ -Intervall.

In diesem Bereich des Graphen, also $\mu - \sigma$ bis $\mu + \sigma$, liegen ca. 68,27 % aller möglichen Ergebnisse.

Im 2σ -Intervall vom Mittelwert sind ca. 95,45 % aller Messwerte zu finden.

Im 3σ -Intervall vom Mittelwert sind ca. 99,73 % aller Messwerte zu finden.

Die Normalverteilung als die Wahrscheinlichkeitsdichte einer kontinuierlichen Verteilung

TOM POTTHOFF, JONATHAN STOCKINGER

Bisher hatten wir die Normalverteilung nur als Grenzfall einer diskreten Verteilung, also einer Verteilung, bei der die Werte nur bestimmte Zahlen annehmen dürfen. Z. B. 1; 2; 3 oder 1; 1,5; 2; 2,5. Nun wollen wir die Normalverteilung als Verteilung einer fortlaufenden Größe ohne bestimmte Abstände der möglichen Ergebnisse, z. B. der Körpergröße, untersuchen.

Hier sind alle reellen Zahlen möglich (natürlich nur theoretisch). Aber selbst in einem realistischen Intervall, z. B. von 1,5–2,2, haben wir unendlich viele Werte.

Da alle reellen Zahlen möglich sind, haben wir unendlich viele x-Werte unter unserer Glockenkurve. Würde man jetzt von jedem die vermeintliche Wahrscheinlichkeit auf der y-Achse ablesen, so ginge die Gesamtwahrscheinlichkeit ja auch gegen unendlich und damit höher als 1, was nicht geht, da man keine Wahrscheinlichkeit $>100\%$ haben kann. Also kann man die Wahrscheinlichkeit nicht einfach an der y-Achse ablesen. Ein weiteres Indiz: Hat man nun ein ganz kleines σ von z. B. 0,01 und setzt dieses in unsere Funktionsgleichung ein, so haben wir auch ein Ergebnis von >1 . Das heißt, der Hochpunkt der Kurve liegt über 1.

Die y-Werte bezeichnen die Wahrscheinlichkeitsdichte, also die Wahrscheinlichkeit pro x-Intervall (Wahrscheinlichkeit/x-Intervall). Um die Wahrscheinlichkeit für dieses Intervall zu erhalten, muss man die durchschnittliche Wahrscheinlichkeitsdichte nun mit der x-Intervall-Länge multiplizieren und erhält damit den Flächeninhalt unter der Kurve im x-Intervall.

Die Wahrscheinlichkeit für ein Intervall erhält man also, indem man den Flächeninhalt unter der Kurve in diesem Intervall berechnet.

Man kann es sich aber auch noch anders erklären:

Wenn wir unsere Normalverteilung in einzelne gleichgroße Intervalle zusammenfassen, erhalten wir eine diskrete Verteilung mit Säulen der Breite 1, bei der man die Wahrscheinlichkeit wieder an der y-Achse ablesen kann. Hier erkennen wir, dass die Wahrscheinlichkeit für ein Intervall dem Flächeninhalt der entsprechenden Säule entspricht.

Ein Beispiel: Wir lesen ab: 30 %. Flächeninhalt: $30\% \cdot 1 = 30\%$. Sind unsere Säulen nun nur halb so breit, kann die Rechnung entweder so

$$30\% \cdot 0,5 + 30\% \cdot 0,5 = 15\% + 15\% = 30\%$$

oder auch so

$$32\% \cdot 0,5 + 28\% \cdot 0,5 = 16\% + 14\% = 30\%$$

lauten, je nachdem wie sich die Gesamtwahrscheinlichkeit des Ursprungsintervalls auf die

neuen Intervalle aufteilt. Man kann die Säulen also beliebig verfeinern, der Flächeninhalt aber gibt immer die Wahrscheinlichkeit an. Letztlich können wir auch bei der Normalverteilung als Kurve die Wahrscheinlichkeit für ein selbst gewähltes Intervall über den Flächeninhalt berechnen.

Der Flächeninhalt unter der gesamten Kurve beträgt 1, da dies gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit dafür ist, dass irgendein Ereignis geschieht, was immer der Fall ist.

Es gibt auch andere kontinuierliche Verteilungen. Die Normalverteilung hat aber insofern eine zentrale Rolle, als ihre Kurve bei vielen gestreuten Größen in der Natur auftritt.



Gauß-Test

MANUEL EPPLER, MIRIAM KURTZHALS

Hierzu haben wir uns folgendes Beispiel angeschaut:

Der Besitzer einer Schokoladenfabrik behauptet, dass seine Schokoladentafeln durchschnittlich 100 g wiegen.

Wir wollten nun mithilfe der Mathematik herausfinden, ob die Aussage des Schokoladenherstellers der Wahrheit entspricht. Aus einer

Stichprobe von 10 Schokoladentafeln errechneten wir ein Durchschnittsgewicht von 100,141 g. Außerdem hatten wir die Information, dass seine Abfüllmaschinen mit einer Standardabweichung von 1g arbeiten. Wir nahmen weiterhin an, dass die Gewichte der Tafeln normalverteilt sind.

Wie bei den Binomialtests stellten wir nun zwei Hypothesen auf:

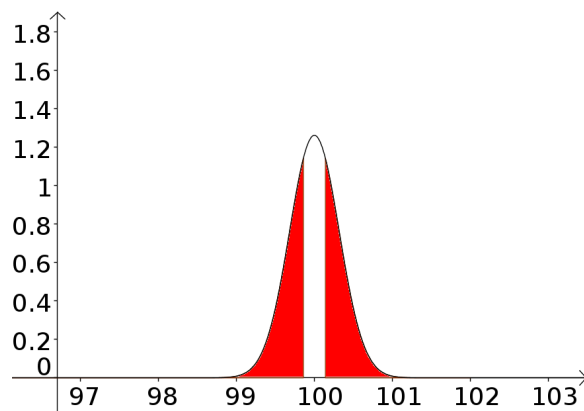
$$H_0: \mu = 100 \text{ g}$$

$$H_1: \mu \neq 100 \text{ g}$$

Was wir suchten, war das Signifikanzniveau

$$\alpha = P(x = 100,141 \text{ oder extremer} | \mu = 100)$$

Da unsere Hypothesen mit $= / \neq$ formuliert waren, mussten wir zweiseitig testen. In unserem kritischen Gebiet lagen also sowohl alle Werte $\geq 100,141$, als auch alle Werte im selben Bereich achsensymmetrisch zu unserem unter H_0 angenommenen $\mu = 100$ g, also $\leq 99,859$.



Damit hätten wir mit dem kritischen Gebiet, mit μ und mit σ eigentlich alle Werte, die zur Berechnung mit dem GTR nötig sind. Allerdings benötigten wir für das σ einen neuen, kleineren Wert, weil wir erwarteten, dass die Standardabweichung von Durchschnittswerten, wie in unserem Fall, geringer ist als die von Einzelwerten, wie die hier angegebene Standardabweichung der Abfüllmaschinen. Der genaue Wert des σ der Durchschnittswerte $\sigma_{\bar{x}}$ berechnet sich durch folgende Formel:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

In unserem Fall betrug die Gesamtzahl der Versuche $n = 10$, womit unser neues σ nach dieser

Formel nun den Wert $\frac{1}{\sqrt{10}}$ annahm. Durch die Eingabe in den GTR: normcdf (99.859, 100.141, 100, $\frac{1}{\sqrt{10}}$) erhielten wir die Wahrscheinlichkeit dafür, dass unser x-Wert unter der Annahme von H_0 , also $\mu = 100$, bei einem σ von $\frac{1}{\sqrt{10}}$ zwischen 99,859 und 100,141 liegt.

Da wir aber genau die Wahrscheinlichkeit des gegenteiligen Falls wollen, nämlich, dass der x-Wert unter diesen Gegebenheiten ins kritische Gebiet fällt, also einen Wert $\leq 99,859$ oder $\geq 100,141$ annimmt, mussten wir unser erhaltenes Ergebnis noch von der Gesamtwahrscheinlichkeit aller Ergebnisse, die immer 100 % beträgt, subtrahieren.

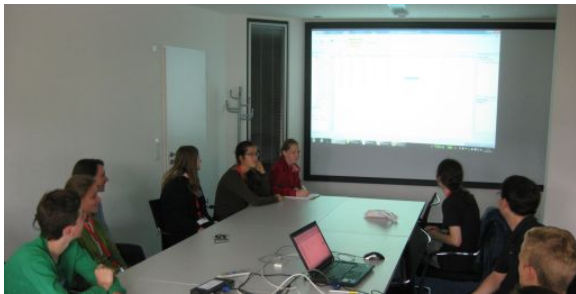
Somit bekamen wir als Endergebnis eine Wahrscheinlichkeit von $\approx 66,7\%$. Leider mussten wir feststellen, dass dieses Ergebnis uns weder eine große statistische Sicherheit für die Annahme von H_0 , noch für deren Verwerfung bot. In solchen Fällen, in welchen man kein sogenanntes signifikantes Ergebnis erhält, besteht zum Beispiel die Möglichkeit, den Versuch mit einer größeren Stichprobe zu wiederholen.



Exkursion ans DKFZ

CAROLINE PFANNSCHMIDT, TIMOTHY SCHUBERT

Am Montag, den 2.9.2013, trafen sich alle Mathekursler um halb neun an der Bushaltestelle. Zusammen mit dem Physik- und dem Astronomiekurs fuhren wir nach Heidelberg, wo wir an verschiedenen Stellen abgesetzt wurden. Unser Ziel war das DKFZ (Deutsches Krebsforschungszentrum) auf dem Unigelände (es gehört aber nicht zur Universität), wo wir einen Biostatistiker treffen sollten. Im Gebäude TP3 trafen wir im obersten Stockwerk Tim Holland-Lutz und Diana Tichy und sprachen ca. zwei Stunden miteinander. An dieser Stelle ihnen ein herzliches Dankeschön, dass sie sich die Zeit genommen haben.



Sie erzählten uns viel über ihre Arbeit und Methoden und führten uns auch verschiedene Programme vor, die sie in ihrer Arbeit benutzen. Dabei kam auch der uns schon bekannte Fisher-Test vor. Außerdem erklärten sie uns, wie Krebs entsteht und an welchen Medikamenten geforscht wird, und wie diese Medikamente dann erst an Tieren (meistens Mäusen) und später auch an Menschen getestet werden. Wir erfuhren, dass es von der Entdeckung eines Wirkstoffes bis zu seinem Einsatz bei Patienten mehrere Jahrzehnte dauern kann!

Wir durften viele Fragen stellen, die uns immer ausführlich beantwortet wurden. Nebenbei lernten wir noch ein bisschen was zur Biologie – Zellaufbau und DNA.

Da im gleichen Gebäude das *Heidelberger Life-Science Lab* ist, zeigten uns Jochen und Damián die Räumlichkeiten, in denen unsere beiden Kursleiter mitarbeiten und mitwirken. Wir besichtigten zwei Arbeitsräume und den Besprechungsraum (hier finden auch die Bewerbungsvorträge statt, außerdem dient der Raum

als kleine Bibliothek), wo wir viel über das Lab und seine Aktivitäten erfuhren.



Nach einer Mittagspause im Hof gingen wir noch ins Explo, eine Art Mitmachausstellung, bei der es um physikalische Phänomene ging: Es gab optische Täuschungen, Spiegelkabinette, Lampen, die mit verschiedenen Edelgasen gefüllt waren und deren Spektrum wir mit Hilfe von speziellen Brillen sehen konnten, Experimente zur Schwerkraft und noch viel, viel mehr. Es war wirklich toll, alles einmal ausprobieren zu können.

Allerdings verbrachten wir dort dann so viel Zeit, dass wir uns auf dem Rückweg zum Bus richtig sputen mussten, weil wir noch ein ganzes Stück am Neckar entlang zu laufen hatten. Dabei konnte man sich aber noch mal sehr schön Heidelberg anschauen ;).

Die Exkursion war ein wirklich toller Tag, und vielleicht hat sie dem ein oder anderen aus unserem Kurs auch eine Ahnung gegeben, welchen Beruf man später ausüben könnte.

Abschließende Worte – Was noch gesagt werden muss

SARAH HÖGERLE, MIRIAM KURTZHALS, STEFAN MÖLL, MAGDALENA NEUREITHER

Unübersichtliche Tafelanschriften, rauchende Köpfe, und angeregte Diskussionen, die kein Ende nehmen wollten. So sah's aus im Irrenhaus, ähm Mathekurs.

Doch das bedeutet nicht, dass wir keinen Spaß hatten, ganz im Gegenteil: Genau diese führten dazu, dass wir zwei unvergessliche und bereichernde Wochen erlebten.

Im Gegensatz zu anderen Kursen war unser Kurs etwas freier gestaltet, uns wurden keine Aufschriebe diktiert oder Formeln vorgegeben, vielmehr entstanden die Ergebnisse aus den gemeinsamen Diskussionen. Die unterschiedlichen Ansichten und Meinungen stellten dabei aber kein Hindernis dar. Denn gerade diese haben durch gegenseitiges Verbessern und kritisches Hinterfragen schließlich dazu geführt, dass wir am Ende die falschen Aspekte entlarven und auf die richtige Lösung stolz sein konnten. Aber auch außerhalb der Diskussionen ergänzten sich unsere unterschiedlichen Persönlichkeiten und Eigenschaften, von Barfußlaufen bis hin zu Sing- und Tanzeinlagen, wunderbar, sodass wir im Laufe der zwei Wochen immer mehr zu einer Gemeinschaft zusammenwuchsen. Mit einem Signifikanzniveau von 0,05 % können wir also behaupten, dass der Mathekurs einfach der beste war.

Danksagung

SARAH HÖGERLE, MAGDALENA
NEUREITHER

Weil die Akademie für uns alle zu einer unvergesslichen Zeit geworden ist, wollen wir uns abschließend noch bei ein paar Personen bedanken, die das möglich gemacht haben. Zum einen gilt unser Dank unseren beiden Kursleitern Damián und Jochen, mit denen wir während der Akademie in die Geheimnisse der mathematischen Statistik eingetaucht sind.



Uns hat es mit euch beiden wirklich großen Spaß gemacht und wir hoffen, euch ging es nicht viel anders mit uns. Danke auch für so manche Geduld, dir ihr für uns aufbrachtet. Leider können wir immer noch nicht so richtig verstehen,

warum ihr unseren Diskussionen ab und zu mal kein Ende gesetzt habt.

Auch unsere Schülermentorin Alicia haben wir alle ziemlich schnell lieb gewonnen. Wir danken dir, dass du im Kurs immer für uns da warst und wir mit dir auch den einen oder anderen Scherz machen konnten. Dank dir wurden wir des Öfteren mit Süßigkeiten versorgt und zu kurze Pausen gab es bei uns so gut wie nie.

Gemeinsam mit euch Dreien konnten wir die Akademiezeit richtig genießen und viel dazu lernen. Danke für alles!

Kurs 5 – Physik/Informatik: Billard – Auf der Suche nach dem perfekten Stoß



Vorwort

DIE KURSLEITER

Man nehme 13 Schüler aus ganz Baden-Württemberg. Man füge zwei kompetente Kursleiter und eine verrückte Schülermentorin hinzu. Man gebe weiterhin ein zu lösendes Problem, Computer und – ganz wichtig – viele Gummibärchen und andere Süßigkeiten dazu. Man rühre dann einen guten Schuss Fantasie und Motivation darunter. Nun fülle man das Ganze mit Spaß und Information und lasse es zwei Wochen gehen. Schon hat man unseren Physik-Informatik-Kurs 2013 und damit verbunden: ein fertiges Billardspiel für den Computer!

Anstatt faul am Strand zu liegen, programmierten unsere Kursteilnehmer in ihren wohlverdienten Sommerferien ein realistisches Billardspiel samt Queue, Kugeln und Tisch. Bis zum fertigen Spiel war es ein langer Weg, da erst eine grundlegende, aber auch fortführende Basis geschaffen werden musste. Trotz intensiver Arbeit in den Bereichen Physik, Mathematik und Informatik war die Stimmung die ganze Zeit über klasse. Neben einem starken Gruppenzusammenhalt ist am Ende ein Spiel entstanden, das sich wirklich sehen lassen kann.

Wir Kursleiter möchten euch an dieser Stelle herzlich für eure tolle Mitarbeit im Sommer danken.

Unser Kurs

LUISA FEIFEL

Anne wirkte auf den ersten Blick eher ruhig und zurückhaltend. Wir haben aber sehr schnell festgestellt, dass sie das definitiv nicht ist. Wenn man sie besser kennenlernt, merkt man, dass sie es „faust dick hinter den Ohren hat“ und gern mal den einen oder anderen frechen Kommentar von sich gibt. Außerdem ist sie eine Spitzen-Klarinettenspielerin, was jeder, der sie beim Hausmusikabend oder am Abschlussabend gehört hat, nur bezeugen kann.

Antonia verschmähte die von uns allen so heiß geliebten Gummibärchen ebenso wie die Schokolade und überhaupt alles, wovon andere gar nicht genug bekommen konnten. Warum, war uns anderen ein Rätsel. Außerdem hat sie sich als Chef-Designerin des „Bleistift-Queues“ für immer in unserem Spiel verewigt.

Axel kam manchmal aus unerfindlichen Gründen zu spät, war dafür im Kurs aber meist doppelt so gut gelaunt. Man konnte immer bestens mit ihm zusammenarbeiten, solange genügend Vorrat an Gummibärchen vorhanden war. Er schaffte es immer wieder, uns durch seine lustigen Kommentare zum Lachen zu bringen. Dies ging so lange, bis ihn seine treuen Groupies zum Mittagessen abholten.

Corinna – auch bekannt als Coco – war einfach immer gut gelaunt, auch wenn andere morgens gedanklich noch im Bett lagen und sich fragten, wie sie das eigentlich anstellte. Aber wenn die anderen dann irgendwann aufgestanden waren, stellten sie fest, dass Coco eine total coole Freundin ist, und man mit ihr garantiert immer genügend Spaß hat.

Daniela spielte Klavier und Gitarre in der Akademieband. Außerdem designte sie mit viel Kreativität eine laufende Billardkugel für unser Kurs-T-Shirt und programmierte zusammen mit Luisa und Antonia die Punkteanzeige mit einrollenden Kugeln. Die Zusammenarbeit mit ihr funktionierte immer einwandfrei, da sie als Freundin einfach un-

schlagbar ist. Mit ihren vielen tollen Ideen war sie aus unserem Kurs nicht wegzudenken.

Elias fand jeden noch so kleinen Fehler und ließ nie etwas außer Acht. Er war für jede Teamarbeit immer eine Bereicherung und half den anderen Teilnehmern gerne mit zusätzlichen Erklärungen, die immer „ganz einfach“ waren. Er hatte für jedes Problem eine Idee, um es zu lösen. Als tapferer (manchmal auch einziger) ZeitungsküA-Teilnehmer hielt er uns immer über Wetter, Politik und Wirtschaft auf dem Laufenden.



Eugen war am Eröffnungswochenende leider noch nicht da und so merkten wir erst im Sommer, was uns eigentlich die ganze Zeit gefehlt hatte. Nämlich Eugens gute Laune, seine freundliche Art und sein Fachwissen, von dem er gleich eine ganze Menge mitbrachte. Durch das Programmieren der Zielhilfe machte er unser Billardspiel auch für blutige Anfänger spielbar.

Fabian war, wenn Werwolf gespielt wurde, eigentlich immer anzutreffen. Auch wenn es anfangs keiner vermutete, so stellte sich doch nach einiger Zeit heraus, dass Fabian einer der hinterlistigsten Werwölfe sein konnte und, wahrscheinlich auf Grund seines unschuldigen Aussehens und seiner ruhigen Art, nur selten als einer entlarvt wurde. Leider hatte er das Pech, während der Akademie von einer Hornisse, die sich fieser Weise in seinem T-Shirt versteckt hatte, in die Hand gestochen zu werden, was ihn dann für einige Tage am Cello Spielen hinderte.

Luca widmete sich hingebungsvoll dem Suchen und Herstellen von Texturen. Daher haben wir ihm schlussendlich zu verdanken, dass unser Billardtisch jetzt so richtig cool aussieht. Er war immer sehr engagiert, egal ob bei der Organisation des Bergfests oder seiner Comic-KüA. Seine Angewohnheit barfuß herumzulaufen begründete er zwar damit, seine Flip Flops seien kaputt gegangen, aber wir kamen zu dem Schluss, dass er einfach nur ein großer Fan von Mathematik-Kursleiter Damián ist.

Lucas war unser „Physik-King“ und hat es immer wieder geschafft, uns durch sein charmantes „Mr. Burns-Lächeln“, seine Vorliebe für Hipp-Babybrei und seine einzigartig lustige Art zum Lachen zu bringen. Ohne ihn wären unsere Kursstunden sicherlich nur halb so lustig gewesen, und das Wort „floaten“ wäre wohl nie erfunden worden.

Luisa bestand zwar auf ein einfaches „unbeschreiblich“ in ihrer Beschreibung, wir finden aber, dass es über sie noch viel mehr zu sagen gibt. Mit ihrer lockeren, kumpelhafte Art und ihren schlagfertigen Sprüchen zauberte sie uns immer ein Grinsen ins Gesicht. Da sie sonst einen sehr sportlichen Look hat, der ihre Begeisterung für Fußball unterstreicht, überraschte sie uns mit ihrem „Abschlussabendkleid“. In diesem und mit ihren geflochtenen Zöpfen sah sie einfach bezaubernd aus.

Marvin hat uns durch sein Schwäbisch jeden Probevortrag versüßt und war auch sonst als Teamkollege immer total zuverlässig. Dass er mit einem „Stecken“ Billard spielt, wird jetzt wohl so schnell keiner mehr vergessen. Trotz seiner überdurchschnittlichen Billardskills reichte es dank Sophie nicht für den Sieg beim Billardturnier. Da er aber über eine gehörige Portion Selbstironie verfügt, versaute ihm auch das nicht die Stimmung.

Timo versorgte uns bestens mit seinem Geburtstagskuchen und war ebenfalls einer der Top-Programmierer in unserem Kurs. Aber auch mit seiner E-Gitarre in der Akademieband oder als Tänzer hatte er einiges zu bieten. Egal was passierte, Timo war im-

mer gut drauf. Dabei konnte es schon mal passieren, dass Billardkugeln personifiziert wurden und dann plötzlich laufen, springen oder sogar hüpfen konnten.

Unsere Kursleiter

Alex begrüßte uns jeden Morgen mit perfekt gestylter Frisur und den Worten „Hallooo erst mal“ und hatte dann meistens, wenn es nicht gerade verschollen war, sein Nutella-glas vom Frühstück dabei. Er war im Kurs für die Physik zuständig und kann richtig gut erklären, auch wenn er danach immer meinte: „Jetzt habe ich euch wohl mehr verwirrt als was erklärt.“ Dass er nicht nur Ultimate Frisbee spielen und die besten PowerPoint-Präsentationen machen, sondern auch singen kann, hat er uns als „Pool-Brother“ bewiesen. Seine abendlichen Gute-Nacht-Geschichten sorgten zwar nicht dafür, dass danach alle brav ins Bett gingen, aber viel Gelächter und ein randvolles Treppenhaus waren ihm immer gewiss.

Daniel sorgte immer dafür, dass die Informatik, ob im Kurs oder in den Überschriften unserer Präsentationen, auf keinen Fall zu kurz kam. Er war immer hilfsbereit, und wenn wir gerade keine Variablen „vergewaltigt“ hatten, auch immer gut gelaunt. Beim „Wildhüten“ schaffte er es, ohne eine Miene zu verziehen, alle Teilnehmer seriös und qualifiziert auszubilden. Außerdem hat er auf der Akademie sein Talent für das Gitarrespielen entdeckt und als „Pool-Brother“ sein Können unter Beweis gestellt. Jeder aus unserem Kurs ist wohl auf die Schüler eifersüchtig, die sich weiterhin jeden Morgen aufs Neue auf sein „Mathe macht glücklich“ T-Shirt, zu dem jetzt auch noch ein „Mathe macht schön“ T-Shirt hinzugekommen ist, und seinen Mathe-Unterricht freuen dürfen.

Sophie brachte uns einige der mathematischen Grundlagen bei und war für das „Gutaussehen“ und die Beschaffung von Gummibärchen zuständig. Sie hatte für alle immer ein offenes Ohr und für jedes Problem eine Lösung. Man konnte wirklich alles mit ihr machen, sei es über die Kursleiter zu lästern oder neue Verkopplungspläne zu

schmieden. Mit ihren frechen Sprüchen, die sie immer und überall parat hatte, und ihrer liebevollen Art Alex zu mobben, war sie der perfekte Ausgleich zu den zwei Männern und sorgte dafür, dass die Stimmung im Kurs dauerhaft gut war.

Unser Spiel

EUGEN DIZER

Die aktuelle Version unseres Billardspiels besteht aus insgesamt 16 Kugeln, einem Billardtisch, mehreren Queue-Designs, einem Stärkek balken und vielem mehr. Im Folgenden wird unser Spiel beschrieben und erläutert.

Bei unserer Billardvariante, auch Pool-Billard genannt, gibt es sieben halbe und sieben volle Kugeln sowie die schwarze Acht. Außerdem enthält das Programm eine weiße Kugel, mit der man die anderen Kugeln anspielt. Ziel des Spiels ist es, die eigenen Kugeln und anschließend die schwarze Acht einzulochen. Das heißt man muss acht Kugeln lochen, um zu gewinnen – daher der Name „8-Ball-Spiel“. Realitätsgetreu sind die 15 farbigen Kugeln am Anfang des Spiels in einem Dreieck angeordnet. Nach dem Anstoßen der Kugeln mit dem Queue rollen sie über den Tisch und prallen physikalisch korrekt an den Banden ab.



Unser Billardspiel vor dem ersten Anstoß.

Zu Beginn der zwei Wochen im Sommer beschäftigten wir uns mit dem Verschwinden der Kugeln in den Löchern. Durch geschickte Befehle und dem Satz des Pythagoras, der zur „Berührungserkennung“ dient, konnten wir die Kugeln dazu bringen, in den Löchern zu verschwinden. Für ein realistischeres Verschwinden ließen wir die Kugeln später in den Lö-

chern langsam kleiner werden. So sieht es aus, als würden die Kugeln wirklich in die Löcher fallen. Natürlich soll die weiße Kugel nicht verschwinden, sondern wieder auftauchen, wenn sie gelocht wurde. Deshalb setzt man diese nach dem Einlochen wieder auf den Tisch und kann sie entlang einer gedachten Linie positionieren.

Als Nächstes arbeiteten wir an der Kollision zweier Kugeln. Hierfür benötigten wir wieder den Satz des Pythagoras, um zu erkennen, ob sich zwei Kugeln berühren. Mit den an zwei Tagen erlernten physikalischen und mathematischen Grundlagen gelang es uns, die Kollision zweier Kugeln in das Programm einzubauen.

Nun machten wir uns zur Aufgabe, einen Queue zu programmieren, mit dem man die weiße Kugel anstoßen kann. Wir haben insgesamt drei Queues erstellt (einen „echten“ Queue, einen Designer- und einen Bleistiftqueue), die man mit den Tasten 1, 2 und 3 auswählen kann. Der Queue erscheint nur, wenn alle Kugeln ruhen. Er ist an der weißen Kugel ausgerichtet und man kann ihn durch Mausbewegung steuern und durch einen Mausklick „aufziehen“. Je länger man die Maustaste gedrückt hält, desto stärker stößt er die weiße Kugel an. Zur Visualisierung der Stoßkraft dient der Stärkek balken an der rechten Seite des Spielfeldes.

Damit die Kugeln nach dem Stoß nicht ewig weiterrollen, werden sie durch entsprechende Reibungskräfte gebremst. Mit Hilfe eines von uns selbst entworfenen Experiments haben wir einen realistischen Wert für die negative Beschleunigung der Rollreibung ermitteln können. Anschließend setzten wir den experimentell ermittelten Wert in unser Programm ein und erhielten eine realitätsnahe Verlangsamung der Kugeln. Des Weiteren werden die Kugeln auf realistische Weise gebremst, wenn sie an der Bande anstoßen. Ein weiteres Feature unseres Spiels ist die Zielhilfe. Ungeübte Anfänger können diese einschalten, um damit das Spiel zu vereinfachen. Die Zielhilfe zeigt den Weg der weißen Kugel über eine Bande an.

Gegen Ende der Akademie wollten wir dem monotonen Spiel ein realistischeres Aussehen verleihen. Der Billardtisch und die Kugeln sind dem echten Billard nachempfunden. Hierbei haben wir sowohl die Maße des Tisches als auch

die Position der Löcher im Internet recherchiert. Das Tischtuch haben wir von unserem eigenen Billardtisch ab fotografiert und den Tisch sowie die Kugeln mit unseren eigenen Texturen „tapeziert“. Zudem haben wir allen Objekten Schatten verliehen, um einen räumlichen Eindruck hervorzurufen.



Fortgeschrittener Spielverlauf mit Bleistift-Queue.

Natürlich gibt es bei unserem Programm auch Regeln – wie bei einem echten Spiel. Es spielen immer zwei Spieler gegeneinander. Man versucht, als Erster die eigenen Kugeln zu versenken. Dabei wechseln sich die Spieler nach jedem Stoß ab. Um einen besseren Überblick zu erhalten, werden die gelochten Kugeln oben angezeigt und mitgezählt. Wenn man aus Versehen die weiße Kugel locht, so wird sie auf den Tisch zurückgesetzt, und der Nächste ist dran. Locht man am Ende des Spiels – oder unglücklicherweise schon davor – die schwarze Kugel ein, so ist das Spiel vorbei und es erscheint „Game Over“. Tritt dieser Fall ein, so kann man nichts mehr machen, außer das Spiel neu zu starten.



Die schwarze Kugel wurde zu früh im Spiel gelocht.

Bevor wir allerdings ein solch komplexes Billardspiel entwickeln konnten, mussten wir zuerst einige Programmiergrundlagen erlernen.

Programmierung in C++

ELIAS HOFMANN

Beim Programmieren bringt man einem Computer bei, was er machen soll. Der Zweck eines Computerprogramms kann ganz unterschiedlicher Art sein. Zum Beispiel könnte man ein Computerspiel programmieren, oder ein Programm, das Temperaturen von Grad Fahrenheit in Grad Celsius umrechnen kann. Man verwendet dazu eine Programmiersprache. Mit Hilfe dieser Programmiersprache lässt sich ein für uns verständlicher Code schreiben, der vom Computer in eine Folge von Nullen und Einsen – den Maschinencode – übersetzt wird. Diesen Vorgang nennt man *kompilieren*. Wir arbeiten mit der Programmiersprache C++, die zu den am weitesten verbreiteten Programmiersprachen zählt. Außerdem unterstützt C++ das sogenannte *objektorientierte Programmieren*, aber dazu später mehr.

Ausgabe

Damit das Ergebnis einer Berechnung des Computers von Nutzen sein kann, muss dieses Ergebnis ausgegeben und so dem Nutzer zugänglich gemacht werden können. Diese Ausgabe kann grafisch (z. B.: Bild eines Billardtisches) oder eine einfache Textausgabe sein. Hier ein Beispiel für eine Ausgabe von Text:

```
cout << "Physik" << endl;
```

Dieser Befehl lässt den Computer das Wort „Physik“ ausgeben. `cout` bedeutet hierbei ausgeben. `Physik` ist das, was ausgegeben wird und `endl` sorgt dafür, dass eine neue Zeile begonnen wird. Am Ende eines Befehls steht ein Semikolon.



Variablen

Oft ist es notwendig, bestimmte Informationen (Zahlen oder Texte) speichern zu können,

um sie später an einer anderen Stelle des Programms wieder zu verwenden. Hierzu verwendet man sogenannte *Variablen*. Das kann man sich vorstellen wie einen Schrank mit Schubladen: Man gibt den Schubladen (den Variablen) Namen und kann anschließend Zahlen oder Texte hinein packen (der Variable einen Wert zuweisen), um sie später wieder zu verwenden.

```
int Zahl = 8;
```

Dieser Befehl lässt den Computer eine Variable mit Namen `Zahl` anlegen, der anschließend der Wert 8 zugewiesen wird. Hierbei bedeutet `int` (kurz für Integer), dass in der Variable ganze Zahlen gespeichert werden können.



Eingabe

Der Computer kann aber nicht nur Dinge ausgeben, sondern auch über die Eingabe Informationen vom Benutzer erhalten, um mit diesem zu interagieren:

```
int Alter = 0;
cin >> Alter;
```

Mit diesem Befehl fragt der Computer das Alter des Nutzers ab. Zunächst legt der Computer die Variable `Alter` an und belegt sie mit dem Wert 0. Durch den Befehl `cin » Alter;` kann der Benutzer sein Alter eingeben und der Computer kann Berechnungen damit durchführen.

If-Abfragen

Damit ein Computerprogramm je nach „Situation“ unterschiedlich ablaufen und so auf bestimmte Sachverhalte reagieren kann, gibt es sogenannte *If-Abfragen*:

```
if (Alter < 18) {
    ...
}
```

Falls die Bedingung in den runden Klammern erfüllt ist, wird der Befehl in den geschweiften Klammern ausgeführt, sonst nicht.

Zählschleife

Manchmal muss ein Befehl oder ein Block von Befehlen mehrmals hintereinander mit einer nur geringen oder auch überhaupt keiner Abweichung ausgeführt werden. Es wäre sehr viel Arbeit, diese Befehle immer und immer wieder zu programmieren, damit sie entsprechend oft ausgeführt werden. Aus diesem Grund gibt es *Schleifen*, z. B. die *Zählschleife*, auch *for-Schleife* genannt:

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

Zu Beginn der Schleife wird die *Zählvariable* `i` auf den Wert 1 gesetzt. Die Schleife wird ausgeführt, solange die Bedingung `i <= 10` erfüllt ist, und bei jedem Schleifendurchlauf wird die Zählvariable um eins erhöht (`i++`). In diesem Fall wird die Schleife demnach zehnmal durchlaufen.

Kommentare

Große Programme werden oftmals unübersichtlich. Um den Überblick zu behalten, kann man Kommentare einfügen. Diese enthalten Erläuterungen zu den Befehlen des Programms.

```
// Ich bin ein Kommentar!
```

Kommentare werden durch zwei Schrägstriche eingeleitet und beim Kompilieren des Programms einfach übersprungen.

Wir hatten diese Grundlagen während des Eröffnungswochenendes gelernt und in den folgenden Wochen mehrere Hausaufgaben bearbeitet, sodass wir zu Beginn der Akademie im Sommer mit den nötigen Programmierkenntnissen starten konnten.

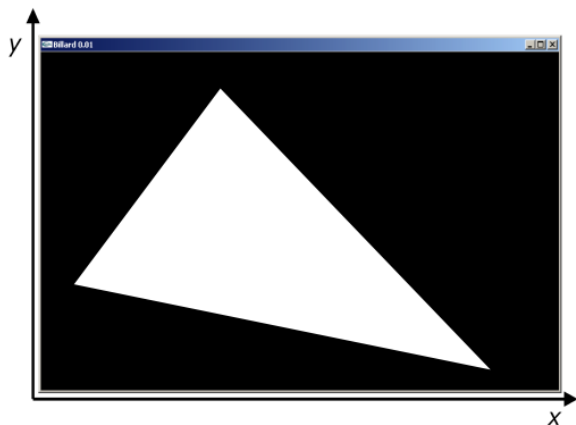
Grafisches Programmieren

FABIAN KOLAR

Neben der Ausgabe eines Textes mussten wir zudem einige Grundlagen der grafischen Programmierung erlernen und verstehen. Am Eröffnungswochenende hatten wir bereits gelernt, wie man ein Programm beispielsweise Dreiecke oder Kreise zeichnen lassen kann. Hierfür hatten wir die Grafikkbibliothek *OpenGL* verwendet, die viele Befehle beinhaltet und für eine effiziente Darstellung der Grafiken sorgt, da sie eng mit der Grafikkarte zusammenarbeitet. Die Befehle

```
glBegin(GL_TRIANGLES); {
    glVertex2f(50.0, 150.0);
    glVertex2f(600.0, 50.0);
    glVertex2f(300.0, 420.0);
} glEnd();
```

ermöglichen beispielsweise das Zeichnen eines Dreiecks.



Dreieck im Koordinatensystem.

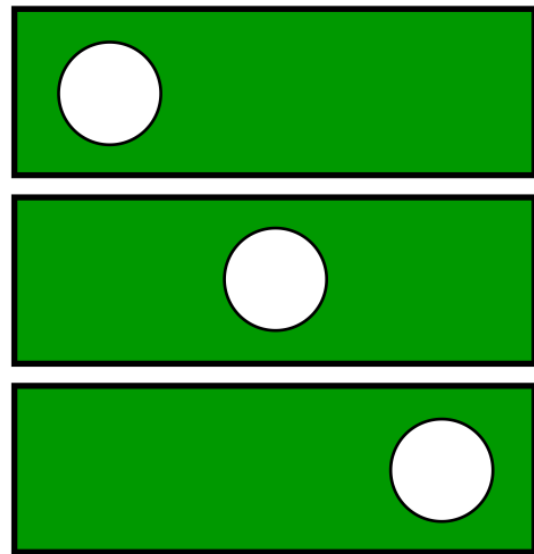
Mit dem Befehl `glVertex2f(x, y);` werden die Koordinaten der Eckpunkte des Dreiecks im entsprechenden Koordinatensystem festgelegt.

Bewegte Bilder

Im Fall unseres Billardspiels sollen sich die Kugeln natürlich bewegen. Das funktioniert mit der sogenannten *idle-Funktion*, die immer aufgerufen wird, wenn das aktuelle Bild fertig gezeichnet wurde. Dann wird die neue Position der Kugel berechnet:

$$x = x + vx * t;$$

Mathematisch sieht die „Formel“ zwar inkorrekt aus, aber in C++ symbolisiert das „=“ eine Zuweisung. Dies bedeutet, dass der Wert rechts vom „=“-Zeichen ausgerechnet und der Variable links vom „=“-Zeichen zugewiesen wird. Wenn das Bild also neu gezeichnet wird, hat sich der Mittelpunkt $(x|y)$ der Kugel verändert. Ähnlich wie bei einem Daumenkino wird eine Bewegung der Kugel sichtbar.



Bilderfolge einer sich bewegenden Kugel.

Wenn man das entsprechend mit dem y-Wert macht, kann sich die Kugel in beliebige Richtungen bewegen.

Farben und Texturen

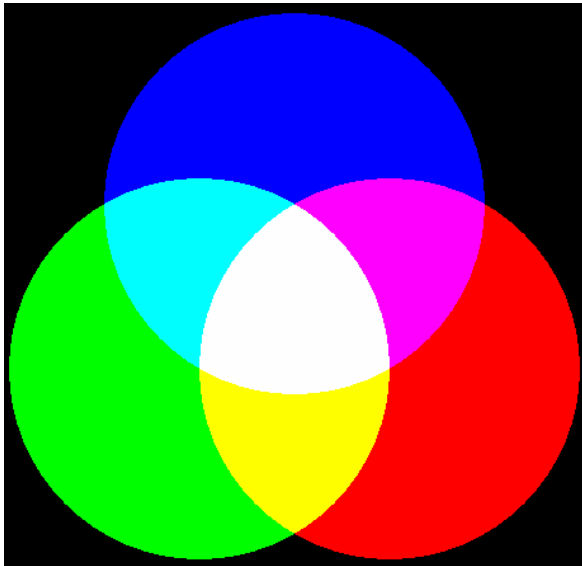
LUCA SCHWEIZER

Wie man ein Dreieck zeichnen kann, wurde bereits im vorigen Abschnitt beschrieben. Dieses bekommt jetzt noch eine Farbe. Genauer gesagt, jeder Eckpunkt des Dreiecks bekommt eine Farbe, die jeweils durch den Befehl

```
glColor3f(1.0, 0.3, 0.0);
```

festgelegt wird. Dabei bedeutet `gl`, dass der Befehl aus der *Graphics Library* ist. `Color` ist der Befehl, der entsprechend einfärbt. `3f` heißt, dass dieser Befehl drei Fließkommawerte (`float`) als Parameter erhält, nämlich den Anteil der roten,

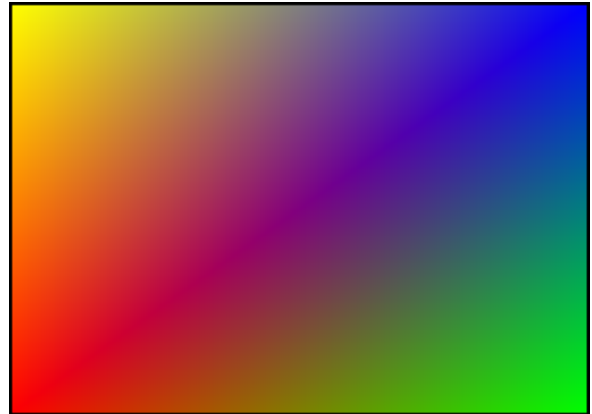
grünen und blauen Farbe. (1.0, 0.3, 0.0) gibt demnach den Farben Rot, Grün und Blau ihren Wert. Dabei kann man einen Wert zwischen 0 und 1 wählen. In diesem Beispiel wird viel Rot mit etwas Grün gemischt – es entsteht Orange. Wegen der Grundfarben bezeichnet man das Ganze als *RGB-System*. Der Computer setzt alle Farben, die auf dem Monitor ausgegeben werden, aus diesen Grundfarben zusammen. In jedem Pixel des Bildschirms leuchtet dabei ein rotes, ein grünes und ein blaues Lämpchen entsprechend stark, da unsere Augen zur Farbwahrnehmung unterschiedliche Zäpfchen benutzen, die rotes, grünes oder blaues Licht erkennen können.



Der Farbkreis der additiven Farbmischung.

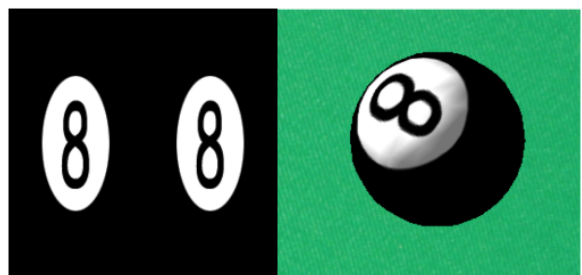
Die Farben auf unseren Bildschirmen entstehen, indem die Lämpchen unterschiedlich hell leuchten. Schaltet man in einem Pixel alle Farben mit voller Intensität an, erscheint dieser weiß. Da die einzelnen Farben durch Addition der Grundfarben entstehen, nennt sich das System *additive Farbmischung*. Dabei werden die einzelnen Lichter entsprechend addiert – klar, drei Taschenlampen derselben Sorte sind heller als nur eine. Wir haben im Kunstunterricht allerdings etwas anderes gelernt, nämlich, dass alle Farben aus Cyan, Magenta und Gelb gemischt werden – je mehr Farbe man verwendet, desto dunkler wird das Resultat. Hier wird aber mit Farbpigmenten und Papier gearbeitet. Man spricht daher von *subtraktiver Farbmischung*.

Allerdings besteht unsere Farbwelt nicht nur aus „klaren“ Farben, sondern auch aus Übergängen. Will man solche programmieren, ordnet man jedem Eckpunkt eines Dreiecks (oder eines anderen Vielecks) eine separate Farbe zu. Der Computer berechnet dann automatisch die Übergänge.



Der Farbverlauf wird automatisch berechnet, wenn jedem Eckpunkt eine separate Farbe zugewiesen wird.

Solche Farbverläufe sehen aber bald langweilig und unrealistisch aus. Wenn beispielsweise ein „richtiger“ Baum gezeichnet werden soll, sieht ein echtes Foto sicherlich besser aus, als eine grüne Kugel auf einem braunen Rechteck. Dafür verwendet man *Texturen* – Bilder, die man in das Programm einfügt. Diese Texturen werden wie eine Art Tapete über die Rechtecke oder auch unsere Billardkugeln gelegt.

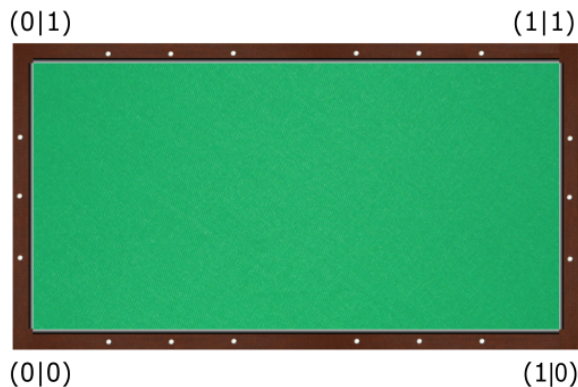


Textur der schwarzen Kugel und texturierte Kugel.

Zunächst wird die Fläche definiert, auf die die Textur gezeichnet werden soll. Wir wählen der Einfachheit halber ein Rechteck. Jedem Eckpunkt des Vierecks wird dann eine sogenannte *Texturkoordinate* zugewiesen, damit klar ist,

welche Ecke des Bildes auf welche Ecke des Rechtecks „geklebt“ werden soll. Hierzu dient der Befehl

```
glTexCoord2f(1.0, 1.0);
```



Mit Hilfe der entsprechenden Texturkoordinaten, kann das Bild auf eine Fläche „aufgeklebt“ werden.

Dabei entspricht (0 | 0) der linken unteren Ecke des Bildes und (1 | 1) der rechten oberen. Gibt man statt (1 | 1) beispielsweise (0.5 | 1) ein, so wird nur die Hälfte des Bildes auf das Viereck „geklebt“.

Objektorientierte Programmierung

ANTONIA SEIFERT

Mit diesen Kenntnissen könnte man sicher fast ein ganzes Billardspiel programmieren, aber es wäre bald so komplex, dass man es kaum noch verstehen würde. Abhilfe schafft die *Objektorientierte Programmierung*.

Der Computer kennt bereits verschiedene einfache Variablentypen, wie zum Beispiel `int` (ganze Zahlen) und `float` (Dezimalzahlen). Das Objektorientierte Programmieren ermöglicht es, weitere Variablentypen zu „erschaffen“ – sogenannte Klassen (`class`). Diese werden üblicherweise in separaten Dateien programmiert. Eine solche Klasse könnte beispielsweise so aussehen:

```
class Kugel {

// Eigenschaften:
private:
```

```
// Koordinaten:
float x;
float y;

// Geschwindigkeiten:
float vx;
float vy;

float radius;

// Farbe:
float r;
float g;
float b;

// Methoden:
public:
    void init(...);
    void bewegen(float t);
    void zeichnen();
};
```

Diese Klasse stellt den Bauplan des Variablentyps `Kugel` dar. Sie besteht, wie alle Klassen, aus zwei Teilen: `private` und `public`. Vereinfacht gesagt werden unter `private` alle Eigenschaften als Variablen deklariert, unter `public` stehen sämtliche Methoden der Klasse als entsprechende Funktionen. Die erste Funktion ist dabei üblicherweise `void init(...)`. In dieser Funktion werden die Eigenschaften des Objekts zu Programmstart mit Werten initialisiert. Die Methoden programmiert man dann in einer weiteren Datei. Dort programmiert man beispielsweise, wie sich die Kugel bewegen soll:

```
void Kugel::bewegen(float t) {

    x = x + vx * t;
    y = y + vy * t;

}
```

Im Hauptprogramm wird dann mit dem Befehl

```
Kugel kugel;
```

ein Objekt der Klasse `Kugel` mit dem Namen `kugel` erzeugt. Dann muss man nur noch die richtige Funktion an der richtigen Stelle aufrufen, z. B.

```
kugel.bewegen(t);
```

oder

```
kugel.init(200, 100, 10, 0.5,
           0.2, 1.0, 0.0, 1.0);
```

Man schreibt dazu erst den Namen, den man der Variable (nicht der Klasse!) gegeben hat, dann – nach einem Punkt – den Namen der Funktion. In die Klammer dahinter werden gegebenenfalls die Parameter der Funktion notiert.

Auf diese Weise wird das Hauptprogramm bedeutend kürzer und verständlicher. Das Objekt-orientierte Programmieren erleichtert zudem die gemeinsame Arbeit an einem Programm, da man parallel verschiedene Klassen entwickeln kann. Des Weiteren kann man so auf einfache Art beliebig viele Kugeln – oder mit weiteren Klassen den Queue oder den Tisch – programmieren.

Wann berühren sich zwei Billardkugeln?

TIMO KANDRA

Da wir nun mit allen wichtigen Grundlagen der Programmierung vertraut waren, konnten wir uns dem Billardspiel zuwenden. Als erstes brachten wir dem Computer bei, wann sich zwei Billardkugeln berühren. Doch wie funktioniert das?

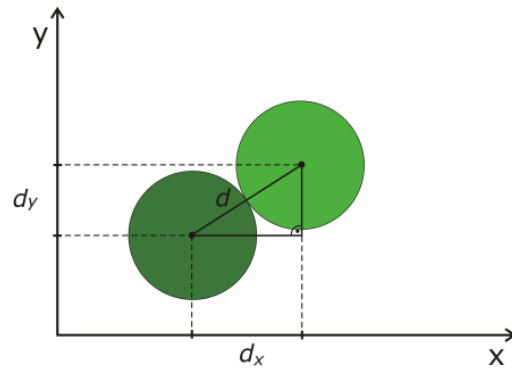
Als Ausgangsinformationen sind nur die Koordinaten der Mittelpunkte und die Radien der beiden Kugeln bekannt. Nun müssen wir aus diesen Werten den Abstand d der zwei Kugeln ausrechnen. Die Mittelpunkte der beiden Kugeln haben die Koordinaten $(x_1 | y_1)$ und $(x_2 | y_2)$. Die Abstände in den jeweiligen Koordinatenrichtungen errechnen sich durch

$$d_x = x_1 - x_2 \quad (1)$$

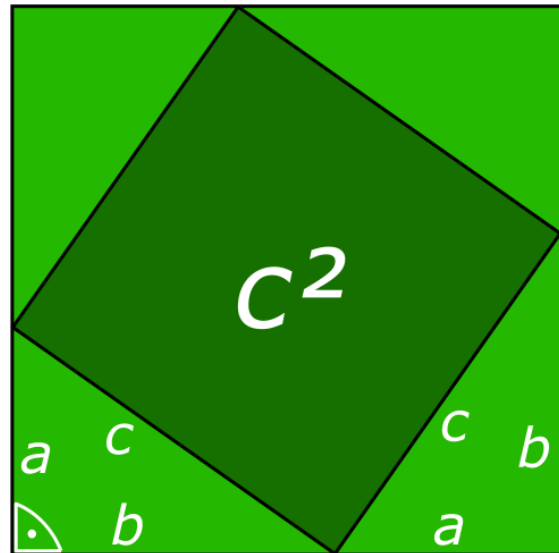
und

$$d_y = y_1 - y_2. \quad (2)$$

Da d_x und d_y orthogonal aufeinander stehen, kann der gesuchte Abstand d mit Hilfe des Satzes von Pythagoras berechnet werden:



Der Satz des Pythagoras besagt, dass in einem rechtwinkligen Dreieck die Summe der Quadrate der beiden Katheten a^2 und b^2 das Quadrat der Hypotenuse c^2 ergibt.



Beweis:

Das in der Abbildung zu sehende Quadrat hat einen Flächeninhalt von $(a + b)^2$. Zieht man die Flächen der kleinen Dreiecke am Rand ab, so erhält man für die Fläche des mittleren Quadrates

$$(a + b)^2 - 4 \cdot \frac{ab}{2} = c^2. \quad (3)$$

Durch Auflösen der Klammer mit Hilfe der ersten binomischen Formel und entsprechendem Zusammenfassen der Terme auf der linken Seite ergibt sich

$$a^2 + b^2 = c^2. \quad (4)$$

Somit ergibt sich für unseren gesuchten Abstand

$$d = \sqrt{d_x^2 + d_y^2}. \quad (5)$$

Diesen vergleichen wir dann mit der Summe der beiden Radien. Wenn die Werte gleich sind, berühren sich die Kugeln. In unserem Programm verwenden wir jedoch nicht den Gleichheits-, sondern den Kleiner-Gleich-Operator. Dafür stelle man sich die Bewegung der Kugeln als viele kleine, schnelle, aufeinander folgende Schritte vor. Es kommt dann fast nie vor, dass der Abstand der Kugeln nach einem Schritt exakt der Summe der Radien entspricht – die Kugeln überlappen immer unmerklich. Daher wird durch die Verwendung des Kleiner-Gleich-Operators jede Kollision entsprechend erkannt. Mit einer if-Abfrage können wir also überprüfen, ob zwei Kugeln mit den Radien r_1 und r_2 im letzten Rechenschritt zusammengestoßen sind:

```
if(d <= r1 + r2) {
    // Die Kugeln kollidieren!
}
```

Diese if-Abfrage wird jedes Mal ausgeführt, wenn die Kugeln ihre Position geändert haben – und zwar in jeder möglichen Kombination:

```
Kollidiert Kugel 1 mit Kugel 2?
Kollidiert Kugel 1 mit Kugel 3?
...
Kollidiert Kugel 2 mit Kugel 3?
...
Kollidiert Kugel 15 mit Kugel 16?
```



Vektorrechnung

LUCAS WOLLENHAUPT

Um ein physikalisch korrektes Billardspiel zu entwickeln, mussten wir uns nicht nur mit Programmierung und Physik auseinandersetzen. Wir lernten auch mathematische Grundlagen kennen, um die beim Billard auftretenden komplexen physikalischen Phänomene möglichst einfach beschreiben zu können. Für den zentralen Stoß waren unsere Schulkenntnisse noch ausreichend. Um jedoch den allgemeinen Stoß zweier Billardkugeln realistisch darstellen zu können, mussten wir erst lernen, was es mit der Vektorrechnung auf sich hat.

In der Schule lernt man bis zur 10. Klasse das Rechnen mit reellen Zahlen – also das Rechnen mit festen Werten, wie 2 oder -4 . Die reellen Zahlen nennt man in der Mathematik auch *Skalare*. Es handelt sich dabei um Größen ohne Richtung. Es gibt aber Größen, die eine Richtung im Raum haben, die also in einem Koordinatensystem z. B. nach rechts oben zeigen. Solche Größen nennt man in der Mathematik *Vektoren*. Es handelt sich dabei im Prinzip um Pfeile im Raum, die ähnlich wie Punkte aus zwei Zahlen (im zweidimensionalen Koordinatensystem) bestehen. Mathematisch schreibt man sie so:

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad (6)$$

Dieser Vektor wäre ein Pfeil, der vom Ursprung zu dem Punkt mit den Koordinaten $(x | y)$ zeigt. Ein solcher Vektor besitzt zwei wichtige Eigenschaften: die Richtung und die Länge $|\vec{v}|$, auch Betrag genannt. Der Betrag kann mit dem Satz des Pythagoras ausgerechnet werden:

$$|\vec{v}| = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (7)$$

Um jedoch mit Hilfe von Vektoren, wie in unserem Beispiel, die Geschwindigkeit von zusammenstoßenden Kugeln zu berechnen, muss man mit Vektoren rechnen können. Es gibt für Vektoren ähnliche Rechenregeln wie für Skalare, das heißt man kann sie addieren, subtrahieren und multiplizieren. Diese Rechenregeln werden im Folgenden kurz dargestellt.

Zuerst betrachten wir die Addition bzw. Subtraktion zweier Vektoren. Es sind zwei Vektoren gegeben, z. B. die Vektoren

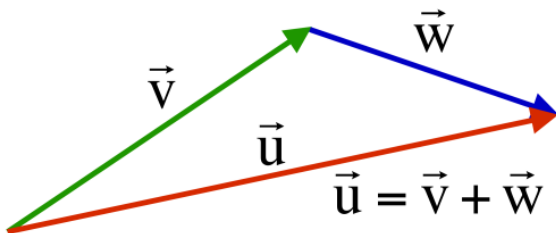
$$\vec{v} = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} \quad (8)$$

und

$$\vec{w} = \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Die Summe der beiden Vektoren entspricht dabei dem Vektor, der direkt vom Anfang des ersten Vektors bis zum Ende des zweiten führt. Man kann sich diese beiden Vektoren als zwei Wegabschnitte entlang einer Hauswand vorstellen: Man läuft jeweils an der Hausseite entlang, die Strecke in Luftlinie entspricht jedoch dem direkten Weg. Genauso entsprechen die beiden Vektoren $\vec{v}$ und $\vec{w}$ dem Weg an der Hauswand und deren Summe $\vec{u} = \vec{v} + \vec{w}$ der Luftlinie. Um die Summe auszurechnen, muss man jeweils die beiden x -Koordinaten und die beiden y -Koordinaten addieren:

$$\vec{u} = \vec{v} + \vec{w} = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 + x_2 \\ y_1 + y_2 \end{pmatrix} \quad (10)$$

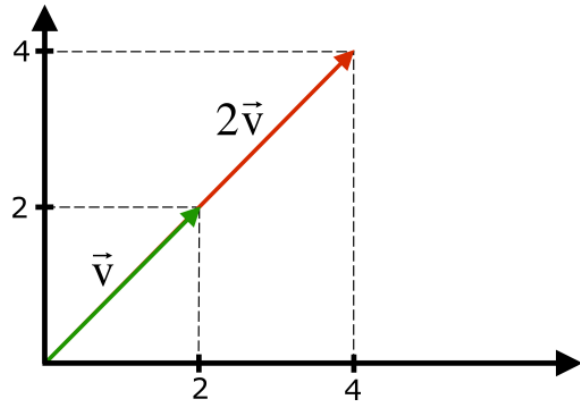


Vektoraddition: Die Summe der Wege $\vec{v}$ und $\vec{w}$ entspricht der „Luftlinie“ $\vec{u}$.

Die Subtraktion von zwei Vektoren erfolgt nach demselben Prinzip. Des Weiteren kann man einen Vektor mit einem Skalar multiplizieren. Dabei wird der Vektor um den Faktor gestreckt, den der Skalar vorgibt. Auch hier ist die Rechenregel denkbar einfach. Man muss jede Koordinate des Vektors mit dem Skalar multiplizieren und erhält das entsprechende Produkt. Das Dividieren funktioniert ebenfalls

nach demselben Prinzip. Man multipliziert mit dem Kehrwert des Skalars, durch den dividiert werden soll. Die Rechenregel lautet demnach

$$r \cdot \vec{v} = r \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r \cdot x_1 \\ r \cdot y_1 \end{pmatrix}. \quad (11)$$



Streckung des Vektors $\vec{v}$ um den Faktor $r = 2$.

Man kann nicht nur Vektoren mit Skalaren multiplizieren, sondern auch Vektoren miteinander – das Ergebnis ist dann ein Skalar. Das Produkt zweier Vektoren nennt man *Skalarprodukt* und berechnet sich nach

$$\vec{v} \cdot \vec{w} = \begin{pmatrix} x_1 \\ y_1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_2 \\ y_2 \end{pmatrix} = x_1 \cdot x_2 + y_1 \cdot y_2. \quad (12)$$

Beim Skalarprodukt gibt es zwei wichtige Spezialfälle. Der erste ist die Multiplikation eines Vektors mit sich selbst:

$$\vec{v} \cdot \vec{v} = x_1 \cdot x_1 + y_1 \cdot y_1 = |\vec{v}|^2 \quad (13)$$

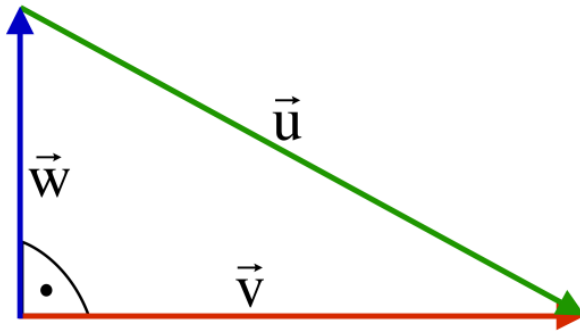
Der zweite Spezialfall tritt auf, wenn das Skalarprodukt zweier Vektoren gleich Null ist, also

$$\vec{v} \cdot \vec{w} = 0 \quad (14)$$

gilt. In diesem Fall stehen die Vektoren orthogonal aufeinander, bzw.: Wenn zwei Vektoren orthogonal zueinander sind, ist ihr Skalarprodukt gleich Null. Diesen Satz werden wir im Folgenden beweisen:

Wir nehmen an, dass die Vektoren $\vec{v}$ und $\vec{w}$ orthogonal zueinander sind. Der Vektor $\vec{u}$ verbindet die beiden Vektoren zu einem Dreieck. Dann gilt

$$\vec{w} + \vec{u} = \vec{v}. \quad (15)$$



Nach dem Satz des Pythagoras und (15) gilt

$$|\vec{v}|^2 + |\vec{w}|^2 = |\vec{v} - \vec{w}|^2. \quad (16)$$

Hieraus folgt

$$x_1^2 + y_1^2 + x_2^2 + y_2^2 = (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 \quad (17)$$

und nach Anwendung der zweiten binomischen Formel und Subtraktion der quadratischen Terme

$$0 = x_1 \cdot x_2 + y_1 \cdot y_2 = \vec{v} \cdot \vec{w}. \quad (18)$$

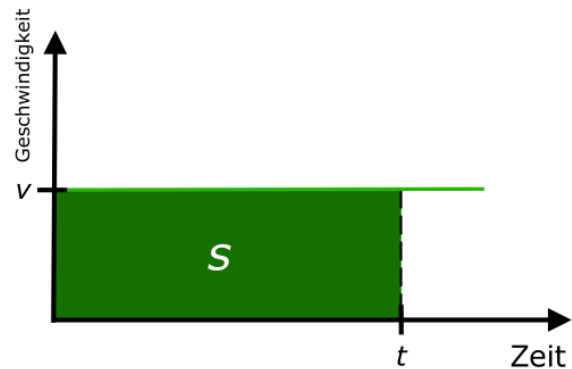
Da man den Beweis auch von unten nach oben lesen kann, ist der obige Satz in beiden Richtungen bewiesen.

Damit haben wir die für unsere Zwecke notwendigen mathematischen Grundlagen, um Kugelkollisionen im zweidimensionalen Raum zu berechnen. Wie dies genau funktioniert, wird in einem späteren Kapitel erläutert.

Kinematik und Dynamik

DANIELA WINTER

Bevor wir uns mit dem genaueren Verhalten der Kugeln im Billardspiel beschäftigen, schauen wir uns erst einmal die grundlegenden Regeln der *Kinematik* (Lehre der Bewegung) und der *Dynamik* (Lehre vom Einfluss der Kräfte) an. Dazu stellten wir uns als erstes die Frage, welche Formen der Bewegung es überhaupt gibt. Die wichtigsten sind neben dem Stillstand, die *gleichförmige Bewegung* und die *gleichmäßig beschleunigte Bewegung*. Bei der gleichförmigen Bewegung hat der bewegte Körper immer eine konstante Geschwindigkeit v . Das heißt pro



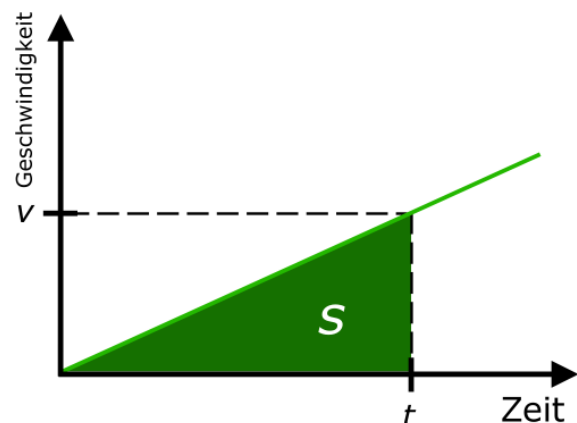
v - t -Diagramm der gleichförmigen Bewegung.

Zeiteinheit t legt der Körper eine bestimmte Strecke zurück, sodass gilt

$$v = \frac{s}{t}. \quad (19)$$

In diesem Diagramm wird die Geschwindigkeit gegen die Zeit aufgetragen. Man nennt es daher *v - t -Diagramm*. Die Fläche unter dem Graphen entspricht der zurückgelegten Strecke, da $s = v \cdot t$ gilt. Bei der gleichmäßig beschleunigten Bewegung ändert sich hingegen die Geschwindigkeit v pro Zeiteinheit um einen konstanten Wert a (die Beschleunigung). Es gilt

$$v = a \cdot t. \quad (20)$$



v - t -Diagramm der gleichmäßig beschleunigten Bewegung.

Betrachtet man die gleichmäßig beschleunigte Bewegung im v - t -Diagramm, so sieht man, dass die zurückgelegte Strecke unter dem Graphen ein Dreieck beschreibt. Den Flächeninhalt

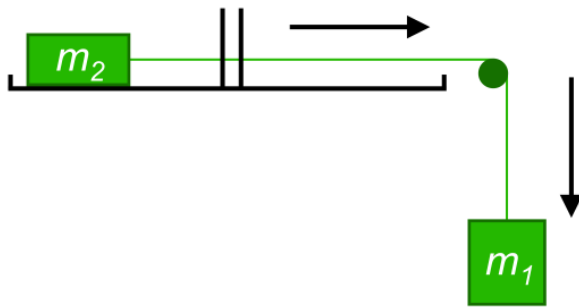
dieses Dreiecks – und somit die Strecke s – errechnet sich durch die Formel

$$s = \frac{1}{2} \cdot v \cdot t. \quad (21)$$

Zusammen mit Gleichung (20) ergibt sich

$$s = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t \cdot t = \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2. \quad (22)$$

Als nächstes untersuchten wir, wie Objekte beschleunigt werden. Anhand einer Luftkissenbahn konnten wir eindeutig sehen, dass ein sich bewegendes Objekt sich immer weiterbewegt, wenn keine Kräfte darauf wirken. Werden auf ein Objekt jedoch Kräfte ausgeübt, ändert sich der Bewegungszustand – das Objekt wird beschleunigt. Um herauszufinden, welche Kraft zu welcher Beschleunigung führt, machten wir zwei unterschiedliche Versuche.



Skizze des Versuchsaufbaus.

Beim ersten Versuch erhöhten wir bei jedem Durchlauf m_1 um 10g und verkleinerten m_2 um 10g, sodass die Gesamtmasse konstant blieb. Dabei konnten wir beobachten, dass sich die Beschleunigung des Wagens stets gleichmäßig vergrößerte. Somit ist die Beschleunigung a des Wagens proportional zu der Kraft F , die an dem Wagen zieht. Beim zweiten Versuch wurde nach jeder Messung m_2 um 100g erhöht, m_1 wurde nicht verändert. Das heißt, die Gesamtmasse wurde nun immer größer, während die Kraft konstant blieb. Dieses Mal bemerkten wir, dass die Beschleunigung regelmäßig abnahm, und zwar proportional zur Gesamtmasse. Also ist die Beschleunigung umgekehrt proportional zur Masse. Aus den zwei Ergebnissen

$$F \sim a \quad (23)$$

und

$$a \sim \frac{1}{m} \quad (24)$$

konnten wir folgern, dass

$$F \sim m \cdot a \quad (25)$$

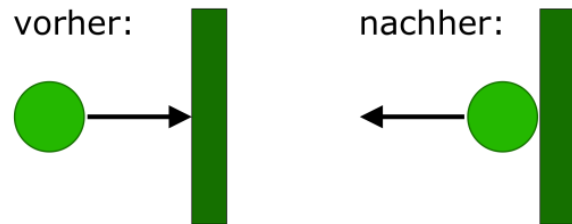
sein muss. Die Einheit Newton einer Kraft F ist schließlich so definiert, dass gilt

$$F = m \cdot a. \quad (26)$$

Kollision an der Bande

DANIELA WINTER

Inzwischen kann sich die Kugel bewegen. Unser nächstes Ziel war aber, dass die Kugel an den Banden des Billardtisches abgestoßen wird und nicht einfach weiterrollt, bis sie vom Bildschirm verschwunden ist.



Kollision an der Bande.

Man muss also dem Computer sagen, dass die Geschwindigkeit v_x bzw. v_y der Kugel umgedreht werden soll, wenn der x - bzw. y -Wert der Kugel zu groß oder zu klein ist:

```
if (x < 20)
    vx = -vx;
if (x > 620)
    vx = -vx;
if (y < 20)
    vy = -vy;
if (y > 460)
    vy = -vy;
```

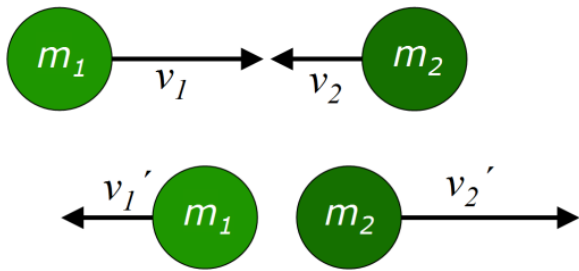
So kann der Computer die Richtungsänderung der Kugel an einer Bande physikalisch korrekt darstellen. Sie wird nach dem Gesetz „Einfallswinkel = Ausfallswinkel“ reflektiert.

Zentraler Stoß

ANNE BAIER

Mittlerweile weiß der Computer, wann sich zwei Kugeln berühren, allerdings ist noch unklar, was bei der Kollision passiert. Wir wollen nun herausfinden, wie sich die Geschwindigkeiten der Kugeln durch den Stoß ändern. Dazu betrachten wir zunächst den Spezialfall des zentralen Stoßes.

Treffen die beiden Kugeln mit ihren jeweiligen Massen m_1 und m_2 und ihren jeweiligen Geschwindigkeiten v_1 und v_2 zentral aufeinander, so bewegen sie sich nach der Kollision mit anderen Geschwindigkeiten v_1' und v_2' auseinander. Wir kennen die Massen m_1 und m_2 , sowie die Anfangsgeschwindigkeiten v_1 und v_2 der Kugeln. Gesucht sind die Endgeschwindigkeiten v_1' und v_2' .



Da die Menge an verllorener Bewegungsenergie während des Aufpralls sehr gering ist, gilt der Energieerhaltungssatz

$$E_1 + E_2 = E_1' + E_2', \quad (27)$$

der besagt, dass die Summe der Bewegungsenergien vor dem Stoß gleich der Summe der Bewegungsenergien nach dem Stoß ist. Wir nehmen also an, dass der Energieverlust gleich Null ist. Durch Einsetzen von

$$E = \frac{1}{2}mv^2 \quad (28)$$

in den Energieerhaltungssatz ergibt sich

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1v_1'^2 + \frac{1}{2}m_2v_2'^2. \quad (29)$$

Außerdem gilt die Impulserhaltung

$$p_1 + p_2 = p_1' + p_2', \quad (30)$$

da die Kugeln näherungsweise nur wechselseitige Kräfte spüren, deren Summe Null ergibt.

Wenn wir für Impuls p ebenfalls seine Definition

$$p = m \cdot v \quad (31)$$

in den Impulserhaltungssatz einsetzen, erhalten wir die Formel

$$m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = m_1 \cdot v_1' + m_2 \cdot v_2'. \quad (32)$$

Wir formen diese Gleichung nun so um, dass alle Werte mit demselben Index auf einer Seite stehen und klammern anschließend m_1 und m_2 aus:

$$m_1 \cdot (v_1 - v_1') = m_2 \cdot (v_2' - v_2) \quad (33)$$

Den mit 2 durchmultiplizierten Energieerhaltungssatz (29) stellen wir genauso um:

$$m_1 \cdot (v_1^2 - v_1'^2) = m_2 \cdot (v_2'^2 - v_2^2) \quad (34)$$

Mit Hilfe der dritten binomischen Formel ergibt sich daraus

$$m_1(v_1 - v_1')(v_1 + v_1') = m_2(v_2' - v_2)(v_2' + v_2). \quad (35)$$

Die Division von (35) durch (33) ergibt

$$v_1 + v_1' = v_2 + v_2'. \quad (36)$$

Mit den beiden linearen Gleichungen (33) und (36) für die beiden Unbekannten v_1' und v_2' ergeben sich die Lösungen

$$v_1' = \frac{2m_2v_2 + m_1v_1 - m_2v_2}{m_1 + m_2} \quad (37)$$

und

$$v_2' = \frac{2m_1v_1 + m_2v_2 - m_1v_1}{m_1 + m_2}. \quad (38)$$

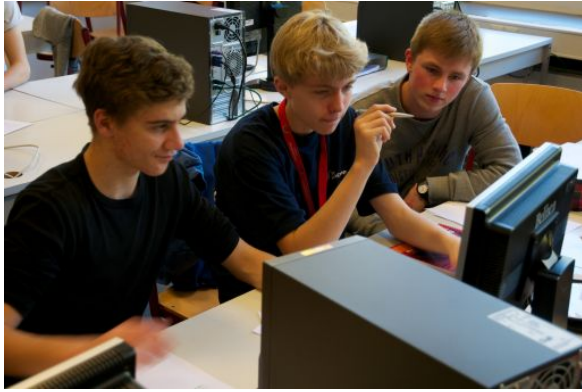
Damit können wir die Geschwindigkeiten nach dem Stoß recht einfach berechnen. Wenn, wie im Billard, der Spezialfall gilt, dass die Kugeln die gleichen Massen haben ($m_1 = m_2 = m$), dann vereinfachen sich (37) und (38) zu

$$v_1' = v_2 \quad (39)$$

und

$$v_2' = v_1. \quad (40)$$

Beim Stoß tauschen die Kugeln also ihre Geschwindigkeiten.



Stoß in zwei Dimensionen

ANNE BAIER

Bei einem richtigen Billardspiel können die Kugeln auch schräg zur Einlaufrichtung voneinander abprallen. Hierfür verwenden wir die Vektorschreibweise, da diese die Rechnung erheblich erleichtert. Es gilt weiterhin die Impulserhaltung und die Erhaltung der Bewegungsenergie, die wir diesmal aber mit Impulsen statt mit Geschwindigkeiten ausdrücken.

Impulserhaltung:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2' \quad (41)$$

Energieerhaltung:

$$\frac{|\vec{p}_1|^2}{2m_1} + \frac{|\vec{p}_2|^2}{2m_2} = \frac{|\vec{p}_1'|^2}{2m_1} + \frac{|\vec{p}_2'|^2}{2m_2} \quad (42)$$

Wir drücken den Impuls der ersten Kugel nach dem Stoß durch die Impulsänderung $\Delta \vec{p}$ aus:

$$\vec{p}_1' = \vec{p}_1 + \Delta \vec{p} \quad (43)$$

Der neue Impuls der Kugel ist also sein alter Impuls plus die Impulsänderung. Mit der Impulserhaltung ergibt sich damit für die zweite Kugel

$$\vec{p}_2' = \vec{p}_2 - \Delta \vec{p}. \quad (44)$$

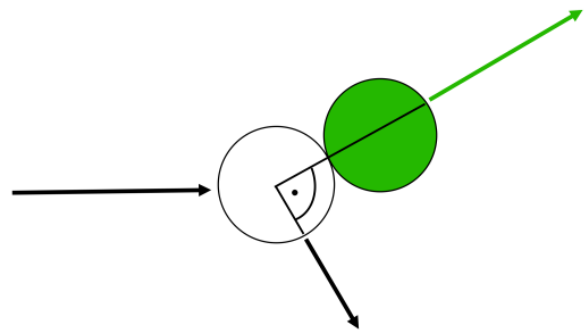
Die Impulsänderung zeigt in Kraftrichtung und damit in Richtung der Verbindungslinie der Kugelmittelpunkte, die wir mit $\vec{x}_1 - \vec{x}_2$ bezeichnen. Um die Richtung der Impulsänderung anzugeben, verwenden wir einen Richtungsvektor der Länge 1, den wir $\vec{\delta}$ nennen:

$$\Delta \vec{p} = k \cdot \frac{\vec{x}_1 - \vec{x}_2}{|\vec{x}_1 - \vec{x}_2|} = k \cdot \vec{\delta} \quad (45)$$

Wenn wir den Faktor k kennen, dann kennen wir die Impulse und damit die Geschwindigkeiten nach dem Stoß. Wenn wir die Gleichung (45) in (43) und (44) einsetzen und diese wiederum in den Energieerhaltungssatz (42), so erhalten wir nach zahlreichen Umformungen

$$k = \frac{2 \cdot \vec{\delta} \cdot (\vec{v}_2 - \vec{v}_1)}{\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}}. \quad (46)$$

Seit wir das in unser Programm eingebaut haben, kollidieren die Kugeln im Programm realistisch miteinander. Ein wichtiger Spezialfall hilft auch beim richtigen Billardspielen weiter: Wenn sich zwei Kugeln mit gleichen Massen treffen, wobei eine davon in Ruhe ist, dann trennen sie sich im rechten Winkel.



Beim Stoß mit einer ruhenden Kugel gleicher Masse laufen die Kugeln im rechten Winkel auseinander.

Gleichung (42) vereinfacht sich dann mit $m = m_1 = m_2$ und $\vec{v}_2 = 0$ zu

$$\frac{1}{2}m|\vec{v}_1|^2 = \frac{1}{2}m|\vec{v}_1'|^2 + \frac{1}{2}m|\vec{v}_2'|^2. \quad (47)$$

Multiplikation mit $\frac{2}{m}$ ergibt

$$|\vec{v}_1|^2 = |\vec{v}_1'|^2 + |\vec{v}_2'|^2. \quad (48)$$

Nach dem Satz des Pythagoras stehen daher die Vektoren $\vec{v}_1'$ und $\vec{v}_2'$ senkrecht aufeinander.

Reibung

AXEL PRINTSCHLER

Unsere Billardkugeln können nun über den Tisch rollen und miteinander kollidieren, doch stehenbleiben können sie noch nicht. Wir stellen uns daher die Frage, warum Gegenstände allgemein und speziell unsere Billardkugeln

stehen bleiben, wie wir dieses Phänomen physikalisch und mathematisch beschreiben und anschließend ins Spiel einbauen können.

Um die theoretischen Grundlagen zu lernen, verbrachten wir einen gesamten Vormittag im Physiksaal. Zunächst ging es darum, welche verschiedenen Reibungsarten es überhaupt gibt. Als erstes tritt die *Haftreibung* in Kraft. Diese wirkt, weil alle Gegenstände, auch wenn sie glatt aussehen wie die Billardkugeln, mikroskopisch betrachtet gar nicht glatt sind. Jeder Gegenstand weist kleine Erhebungen auf, die sich mit den Erhebungen des anderen Gegenstandes, beispielsweise einer Billardkugel mit dem Tisch, verzahnen. Dadurch benötigt man anfangs eine höhere Kraft, um den Gegenstand in Bewegung zu bringen, als danach, wenn er sich schon bewegt. Man kennt dieses Prinzip, wenn man versucht einen schweren Schrank zu verschieben. Am Anfang braucht man viel Kraft, um den Schrank in Bewegung zu versetzen, doch wenn er einmal in Bewegung ist, geht es einfacher. Dann gleitet er über den Boden. Es wirkt die *Gleitreibung*. Diese ist nicht mehr so groß wie die Haftreibung, da die Erhebungen sich nicht mehr verzahnen, sondern übereinander hinweggleiten. Da Kugeln rollen, tritt diese Reibungsart bei ihnen nur selten in Kraft. Häufiger ist stattdessen die *Rollreibung*. Sie ist noch kleiner als die Gleitreibung. Außerdem gibt es noch weitere Effekte, die bewegte Objekte abbremsen, beispielsweise den Luftwiderstand oder den Wasserwiderstand. Der Luftwiderstand tritt beim Billardspielen auf, der Wasserwiderstand hingegen nicht, nicht einmal beim Poolbillard. Der Luftwiderstand ist allerdings zu vernachlässigen.

In unser Billardspiel haben wir nur eine Reibungsart eingebaut. Die Haftreibung ist nicht weiter von Belang, da jeder Billardspieler es schafft, mit dem Queue die Kugel so anzustoßen, dass der Haftwiderstand überwunden wird und sich die Kugel bewegt. Die Gleitreibung tritt beim Billard nur in Kraft, wenn die Kugel nach dem Stoß nicht sofort anfängt zu rollen, sondern am Anfang über den Tisch schlittert, was beim Spin wichtig wird. Doch da wir diesen nur theoretisch behandelt, und nicht in unser Spiel eingebaut haben, benötigen wir auch die Gleitreibung nicht. Daher haben wir uns damit

befasst, die Rollreibung zu bestimmen.

Zuerst haben wir uns gefragt von welcher Kraft die Reibung abhängt, und was diese Kraft genau bewirkt. Die Reibungskraft F_r wirkt entgegen der Bewegungsrichtung und bremst so den Gegenstand ab. Sie hängt von der Schwerkraft F_g ab. Die Reibungskraft F_r ergibt sich als Produkt der Schwerkraft F_g und dem Reibungskoeffizienten μ :

$$F_r = F_g \cdot \mu \quad (49)$$

Pro Zeitabschnitt wird die Geschwindigkeit um einen konstanten Wert kleiner. Diesen haben wir als a_r definiert:

$$|v'| = |v| - a_r \cdot t \quad (50)$$



Doch nun wissen wir immer noch nicht, was genau a_r ist. Wir haben zwar die Formel, um die Reibung zu berechnen, doch es fehlt noch ein genauer Wert der negativen Beschleunigung a_r . Diesen Wert haben wir in einem selbst ausgedachten Versuch gemessen. In diesem Versuch ließen wir eine Kugel eine kleine Rampe herunterrollen und stoppten die Zeit t , die die Kugel brauchte, bis sie zum Stillstand kam. Danach maßen wir die zurückgelegte Strecke s . Mit diesen beiden Werten konnten wir nun ausrechnen, wie groß die negative Beschleunigung war, denn es gilt

$$a_r = 2 \frac{s}{t^2}. \quad (51)$$

Das Ergebnis unserer Messung war

$$a_r = 6,8 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2}. \quad (52)$$

Das bedeutet, dass eine Kugel pro Sekunde um $6,8 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ langsamer wird. Mit Hilfe dieses gemessenen Wertes konnten wir eine realistische Verlangsamung in unser Programm einbauen.

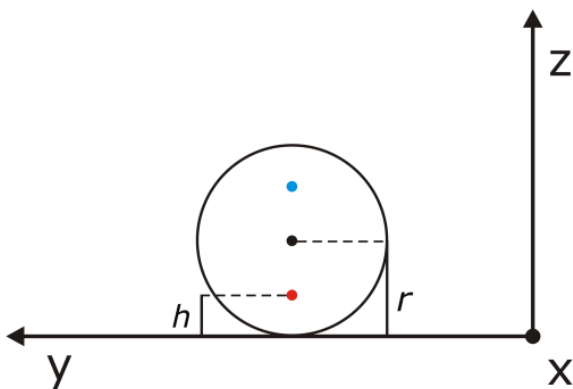
Spin – vom Laien zum Profi

MARVIN MOTZET

Bisher haben wir die Kollision zweier Kugeln, die Reflexion an der Bande, die Reibung sowie einige Regeln in das Billardspiel eingebaut. Das ähnelt beim ersten Blick fast einem realen Billardspiel, aber leider nur fast. Es fehlt jedoch etwas, mit dem das Billardspielen noch mehr Spaß macht: der Spin. Damit ist es u. a. möglich, die weiße Kugel als sogenannten *Nachläufer* oder als *Rückläufer* anzustoßen, indem der Spieler mit dem Queue die Kugel nicht mittig anspielt, sondern den Anstoßpunkt variiert. Wie wir solch einem Feature physikalisch auf den Grund gingen, stellen wir im Folgenden dar. Nebenbei kann der Leser noch seine Billardkenntnisse auffrischen oder erweitern.

Wenn eine Billardkugel rollt, kann man die Drehgeschwindigkeit ω der Kugel (Radius r) mit der „normalen“ Geschwindigkeit v in Verbindung setzen:

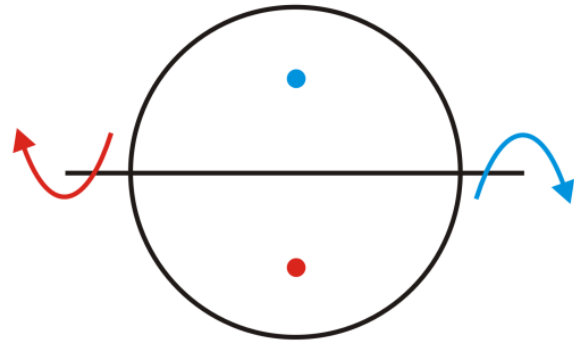
$$\omega = \frac{v}{r} \quad (53)$$



Verschiebung des Anstoßpunktes in z -Richtung – Drehung um y -Achse.

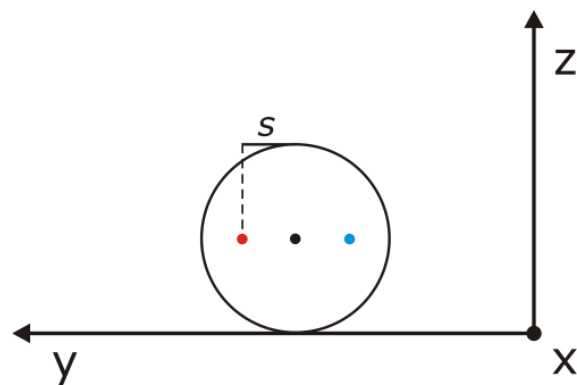
Wird die Kugel oberhalb bzw. unterhalb ihres Mittelpunktes angestoßen, kann es zu einem Nach- bzw. zu einem Rückläufer kommen: Die Kugel dreht sich dabei um die y -Achse. Beim Nachläufer (Topspin) dreht sich die Kugel mit hoher Geschwindigkeit um die y -Achse. Beim Zusammenstoß mit einer anderen Kugel läuft sie dieser hinterher, denn nach der Impulsübergabe dreht die Kugel hohl und gewinnt dadurch

wieder an Geschwindigkeit. Beim Rückläufer (Backspin) läuft die Kugel nach dem Zusammenstoß mit einer anderen Kugel zurück, da sie sich entgegen der Rollrichtung um die y -Achse dreht.



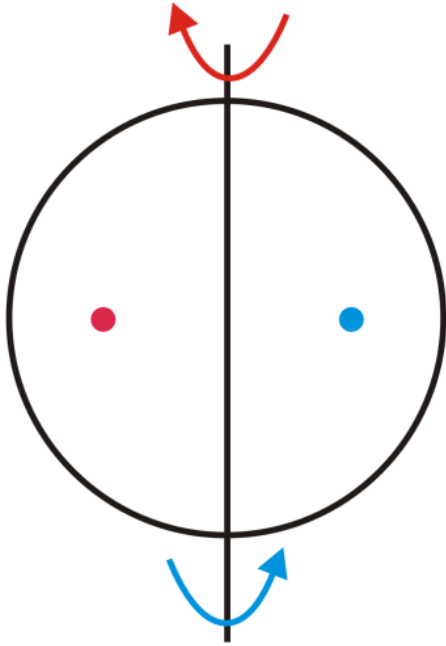
Blau: Topspin bzw. Nachläufer. Rot: Backspin bzw. Rückläufer.

Zudem haben wir die Drehung um die z -Achse untersucht, wenn der Anstoßpunkt in y -Richtung verschoben wird. Hier gilt, dass bei der Bandenreflexion der Ausfallswinkel nicht mehr dem Einfallswinkel entspricht. Die Kugel „rollt“ sich bei der Kollision ab.



Verschiebung des Anstoßpunktes in y -Richtung – Drehung um z -Achse.

Als weiteren Schritt haben wir Formeln für die Drehgeschwindigkeit hergeleitet. Wir nehmen dabei an, dass während des Stoßes eine konstante Kraft F auf die Kugel wirkt, mit der sie beschleunigt wird. Die Geschwindigkeit v der Kugel hängt dabei von der Stärke der Kraft ab. Je stärker die Kugel mit dem Queue angestoßen wird, desto schneller bewegt sie sich.



Blau: Drehung gegen den Uhrzeigersinn. Rot: Drehung im Uhrzeigersinn.

Diese Geschwindigkeit haben wir schließlich mit der Drehgeschwindigkeit in Verbindung gesetzt, wobei wir nach einer längeren Herleitung folgende Formeln für die Drehgeschwindigkeit ω_y (um die y -Achse) und ω_z (um die z -Achse) gefunden haben:

$$\omega_y = \frac{-5 \cdot F \cdot (r - h)}{2 \cdot r^2} \cdot v_x \quad (54)$$

$$\omega_z = \frac{-5 \cdot F \cdot s}{2 \cdot r^2} \cdot v_x \quad (55)$$

Die Längen s und h sind dabei den obigen Abbildungen zu entnehmen, r entspricht dem Kugelradius und v_x der Geschwindigkeit entlang der x -Achse. Bei beiden Formeln spielt die Kraft F , mit der die Kugel angestoßen wird, die Geschwindigkeit v und die jeweilige Anstoßposition eine wichtige Rolle. Zwar haben wir jetzt Formeln für die Drehbewegungen um die y - und z -Achse, aber während der Bewegung der Kugel geschieht noch mehr. So wirkt bei der Bewegung der Kugel Reibung, wodurch sie beschleunigt oder gebremst wird. Beim Topspin wird die Kugel durch die Gleitreibung beschleunigt. Für die Beschleunigung a gilt dann

$$a = \mu_{\text{gleit}} \cdot g \quad (56)$$

Dabei ist μ_{gleit} der Gleitreibungskoeffizient, den wir vorher experimentell bestimmt haben. Beim Backspin wird die Kugel entsprechend mit

$$a = -\mu_{\text{gleit}} \cdot g \quad (57)$$

gebremst. Zeitgleich ändert sich die Winkelgeschwindigkeit ω_y . Für die Änderung der Winkelgeschwindigkeit pro Zeit, der Winkelbeschleunigung, gilt beim Topspin

$$a_\omega = -\frac{5}{2} \cdot \frac{\mu_{\text{gleit}} \cdot g}{r} \quad (58)$$

und beim Backspin

$$a_\omega = \frac{5}{2} \cdot \frac{\mu_{\text{gleit}} \cdot g}{r} \quad (59)$$

Unser Billardturnier

CORINNA NOWAK

Während der Akademie haben wir nicht nur unser Spiel programmiert und uns mit physikalischen Aspekten zum Thema Billard beschäftigt, sondern auch einmal „richtiges“ Billard gespielt. An einem Nachmittag wurde ein kursinternes Billardturnier im Internat des Eckenberg Gymnasiums ausgetragen, sodass wir unsere Billardkenntnisse auch in der Praxis anwenden konnten.



Es gab mehrere Teams, die zufällig bestimmt und in zwei Gruppen eingeteilt wurden. Jedes Team musste gegen jedes andere Team aus der zugehörigen Gruppe spielen, während die Anderen gespannt mitfieberten. Zum Schluss traten

die zwei Siegerteams gegeneinander an. Während die einzelnen Spiele stattfanden, spielten die anderen, wenn sie nicht gerade eines der Spiele verfolgten, Tischkicker, aßen Süßigkeiten, unterhielten sich oder diskutierten über mathematische Erkenntnisse.

Gewonnen haben schließlich Axel, Fabian und Elias im Finale gegen Daniela, Luisa und Lucas und sind so stolze Besitzer einer Packung Kekse geworden. Abschließend durften die Gewinner der Kursteilnehmer gegen unsere Kursleiter, Daniel und Alex, antreten, die schließlich als endgültige Sieger aus dem Billardturnier hervorgingen. Die beiden mussten jedoch nur ein Spiel gewinnen, im Gegensatz zu allen anderen Teams.

Auch wenn die Kugeln manchmal nicht so gerollt sind, wie wir es wollten, haben wir einen sehr lustigen und unterhaltsamen Nachmittag zusammen verbracht und konnten während des Turniers unsere Spielkenntnisse verbessern.

Rotation und Abschlusspräsentation

CORINNA NOWAK

Damit auch die anderen Teilnehmer der Akademie wussten, womit man sich in seinem Kurs beschäftigt hatte, fand nach der Hälfte der Sommerakademie die sogenannte Rotation statt. Jeder Kurs konnte den Teilnehmern der anderen Kurse präsentieren, welche Themen im Kurs bisher erarbeitet wurden. Dazu gab es vier verschiedene Gruppen, die aus Teilnehmern, Kursleitern und Schülermentoren bestanden und von Kurs zu Kurs rotierten.



Für eine Präsentation bedarf es natürlich an einigen Vorbereitungen. Zusammen haben wir uns im Kurs überlegt, welche Themen wir den anderen Teilnehmern präsentieren wollten. Wir erstellten eine einheitliche PowerPoint-Präsentation, bildeten vier Vortragsgruppen und teilten einzelne Themengebiete verschiedenen Personen zu. Diese reichten vom Programmieren über mathematische Formeln, wie zum Beispiel dem Satz des Pythagoras, bis hin zu physikalischen Themen, wie der Kollision zweier Kugeln. Natürlich durfte das Üben nicht fehlen. Also hielt jede Gruppe mindestens einmal einen Probenvortrag. Das war sehr hilfreich, da man dabei merkte, an welchen Stellen Schwierigkeiten auftreten konnten und man lernte, wie ein Laserpointer richtig benutzt wird. Am Abend vor der Rotation waren dann alle gut für die Vorträge vorbereitet. Die Rotationsvorträge verliefen bei allen Gruppen erfolgreich. Zu unserem Billardspiel, das die Teilnehmer ausprobieren durften, obwohl es noch nicht ganz fertig war, haben wir einige hilfreiche Anregungen und Verbesserungsvorschläge bekommen.

Bei der Abschlusspräsentation war der Ablauf ähnlich. An diesem Tag präsentierte jeder Kurs den Eltern und Verwandten der Kursteilnehmer sowie anderen Interessierten, wie beispielsweise ehemaligen Teilnehmern, was wir in den zwei Wochen der Sommerakademie erarbeitet hatten.

Für diesen Tag haben wir unsere erste Präsentation ergänzt und verbessert. Außerdem haben wir eine Pinnwand erstellt, an der wir unseren Kurs vorstellten. Unsere Vorträge am Abschlusstag waren gut besucht. Auch diesmal war das Highlight unserer Präsentation

der Schluss. Die Begeisterung der Zuhörer war immer groß, als wir ihnen erzählten, dass sie unser Spiel nun testen durften. Unsere Kursleiter und wir waren mit den Präsentationen sehr zufrieden. Den Zuhörern wurde außerdem das Thema Billard und die physikalischen Aspekte dazu ein Stück näher gebracht und sie hatten die Ehre, ein super Billardspiel am Computer spielen zu dürfen.



Exkursion

TIMO KANDRA

Am Montag der zweiten Akademiewoche besuchte unser Kurs die Arbeitsgruppe „Visualisierung und numerische Geometrie“ am Interdisziplinären Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen (IWR) der Universität Heidelberg.

Nach einer relativ langen Busfahrt, die uns durch fiese mathematische Rätsel von Daniel und Alex nicht allzu entspannend gestaltet wurde, kamen wir an der Uni an. Unser Kurs fühlte sich sehr wohl, als wir über das Uni-Gelände spazierten – vielen von uns konnte man die Vorfreude auf das Studieren schon regelrecht anmerken.

Zu Beginn hörten wir Vorträge über spannende Themen der Mathematik an: Der erste handelte von Kryptographie. Das Ziel war es, uns die moderne RSA-Verschlüsselung näher zu bringen. Zunächst erfuhren wir etwas über sehr alte Verschlüsselungen aus der Zeit Cäsars. Auch die Prinzipien der Verschlüsselung von Nachrichten während der beiden Weltkriege wurden uns erklärt. Im zweiten Vortrag ging es um Knoten. Dieses exotische Teilgebiet der Mathematik wird unter anderem zur Erforschung

von DNA-Verknotungen eingesetzt. Das war insofern interessant, da sich eigentlich noch niemand von uns mit diesem Thema beschäftigt hatte und es erstaunlich war, was schon alles über Knoten entdeckt, definiert und bewiesen wurde.

Nach der Pause, die wir in einem sehr stilvollen Aufenthaltsraum verbrachten, wurde uns das eigentliche Forschungsgebiet der Arbeitsgruppe vorgestellt. Sie zeigten uns, dass man Computergrafik auch anders verwenden kann als in unserem Billardspiel: Objekte, hauptsächlich archäologische Fundstücke, werden mit einem 3D-Scanner gescannt, um sie dann mit den Möglichkeiten eines Computers erforschen zu können.

In weiteren Vorträgen erfuhren wir, wie solch ein 3D-Scanner funktioniert und welche Schwierigkeiten bei dieser Aufnahmetechnik auftreten können. Zum Beispiel hatte sich einer der Referenten damit beschäftigt, die beim Scannen entstehenden Glanzlichter auf Objekten automatisch zu entfernen.

Nach den Vorträgen kam es dann zum Höhepunkt unseres Besuches: Wir durften den 3D-Scanner in Aktion sehen und ein interaktives 3D-Cyberboard ausprobieren. Dieses ermöglicht es durch Kameras den Standpunkt des Benutzers zu orten und somit den Blickwinkel des Dargestellten zu verändern. Auf diese Weise entsteht ein realistischer, dreidimensionaler Eindruck von den visualisierten Objekten, in welchen man mit einem Joystick eingreifen kann. In unserem Fall handelte es sich um eine Statue, die aus eingescannten Bruchstücken bestand. Da diese Statue in der Realität mehrere Meter hoch ist, war es leichter, sie auf virtuelle Weise zusammenzubauen.



Als alle von uns ausgiebig mit dem Cyberboard gespielt und gebaut hatten und alle offenen Fragen beantwortet waren, verließ der mit vielen Informationen und T-Shirts mit witzigem Aufdruck positiv gestimmte Physikkurs die Uni und fuhr zurück nach Adelsheim.

Sportfest

LUISA FEIFEL

Weil Physiker und Informatiker nicht nur total cool und intelligent (und eventuell etwas eingebildet), sondern auch sportlich sind, war das Sportfest, das der Physikkurs in den letzten zwei Jahren gewinnen konnte, die perfekte Gelegenheit, den anderen Kursen zu beweisen, dass wir nicht nur programmieren und Billard spielen können. Unseren Schlachtruf „cout « Schlachtruf“ hat zwar außer uns fast keiner verstanden, aber er hat im Gegensatz zu manch anderen Kursen immer auf Anhieb funktioniert.



Insgesamt gab es beim Sportfest sieben Stationen und auch wenn man sich bei manchen fragen musste, wer sich so etwas ausgedacht hatte, haben wir zusammen dann doch alles problemlos gemeistert. Unsere erste Station war der Schwimfflossenlauf, bei dem jeder auf mehr oder weniger elegante Weise mit Schwimfflossen einen Parcours durchlaufen musste. Beim Teebeutelweitwurf, bei dem wir Teebeutel so weit wie möglich mit dem Mund werfen sollten, haben wir sehr kreative Techniken erfunden. Es lässt sich aber darüber streiten, ob diese wirklich effektiv waren. Bewiesen ist nur, dass es noch Schlechtere gab. Beim Autoziehen waren wir jedoch absolute Rekordhalter. Auch bei der nächsten Station, bei der wir Jonglier-

bälle in unterschiedlich große Reifen mit unterschiedlich hoher Punktzahl werfen sollten, haben wir uns ganz gut geschlagen. Bei der nächsten Station haben wir, dank Lucas' Anweisungen, Patricia sicher ins Ziel gebracht. Sie stand in einem großen A aus Holz, das nur durch vier Seile, die am oberen Ende befestigt waren, bewegt werden durfte. Die nächste Station war der Gummistiefelweitwurf. Hier hatten wir zwar viel Spaß, aber wenig Erfolg. Bei unserer letzten Station war wieder einmal Teamwork gefragt, denn die Aufgabe war es, ein Tuch umzudrehen, auf dem wir alle standen, ohne dass jemand den Boden berührt. Und irgendwann standen wir dann wirklich auf dem umgedrehten Tuch, wenn auch nicht ganz ohne Verluste. Zum Schluss kam noch ein Staffellauf, bei dem alle Kurse gegeneinander antraten. Ziel war es, mit nur einem Schwamm möglichst viel Wasser in einen Eimer zu befördern. Aber auch mit dem Wasser, das auf unerklärliche Weise noch nach dem Abpfeiff in unseren Eimer gewandert war, konnten wir uns nicht gegen den Astronomiekurs durchsetzen, der mit eineinhalb Eimern Wasser der eindeutige Sieger der Staffel war.

Zum Schluss hatte es dann leider doch nicht ganz für den Sieg des Sportfestes gereicht, was aber auch daran liegen könnte, dass wir an manche Aufgaben einfach mit zu viel Strategie und logischem Denken herangegangen sind. Aber mit unserem hart erkämpften dritten Platz sind wir sehr zufrieden und hatten dabei auf jeden Fall sehr viel Spaß!

Dokumentation

DIE KURSTEILNEHMER

Zu guter Letzt mussten wir die vorliegende Dokumentation verfassen. Der Entwurf wurde von den Teilnehmern zu Hause erstellt, sodass wir am Dokumentationswochenende den Text „nur noch“ überarbeiteten, wobei sich das „nur noch“ als erstaunlich viel entpuppte. Dennoch hatten wir viel Spaß beim Diskutieren der Grammatik, der Tempi und der Kommata und merkten, dass wir eben doch in den Physik-Informatik-Kurs gehören.



Danksagung

DIE KURSTEILNEHMER

Ihr wart zusammen echt die coolsten Kursleiter (und die coolste Schülermentorin) – das haben sogar die anderen Kurse irgendwann zugegeben. Danke, dass ihr immer so geduldig mit uns wart, uns jede noch so blöde Frage beantwortet habt und wir so viel Spaß zusammen haben durften. Wir werden euch und die unvergessliche Zeit auf jeden Fall total vermissen.

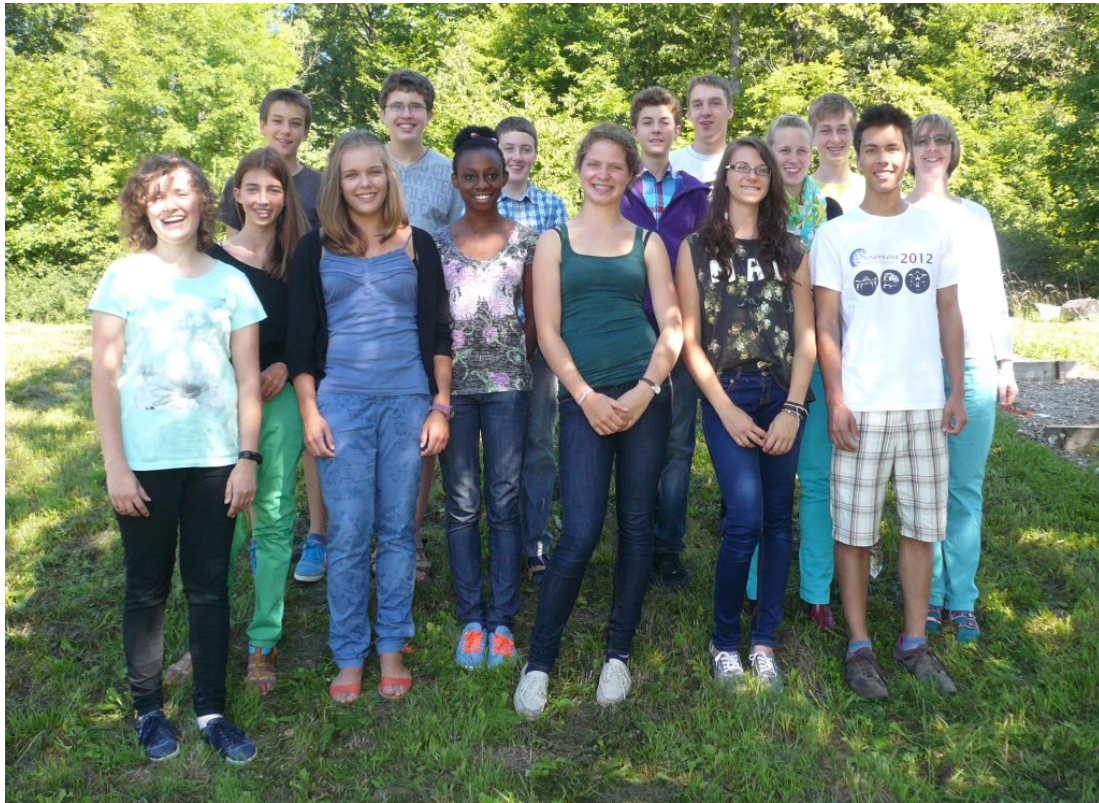
Nachwort

DIE KURSLEITER

In den zwei Wochen wurde viel Wissen über Physik, Mathematik und Informatik gelehrt und gelernt, doch dieses „Rezept“ wäre nicht gelungen, wenn der Kurs nicht so einzigartig harmoniert hätte. Im Kurs herrschte die richtige Mischung zwischen Ernsthaftigkeit und Lockerheit, was nicht zuletzt daran lag, dass sich alle nicht zu ernst nahmen und auch mal einen Witz über sich ergehen ließen. Somit wurde eine tolle Arbeitsatmosphäre geschaffen, in der die Ideen nur so sprudelten. Doch obwohl unser Spiel wirklich klasse geworden ist, war das nur ein kleines Fragment unserer geleisteten Arbeit, denn viel mehr werden wir uns alle an das angenehme Gefühl der Akademie erinnern. Es ist nicht einfach, unter so vielen Leuten, in so wenig Zeit ein Gefühl der Geborgenheit und Freundschaft entstehen zu lassen und doch haben wir es alle zusammen geschafft. Wir werden die gemeinsame Zeit mit euch nie vergessen!



Kurs 6 – TheoPrax: Seebeck-Effekt – Kreative Ideen zur Nutzung



Vorwort

LEA ZIMMER

„Sommer, Sonne, Strand und Meer!“. So klingt es bei den meisten Jugendlichen, wenn es um ihre Sommerferien geht.

Bei uns aber heißt es eher: „Theoretisch – Praktisch – Gut“, denn wir entschlossen uns, an der Science Academy zwei Wochen lang harte Arbeit zu leisten, statt faul im Liegestuhl zu liegen.

Unsere Kurswahl fiel auf TheoPrax. TheoPrax? Ja, theorie- und praxisverbunden beschäftigten wir uns mit dem zunächst sehr abstrakt klingenden Thema „Seebeck-Effekt – Kreative Ideen zur Nutzung“. Doch wir, zwölf stolze TheoPraxler, sind nun echte Experten was Projektmana-

gement, Restwärmenutzung, Seebeck-/Peltier-Effekt und Thermoelektrische Module angeht. Immer noch nicht schlauer? Keine Sorge: Uns ging es zu Beginn ähnlich.

Im Gegensatz zu anderen Kursen bearbeiten wir als einziger Kurs ein reales Projekt, welches zur aktuellen Forschung beiträgt. Dieses Projekt wird noch genauer vorgestellt und erläutert.

Zwischendurch kamen natürlich auch Stress und Zeitdruck vor, dennoch arbeiteten wir stets motiviert, konzentriert und vor allem gemeinsam auf unser Ziel hin. Man kann also mit Sicherheit sagen, dass keiner Strand und Meer vermisst hat. Diese zwei wunderbaren Wochen, über die wir folgend berichten werden, waren durchaus wertvoll und faszinierend.

Der TheoPrax-Kurs – Projektarbeit mit Ernstcharakter

LUISE EVERS

In unserem Kurs arbeiteten 12 Teilnehmer, die sich auf drei Teams aufteilten, zusammen. Im Folgenden stellen wir die Teams und deren Mitglieder aus unserem Kurs, welche sich bereits auf dem Eröffnungswochenende fanden, vor.

Team 1

E³ – Effekte Einfach Erklärt – Das sind Philipp Weiß, Luise Evers, Lea Zimmer und Stephanie Aidoo.

Am Eröffnungswochenende entwickelten wir diesen Namen, passend zu unserem dort gewählten Thema. Durchgehendes, effizientes Arbeiten, zum Teil unter hohem Zeitdruck, bereitete uns vier keine Probleme, obwohl sich die Effekte nur auf komplizierte Weise erklären ließen.

Lea Zimmer Unser ruhender Punkt, der auf kreativste Art und Weise lehrbuchfähige Skizzen und Plakate erstellte.

Stephanie Aidoo Aufgeschlossen – Schlagfertig – Hilfsbereit. Ihr ansteckendes Lachen heiterte uns auch in den aussichtslosesten Situationen auf.

Philipp Weiß Der Technikfreak – Der Spaßvogel – Der Einheimische. Seine Lehrfilmanimation zog bei der Abschlusspräsentation großes Staunen und viel Applaus auf sich.

Luise Evers Auf Luise war immer Verlass. Sie trieb das Team durch zielstrebiges Arbeiten ungemein voran und auch im Animationsfilm hörten wir ihrer angenehmen Stimme gerne zu. Mit einem Lächeln auf den Lippen, konnte sie nichts aus der Ruhe bringen.

Team 2

Energy-Control – Das sind Charlotte Siegmann, Marvin Schmoll, Marco Schönleber und Julius Willich.

Dieser Teamname ging ebenfalls aus dem erhaltenen Projektthema hervor. Schon vor der Sommerakademie planten wir einen Versuchsauf-

bau, welcher leider nicht funktionstüchtig in die Praxis umgesetzt werden konnte. Jedoch war unsere Gruppe flexibel und überlegte sich innerhalb kürzester Zeit einen neuen Aufbau und führte schließlich mit diesem die geplanten Messungen durch.

Charlotte Siegmann Charlotte ist unsere Zirkusspezialistin und nebenbei noch Motorexpertin. Immer freundlich und offen gegenüber anderen meisterte sie jede Aufgabe, die es in ihrer Gruppe zu lösen galt.

Marvin Schmoll Eher ruhig, aber eine wirkliche „Bombe“ in Bezug auf Erklärungen. Selbst die schwierigsten Fragen bei der Abschlusspräsentation konnte er ohne zu zögern durch sein großes Fachwissen beantworten.

Marco Schönleber Ein Wissenspaket, das immer bereit zu verständlichen, wissenschaftlichen Erklärungen war. Sein charakterisierender, sympathisch schwäbischer Dialekt lockerte oftmals die Stimmung im Kurs auf.

Julius Willich Er war im Werkraum mit seinem Versuchsaufbau unschlagbar! Wenn es mal kurz um Styroporschneiden oder fehlende Zangen ging, wusste Julius immer eine Lösung für das aufgetretene Problem.

Team 3

Energy-Payback – Das sind Rebekka Homburg, Annika Müller, Julian Russ und Hendrik Schillinger.

Das gestellte Thema des Eröffnungswochenendes veränderte sich zu Beginn der Sommerakademie, sodass unser geplanter Versuchsaufbau vollkommen umgestellt werden musste. Jedoch konnten wir dieses Problem durch souveränes, flexibles Handeln schnell aus der Welt schaffen.

Rebekka Homburg Sie war der durchgehende Sonnenschein des Kurses – immer optimistisch und gut gelaunt. Nicht zuletzt wegen der coolen grünen Handschuhe liebte sie das Experimentieren mit Wärmeleitpaste.

Annika Müller Annika packte die ihr gestellten Aufgaben, wie zum Beispiel das Protokollieren, immer mit voller Energie an und war dabei stets gut gelaunt.

Hendrik Schillinger Hendrik war einer der häufigsten Sport-KüA-Besucher der Akademie. Er nahm sich immer Zeit für das Filmen der Experimente und konnte spontan perfekte Erklärungen für seinen Versuchsaufbau liefern.

Julian Russ Julian brachte sich begeistert und voller Ehrgeiz in die Gruppe ein und übernahm wichtige Aufgaben beim Experimentieren und Synchronisieren des Films.

Kursleiterinnen und Schülermentor

Monika Jakob Monika, offen für alles und immer gut gelaunt – außer wenn der Zeitplan zu weit überschritten wurde. Auch war sie eine Problemlöserin. Klettverschlussband und Laminiergerät? Kein Problem für Monika, ihr gelang es, alles Nötige noch zu besorgen, selbst während der Akademie. Auch für Verständnisfragen bei Halbleitern oder Thermoelektrischen Modulen (TEM) legte Monika in ihrer wenigen freien Zeit noch Extra-Stunden ein, um wieder mal ein Problem aus der Welt schaffen zu können.

Marielouise Zaiß Eine unglaublich motivierte Leiterin und faszinierende Motorspezialistin. Sie konnte sogar die Mädchen im Kurs für Autos begeistern. Sämtliche Einzeltexte fügte sie für uns erfolgreich in einen gemeinsamen Abschlussbericht ein. Dabei blieb sie immer konzentriert und strukturierte das weitere Vorgehen durch klare und ausführbare Aufgabenstellungen.

Marcel Horning Unser Coach beim Sportfest brachte den TheoPrax-Kurs durch gezieltes Training und aufbauende Motivation auf den 1. Platz. Damit erzielte er ein historisches Ergebnis in der Geschichte der Science Academy. Er war immer für ein kleines Späßchen zu haben und stand uns jederzeit und aufmerksam zur Seite.

TheoPrax – Was ist das?

ANNIKA MÜLLER

Was bedeutet TheoPrax überhaupt und was ist das Ziel dieses Kurses? Mit solchen Fragen wur-

den wir häufig von den „Nicht-TheoPraxlern“ gelöchert. Andere Akademieteilnehmer und einige der anderen Kursleiter hatten zu Beginn der Akademie die Vorstellung, dass sich unser Kurs fast ausschließlich mit Spielen und dem Verzehr von Süßigkeiten beschäftigt. Wir bewiesen jedoch das Gegenteil, indem wir das Publikum mit unserer Abschlusspräsentation überzeugten, begeisterten und beim diesjährigen Sportfest den ersten Platz belegten.

Wie der Name bereits sagt, ist der TheoPrax-Kurs aus einem Theorie- und einem Praxisteil aufgebaut. Den meisten Schülern ist aus der Schule lediglich der Frontalunterricht bekannt, doch ausgeglichene theorie- und praxisverbundene Arbeit erwies sich als äußerst produktiv. In Theoriemodulen lernten wir beispielsweise, ein Projekt bis ins kleinste Detail zu planen, sowie zu managen. Das Erlernte setzten wir direkt im Anschluss in die Praxis um.

Des Weiteren lernten wir in einer Theorieeinheit ein professionelles Angebot mit Zieldefinition, Struktur-, Zeit- und Kostenplan zu verfassen. Das themenbezogene Angebot legten wir unseren Auftraggebern Dörthe Krause vom Fraunhofer Institut für chemische Technologie (Pfinztal) und Helmut Wipfler von der Offenen Jugendwerkstatt Stupferich vor. Nach nur wenigen Änderungen, in denen wir noch Vorschläge der Auftraggeber einarbeiteten, erteilten diese uns kurze Zeit später den Auftrag. Das Arbeiten konnte beginnen.

Wir beschäftigten uns mit dem Thema „Seebeck-Effekt – Kreative Ideen zur Nutzung“ die zwei Akademiewochen lang. Unser Augenmerk lag auf der Restwärmenutzung. Schon am Vorbereitungswochenende teilte sich unser Kurs in drei Teams auf, welche sich mit unterschiedlichen Fragestellungen befassten. Unsere Arbeit hat direkten Bezug auf die aktuelle Forschung und ist somit für die Auftraggeber von großem Interesse.

Team E3 – Effekte Einfach Erklärt: Dieses Team erstellte eine für Schüler selbsterklärende mobile Lernstation zum Seebeck- und Peltier-Effekt. Diese soll zukünftig in Schulen zur Erklärung der Effekte genutzt werden.

Team Energy-Control: Sie bekamen die Aufgabe gestellt, die Auswirkungen der Veränderung

der absoluten Temperatur und der Temperaturdifferenz auf die Leistung des TEMs zu erforschen.

Team Energy-Payback: Mit der Frage, wie sich das TEM bei Druck und in Verbindung mit Wärmeleitpaste verhält, befasste sich das Team in den zwei Wochen.

Der TheoPrax-Kurs verfolgt das Ziel, die Projektarbeit in der TheoPrax-Methodik in einem Angebot-Auftrags-Verhältnis durchzuführen. Unternehmerisches Denken und Handeln sollen gefördert, sowie problemorientiertes Arbeiten erlernt werden. Überfachliche Kompetenzen werden hier gestärkt, Wissen selbstorganisiert beschafft und die Berufsfähigkeit der Schüler gesteigert.

Immer wieder traten kleinere Probleme während der Akademie auf, die wir durch überlegtes Handeln und zielführende Diskussionen in den Griff bekamen. Wir können mit Sicherheit sagen, dass uns die Projektarbeit mit Ernstcharakter und das erfolgreich abgeschlossene Projekt sehr viel Spaß bereiteten und wir dadurch gut auf unser zukünftiges Berufsleben vorbereitet wurden.

TheoPrax – Wirklich nur Theorie und Praxis?

MARVIN SCHMOLL

Nein! TheoPrax bietet mehr! Wer auch immer wollte, konnte sich an unserem Süßigkeitentisch bedienen. Dort standen neben Gummibärchen, Keksen und Lollis im Überfluss auch ein Wasserkocher und Teebeutel für die durstigen Teetrinker.

Nach stundenlanger Arbeit, nicht selten unter Zeitdruck (wie z. B. beim Angebot oder den Vorbereitungen für die Abschlusspräsentation) brauchten wir mal eine Pause. Das war dann die Zeit für Monika, Marielouise und Marcel, uns mit einem lustigen Spiel auf andere Gedanken zu bringen. Doch nicht nur das. Die Spiele machten viel Spaß und förderten unsere Kommunikationsfähigkeiten. Zum besseren Verständnis hier ein Beispiel: Wir sollten in Dreierteams ein kleines Zelt aufbauen. Gut,

für die meisten war das kein Problem. Allerdings bekamen zwei aus jedem Team die Augen verbunden und der Dritte konnte zwar sehen, durfte aber nicht mithelfen und musste Befehle zum Aufbau geben. Das war lustig, und zwar nicht nur für uns, sondern auch für die Teilnehmer der anderen Kurse, die sich zu dieser Zeit gerade auf den Weg zum Essen machten. Als nach etwa 10 Minuten noch immer zwei der vier Teams am herum werken waren, wurde abgebrochen und auch wir durften zum wohlverdienten Essen gehen.



Zitat Hendrik: „Siehst du die gelbe Lasche?“

So war also auch für unser körperliches Wohl und für Spaß und Spannung außerhalb der normalen Arbeit gesorgt.

Das Eröffnungswochenende

CHARLOTTE SIEGMANN

Was ist denn der Seebeck-Effekt? Wie ist dieser Kurs? Sind die Kursleiter und die anderen Teilnehmer nett? Wie werden die zwei Wochen sein?

Diese und viele weitere Fragen geisterten in unseren Köpfen herum, als wir das erste Mal in unseren Kursraum hineingingen. Monika und Marielouise, unsere Kursleiterinnen, sagten uns zuallererst, was im TheoPrax-Kurs wichtig ist:

Der Kurs TheoPrax enthält Theorieeinheiten und Praxis, das heißt Planungs- und Arbeitszeit. Trotz des Erlernens dieser überragenden Fähigkeiten gewann der TheoPrax-Kurs in den vergangenen Akademien nie beim Sportfest,

aber das kann sich ja ändern. Aber vor allem sind die TheoPrax-Kurse für viele Süßigkeiten und zahlreiche Motivationsspiele berühmt.

Nach der ersten Nacht in Adelsheim trafen wir uns wieder in unserem Kursraum – mit einem neuen Gesicht. Helmut Wipfler, einer unserer Auftraggeber, erklärte uns den Seebeck-Effekt, der unser Thema in den zwei Wochen sein sollte, sowie den Motor und dessen Rolle bei unserem Thema. Bei der nächsten Kurszeit, am Samstagnachmittag, sagten uns unsere Kursleiterinnen, dass wir in 3 Gruppen an unterschiedlichen Aufträgen arbeiten und forschen werden. Jetzt hatten wir die schwierige Aufgabe uns für ein Team bzw. Thema zu entscheiden. Den letzten Tag verbrachten wir damit, die Aufgaben in den Teams zu verteilen. Dann war das Wochenende schon wieder vorbei, viele Fragen beantwortet, aber hauptsächlich freuten sich alle auf das Wiedersehen in 46 Tagen im Fraunhofer ICT und in 75 Tagen wieder in Adelsheim.

Bis dahin hatten wir noch viele Aufgaben zur Planung unseres Projektes zu erledigen. Die Ergebnisse dieser Planung sollten wir zur Exkursion ins Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT) mitbringen.

Unsere Exkursion

LUISE EVERS

Um 10.30 Uhr begann die Exkursion unseres TheoPrax-Kurses zum Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT), Pfinztal. Nach einer kurzen Begrüßung starteten wir auch schon mit dem ersten Programmpunkt, der aus einem kurzen Vortrag mit Informationen über das Fraunhofer ICT bestand. Ein Mitarbeiter des ICTs erklärte, dass die Hauptaufgabe der Fraunhofer Institute das Forschen in den Naturwissenschaften ist, jedoch sollen die Ergebnisse in die Wirtschaft als Produkt gelangen. Ebenfalls stellte er uns noch die verschiedenen Arbeitsbereiche und aktuellen Forschungsaufgaben des ICTs wie beispielsweise das TEM vor.

Da das TEM ein wichtiger Teil unseres Themas war, hatten unsere Kursleiterinnen mehrere Exemplare zur Veranschaulichung mitgebracht.

So lernten wir, dass die TEMs aus zwei dünnen Keramikplatten mit einem Geflecht aus Halbleitern in der Mitte bestehen. Wird eine Seite des TEMs erwärmt, entsteht ein Temperaturunterschied zwischen Seite 1 und 2, und daraus ergibt sich ein Stromfluss, den man sich zunutze machen kann. Dies geschieht aufgrund des Seebeck-Effekts, der mit seiner Anwendung unser Thema in den zwei Wochen der Science Academy war.

Nach dem kleinen einführenden Vortrag stand nun als nächstes die Präsentation der Ergebnisse zur Planung der einzelnen Gruppen auf dem Zeitplan. Jede Gruppe berichtete zu ihrem eigenen Thema. Diese Themen stehen jedoch alle unter dem Bereich „Seebeck-Effekt – Kreative Ideen zur Nutzung“. Unsere beiden Auftraggeber waren auch gekommen und hörten interessiert bei den Vorträgen über die bisherigen Ergebnisse unserer Teams zu und stellten gezielt Fragen zu den Themen und den von den Teams vorbereiteten Handouts, die mögliche Probleme und Verständnislücken aufdeckten und anschließend geklärt werden konnten. Schließlich wurde uns noch die Funktion der Kurbelwelle eines 4-Takt-Motors an einem Modell vorgestellt, da hier während des Eröffnungswochenendes einige Verständnisfragen aufgekommen waren.

Nachdem auch ebenfalls hier alle Punkte geklärt waren, traf der lang ersehnte Mittagsimbiss mit frisch belegten Brötchen ein. Bei einem Erdbeer-Käsebrötchen unterhielten wir uns über Zeugnisse und die bevorstehenden Sommerferien.

Im Anschluss an die Stärkung wurde das Programm mit der Vorführung eines Fahrzeugs des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt fortgesetzt. Dieses Fahrzeug ist eines der Ersten, bei dem ein TEM am Abgasstrang montiert wurde, um dessen Abwärme zu nutzen. Das Auto wurde so abgestellt, dass wir uns alles von unten anschauen konnten.

Nachdem wir die Anwendung der TEMs am Auto zur Restwärmenutzung gesehen hatten, wurde uns in einem Labor eine zweite Verwendungsmöglichkeit der TEMs vorgestellt. Forscher führen exotherme, also Wärme produzierende, Reaktionen in Behältern, die mit TEM

verkleidet waren, durch. Die TEMs agieren bei dieser Art von Anwendung als kleine Sensoren, die den Energieumsatz von chemischen Reaktionen messen.

Schließlich begaben wir uns wieder zurück in unseren Konferenzraum, in dem wir noch weitere Fragen und das Vorgehen bis zur Sommerakademie besprachen.

Nach einem anstrengenden, aber auch sehr effizienten Tag im ICT verabschiedeten wir uns und machten uns in einzelnen Gruppen wieder auf den Weg nach Hause.

Ablauf der Akademie

MARVIN SCHMOLL



Unser Weg zum Erfolg

Was kommt als nächstes? Haben wir morgen überhaupt Zeit für unsere Messungen? Solche Fragen kommen öfters vor, wenn man seine Zeit gut einteilen will. Doch kein Problem für unsere Kursleiter. Gleich bei unserem ersten Kurstreffen in der Sommerakademie stellten sie uns den Ablaufplan der gesamten Akademie vor (siehe Abbildung). Dazu wurden in

Form einer Wegstrecke vom Start bis zum Ziel Kärtchen an eine Planwand gehängt. Ein roter Pfeil wanderte dabei von Kärtchen zu Kärtchen und zeigte uns unser bis dahin erreichtes Arbeitspensum und was als nächstes geplant war. Bei der weiteren Gestaltung der Planwand konnte sich jeder mit kreativen Zeichnungen einbringen.

Grüne Kärtchen standen auf dem Plan für Theorieeinheiten. Blaue symbolisierten praktisches Arbeiten. Dabei durften wir dann endlich ran und das eben theoretisch Gelernte in die Praxis umsetzen oder an unseren Versuchen sowie deren Auswertung arbeiten. Die weißen und roten Kärtchen standen für wichtige Meilensteine in unserem Kurs bzw. der Akademie. Wie man gut erkennen kann, kamen erst einmal viele Theorieeinheiten. Dies nicht ohne Grund, denn schließlich mussten wir erst lernen, wie man ein Projekt überhaupt angeht. Vor allem mussten wir unser Angebot erarbeiten und ausfeilen, um die ersten beiden Meilensteine zu erreichen: Das Angebot und der Auftrag.

Nachdem diese Meilensteine erreicht waren, ging die Arbeit los. Wir bauten unsere Versuche auf und machten uns an viele Messungen, mit Ausnahme des Teams E³, welches keine Versuche durchzuführen hatte, dafür den Lehrfilm, die Modelle und die Plakate ausarbeiten und erstellen mussten. Gelegentlich kamen auch Theorieeinheiten oder Akademieereignisse wie das Sportfest hinzu. In der Mitte der Akademie konnten wir durch die Rotation eine Zwischenbilanz ziehen. Dabei präsentierten wir unsere bis dahin erzielten Ergebnisse den Akademieteilnehmern aus den anderen Kursen. Alle Teams waren mehr oder weniger im Zeitverzug, aber wir waren entschlossen, das durch noch größeren Fleiß wieder aufzuholen. So ging es rasend schnell durch die zweite Akademiewoche.

Gegen Ende wurden die „Messungen & Arbeit“-Kärtchen durch Arbeit am Abschlussbericht abgelöst und auf einmal war es soweit: Die Abschlusspräsentation stand bevor. Wir führten drei Generalproben durch und konnten somit zuversichtlich die Präsentation halten, die natürlich zur Zufriedenheit unserer Auftraggeber glückte. Danach war schon das letzte Kurs-

treffen der Sommerakademie und diese war – tatsächlich! – schon vorbei.

Projektmanagement

MARCO SCHÖNLEBER

„Projektmanagement ist die Gesamtheit von Führungsaufgaben, -organisation, -techniken und -mitteln für die Abwicklung eines Projekts.“ (DIN 69901) Mit dieser kurzen Norm wird eigentlich schon gesagt, was Projektmanagement ist. Im Projektmanagement geht es darum, alles, was das Projekt beinhalten soll, so zu koordinieren, dass man nicht mehr nur intuitiv und häufig mit Improvisation arbeiten muss, sondern alles in einer logischen Reihenfolge gegliedert ist und diese auch eingehalten wird. Jedes Projekt besteht dabei aus vier Phasen:

1. Start- und Definitionsphase. Der Anfang jedes Projekts. Hier wird festgelegt, welches Thema wir bearbeiten und welche Teams gebildet werden. Zudem macht man sich erste Gedanken über das Thema und sammelt Ideen.

2. Planungsphase. In dieser Phase werden alle, für das Projekt wichtigen, Pläne erstellt. Erst brauchten wir eine Zieldefinition, damit wir genau wussten, was überhaupt das Ziel unseres Projektes war. Dann folgte der Projektstrukturplan. In diesem ging es darum, alle notwendigen Arbeitsschritte zusammenzufassen und in einer logischen Reihenfolge zu gliedern. Daraufhin konnten wir einen Projektablaufplan entwerfen, dessen Zweck es war, allen, im Projektstrukturplan enthaltenen Aufgaben, genaue Zeitpunkte zuzuordnen. Das heißt, bis wann man mit einer bestimmten Aufgabe anfangen und bis wann sie fertig sein sollte. Im nächsten Schritt folgte eine Risikoanalyse, bei der es darum ging, Risiken zu erkennen und wenn möglich schon Lösungen zu finden, um diese zu umgehen.

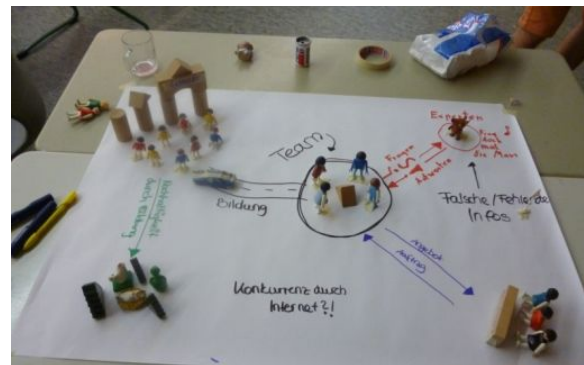
Als alle diese Pläne erstellt waren, und der Auftraggeber mit ihnen einverstanden war, bekamen wir den Auftrag und erst damit begann die 3. Phase, die Umsetzungsphase. In dieser Phase setzte man seine Pläne in die Tat um. Nur hier entstanden auch unsere Messungen.

In der vierten und letzten Phase, der Abschlussphase ging es darum, die ermittelten Daten in

unseren Abschlussbericht einzubringen. Außerdem hieß es, unsere gesamte Arbeit in unserer Abschlusspräsentation verständlich zusammenzufassen. Insgesamt war der Auftraggeber sehr zufrieden mit uns und unseren Ergebnissen, die in den Teams erarbeitet worden waren.

Systemische Landkarte

MARVIN SCHMOLL



Der Plan zum Erfolg: Die systemische Landkarte

Wie findet man heraus, wer alles auf ein Projekt Einfluss hat, macht sich bewusst, was man dabei beachten muss und hat dabei noch Spaß? Ganz einfach: Man zeichnet eine systemische Landkarte. Zeichnen? Das Wort ist vielleicht nicht ganz zutreffend, man gestaltet sie, trifft es eher.

Nachdem wir Überlegungen zu den oben genannten Fragen angestellt hatten, ging es ran ans Plakat! Dort zeigten wir die Beziehungen der Stakeholder zueinander auf. Stakeholder – das sind eben alle Personen, die Einfluss aus das Projekt haben – positiv wie negativ. Dazu gehörten sowohl die Auftraggeber, als auch die Mitglieder der jeweils anderen Teams. Mithilfe von Playmobil®-Figuren und Bauklötzen, Murmeln und anderem Spielzeug, das unsere Kursleiter in drei großen Kisten angeschleppt hatten, gestalteten wir unser Plakat. Alle Beziehungen konnten erkannt, dargestellt und visualisiert werden und ganz nebenbei wurde uns klar, wen wir bei Rückfragen kontaktieren könnten und wessen Interessen wir besser beachten sollten.

Die systemische Landkarte wurde nach der Fotorunde (Foto siehe oben) wieder abgebaut,

aber die Erkenntnisse, welche wir beim Arbeiten daran gewonnen hatten, halfen uns immer wieder weiter.

Ganzheitliche Betrachtung

PHILIPP WEISS

Bei dieser Theorieeinheit geht es, wie der Name schon sagt, nicht nur um die „lokalen“ Aspekte eines Produktes, wie zum Beispiel das Preis-Leistungs-Verhältnis, denn auch Aspekte wie Nachhaltigkeit werden in die Betrachtung einbezogen. Um diese nachzuvollziehen zu können, befassten wir uns zuerst mit den Punkten, die zur Nachhaltigkeit gehören: „Wirtschaft“, „Umwelt“, „Soziale Gerechtigkeit“, „Folgen des Fortschritts“.

Dafür verdeutlichten wir dies an einem Beispiel, welches von drei verschiedenen Fahrrädern handelt, die sich nur in den Materialien unterscheiden.

Das Erste ist aus Stahl und dadurch mit 14,5 kg vergleichsweise schwer, aber durch seine Stabilität hat es eine sehr lange Lebensdauer. Als weiteres Beispiel wird ein Alu-Fahrrad aufgeführt, dessen Gewicht schon eine deutlichere Verbesserung zum Stahl-Fahrrad darstellt. Zudem ist die durchschnittliche Fahrleistung pro Jahr bei dem Alu-Rad doppelt so hoch, nämlich 6000 km. Als Drittes wird ein Kohlefaser-Fahrrad mit in den Vergleich eingefügt. Das Kohlefaserrad-Rad ist zwar das leichteste und wird auch am meisten genutzt, aber es ist auch sehr teuer und hat nur eine halb so lange Lebensdauer wie das Stahl-Rad.

Doch allein das Preis-Leistungsverhältnis reicht hier nicht aus. Deshalb befassten wir uns als nächstes mit dem Treibhauspotential für alle drei Fahrradvarianten. Das Potential setzt sich aus zwei Werten zusammen: Einmal aus dem Potential, das bei der Herstellung durch Energie- und Materialverbrauch entsteht und einmal aus dem durch Recycling Eingeparteten. Im Schnitt schneidet hier das Stahl-Fahrrad am besten ab. Extrem ungünstig ist die Kohlefaser-Variante die ein 10-faches an Treibhausgasen freisetzt. Ebenso sieht es bei dem Versauerungspotential aus, auch hier schneidet das Stahl-Fahrrad am besten ab. Beim primären Ener-

giebedarf belegt das Stahl-Fahrrad den ersten Platz. Der Vergleich zeigt, dass das Kohlefaser-Rad bei den nachhaltigen Aspekten relativ schlecht abschneidet, die etwas bessere Lösung scheint dann das Alu-Rad zu sein und doch wie es schon ersichtlich ist, ist das Stahl-Rad anscheinend die beste Wahl. Als nächstes wird dann das Treibhauspotential auf die durchschnittliche Fahrleistung verteilt.

Dabei fällt auf, dass nun das Alu-Fahrrad am umweltfreundlichsten ist. Wenn man jetzt noch die Kosten für die Herstellung, Wartung und Entsorgung auf die Fahrleistung umrechnet, liegen das Alu- und das Stahl-Fahrrad auf gleicher Linie. Schließlich lässt sich sagen, dass das Alu-Rad bei durchschnittlicher Nutzung am effektivsten ist. Es kommt aber auch darauf an, welche Anforderungen man an das Rad stellt. Für einen Radrennfahrer zählen natürlich andere Kriterien als für Hobbyradler.

Und genau deshalb ist es wichtig, dass man weiß, was jedes Rad für Vor- und Nachteile in der Produktion sowie der Wiederverwertung hat.

Kommunikation

JULIAN RUSS

Kommunikation ist aus unserer Gesellschaft nicht mehr wegzudenken. Sie zählte somit zu den wichtigsten Themen während der Science Academy, denn für zielführende Projektarbeit in unseren Teams war gute und gelingende Kommunikation und Vertrauen unabdingbar. In einem extra dafür vorgesehenen Theoriemodul erarbeiteten wir uns die Grundlagen „guter Kommunikation“, sodass in der Gruppenarbeit Missverständnisse durch fehlende Absprache verhindert werden konnten. Das neu erlernte Wissen wurde direkt in einem Spiel angewandt. Eine Person der Gruppe erhielt die Aufgabe ein Bild, das nur er sieht, den anderen drei Gruppenmitgliedern so zu beschreiben, dass sie es nachzeichnen konnten. Leider gab es erhebliche Unterschiede zu den Originalen, doch die Grundstruktur war bei allen zu erkennen. Aber wie man so schön sagt: Aus Fehlern lernt man. Wir begriffen, dass Kommunikationsprobleme durch genaueres Beschreiben der Aufgaben ver-

hindert werden können.

Die Kommunikationsspiele verbesserten nicht nur die Verständigung untereinander, sondern machten auch riesigen Spaß und förderten das Gruppenklima ungemein. So konnten wir uns jeder Herausforderung stellen und Probleme sachlich diskutieren, sodass jeder mit dem Resultat zufrieden war.

Restwärmenutzung, eine aktuelle Fragestellung

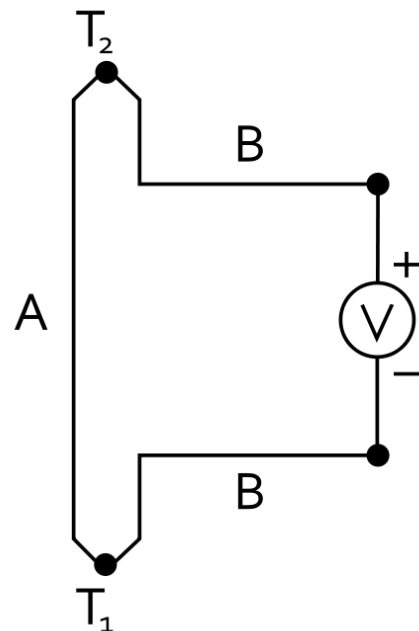
MARCO SCHÖNLEBER

Bei vielen Vorgängen, die mit Energieumwandlung einhergehen, entsteht Restwärme. Das ist thermische Energie, die z. B. durch Reibung entsteht. Die Gesamtenergie in einem geschlossenen System bleibt zwar konstant, wie man dem Energieerhaltungssatz entnehmen kann, wird aber oftmals ungenutzt an die Umwelt abgegeben. Das senkt natürlich den Wirkungsgrad eines Energieumwandlers, so dass hierbei viel Energie z. B. in Form von Wärme verloren geht. Ein Beispiel dafür, das jeder kennt, ist der Verbrennungsmotors, bei dem ca. 60 % der Energie „verheizt“, also ohne weiter verwendet zu werden, ausgestoßen wird.

Da alle Rohstoffe aber immer knapper werden, sollte man sie besonders effizient nutzen, also die entstandene Restwärme wieder in eine für uns nutzbare Energieform bringen. Diese sogenannte Restwärmenutzung ist bis zum heutigen Stand ein noch nicht so stark ausgeprägtes Forschungsgebiet, nicht zuletzt, da die Problematik der Ressourcenknappheit erst in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen hat. Die angestrebten technischen Einsatzgebiete sind vor allem die Motortechnik, da dort, wie oben genannt, viel Restwärme entsteht. Zusätzlich wird auch in der Luft- und Raumfahrtstechnik auf diesem Themengebiet geforscht, da dort die großen Temperaturdifferenzen (niedrige Außentemperaturen, hohe Arbeitstemperatur) vorliegen und die Restwärmenutzung z. B. zur Versorgung der Bordelektronik genutzt werden kann.

Seebeck-Effekt

HENDRIK SCHILLINGER



Darstellung des Seebeck-Effekts¹

Wenn ein Auto fährt, erhitzt sich der Motor. Meistens entsteht bei einem Energieumwandlungsprozess, z. B. beim Autofahren, Wärme, die man ungenutzt an die Umwelt abgibt. Diese nennt man Restwärme. Doch diese kann teilweise in Strom umgewandelt werden. Dies ist durch den Seebeck-Effekt möglich, welcher von einem TEM genutzt wird. Der Seebeck-Effekt macht es möglich, aus einer Temperaturdifferenz eine elektrische Spannung zu gewinnen. Er wurde nach Johann Peter Seebeck benannt, der ihn 1821 zufällig entdeckte.

Dieser Effekt kann folgendermaßen beschrieben werden:

Man kühlt in einem Stromkreislauf eine Stelle eines Metalles und erhitzt eine andere Stelle. Nun bewegen sich die Elektronen ungeordnet hin und her. Wenn sie aber an die kalte Seite (T_1) stoßen, verlieren sie einen Teil ihrer Energie und bewegen sich nur noch langsam. Somit bleiben sie lange an der kalten Seite und erreichen vorerst nicht die warme Seite. Wenn

¹Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Ken_g6/Omegatron / CC BY)

sie hingegen an die heiße Seite (T_2) stoßen, gewinnen sie an Energie und bewegen sich sehr schnell, sodass es nicht lange dauert, bis sie die kalte Seite erreichen. Deshalb sammeln sich die Elektronen nach kurzer Zeit an der kalten Seite.

Da nun an der kalten Seite mehr Elektronen vorhanden sind, hat diese Seite einen Elektronenüberschuss und ist negativ geladen. An der heißen Seite befinden sich nun weniger Elektronen, es herrscht ein Elektronenmangel, und somit ist diese Seite positiv geladen. Man kann nun eine elektrische Spannung ablesen. Schließt man den Stromkreis, gleicht sich der Elektronenunterschied aus, und es fließt elektrischer Strom, der mit einem Verbraucher V genutzt werden kann. Die Spannung nimmt mit steigender Temperaturdifferenz zu.

Eine Besonderheit des Seebeck-Effekts ist, dass er auch umkehrbar ist. In dem Fall bedeutet das, dass ein elektrischer Stromfluss eine Temperaturdifferenz erzeugt. Dieses Phänomen ist als Peltier-Effekt bekannt und wird vorwiegend zum Kühlen, aber auch zum Heizen eingesetzt.

Thermoelektrisches Modul

JULIUS WILlich

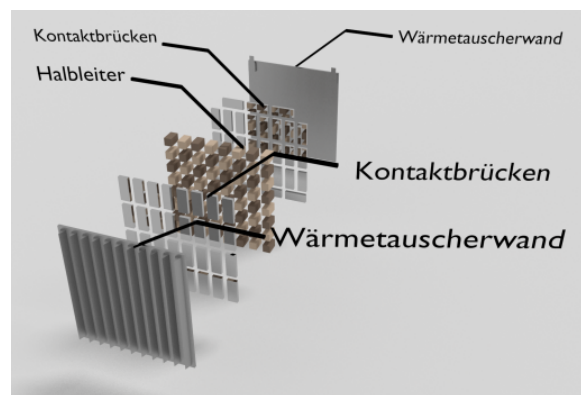
Das thermoelektrische Modul war zentrales Thema unserer Forschung. Es ist ein Bauteil, das thermische Energie in elektrische, nutzbare Energie umwandelt. Das Modul besteht im genaueren aus zwei Keramikplatten, zwischen die Halbleiterbrücken angebracht sind.

Halbleiter werden deswegen an Stelle von Metallen zur Umsetzung des Seebeck-Effektes verwendet, weil sie der beste Kompromiss zwischen guter elektrischer Leitfähigkeit σ , gutem Seebeck-Koeffizienten S und schlechter Wärmeleitfähigkeit λ , sind. Diese Größen spielen alle drei eine wichtige Rolle zur effizienten Stromerzeugung. Aus diesen Werten kann man die Gütezahl ZT berechnen. Sie drückt aus, wie gut ein Material für den Einbau in ein TEM geeignet ist. Da eine Energieumwandlung nie einen Wirkungsgrad von 100 % erreicht, werden beim ZT -Wert die oben genannten Werte

mit der Temperatur in Beziehung gesetzt:

$$ZT = \frac{\alpha^2 \cdot T \cdot \sigma}{\lambda}$$

Wie schon erwähnt haben sich unsere Versuche rund um das TEM gedreht. Die unterschiedlichen Gruppen haben dabei verschiedene Aspekte in der Funktion des TEM behandelt. Bei der Arbeit mit diesen Bausteinen mussten wir vorsichtig sein, da die TEMs empfindlich sind und durch zu große Hitze kaputt gehen können. Sie nehmen sehr schnell die Hitze auf und konnten somit nur kurz auf die Heizquelle gelegt werden. Daher war rasches Arbeiten angesagt!



Aufbau eines Thermoelektrischen Moduls

Der Motor – 110 Pferdchen zum Greifen nahe

PHILIPP WEISS

Nun, was hat ein Motor mit unserem Thema „Seebeck-Effekt“ zu tun?

Bei der Verbrennung des Treibstoffes im Motor entsteht sehr viel Abwärme, die ungenutzt an die Umgebung abgegeben wird. Durch TEMs kann man diese Energie nutzbar machen.

Um die Realitätsnähe unseres Themas zu begreifen, wurde uns ein ausgebauter Motor von einem unserer Auftraggeber zu Verfügung gestellt, an welchem wir die Entstehung der Temperaturen direkt vor Ort beobachten konnten. Der erhaltene Motor war in einem Gerüst eingehängt, sodass wir ihn von allen Seiten besichtigen konnten. Bevor das Herz eines etwas älteren Golf V zu Lehrzwecken ausgebaut wurde, brachte es 110 PS auf die Straße. Das Schöne

an diesem Lehrmotor war die offene Darlegung der ganzen Bauteile. So konnten wir alles gut sehen und die Funktionen der einzelnen Komponenten schnell und einfach verstehen. Als wir den Motor anwarfen, konnten wir mit Staunen bewundern, was die Motorhaube normalerweise verdeckt. Für experimentelle Zwecke wurde die Bremse der Vorderradantriebsachse nicht abmontiert, so konnten wir den Motor belasten, und dadurch erhitze er sich schneller.



Die 110 Pferde

Während der Motor lief, maßen wir mit einem Infrarot-Thermometer die Temperatur an den Abgasleitungen und stellten fest, dass schon innerhalb weniger Sekunden die Temperatur der Metallrohre rasch anstieg. Das Ganze verdeutlichte nochmals wie viel Energie bei einem Verbrennungsmotor durch ungenutzte Abwärme verloren geht, denn ein Auto fährt nur mit einem Drittel der Energie, die durch den Brennstoff zur Verfügung gestellt wird. Durch TEMs im Abgassystem könnte man folglich einen Teil der Energie der Restwärme nutzen und dadurch Strom zur Nutzung im Auto wie zum Beispiel für die Bordelektronik erzeugen. So wird Benzin gespart, der Geldbeutel geschont und die Umwelt entlastet.

Team E³

STEPHANIE AIDOO

Am Eröffnungswochenende wurde das Überthema in drei Unterthemen gespalten und auf die drei Teams verteilt. Während Energy-Control und Energy-Payback ihre Endergebnisse durch aufwendige Experimente und Messungen erarbeiten mussten, wurde Team E³ dies erspart.

Unsere Aufgabe bestand aus der Ausarbeitung einer mobilen Lernstation, die in Schulen zur Erklärung des Seebeck- und Peltier-Effektes genutzt werden kann. Zunächst stellte uns dies vor einige Probleme beim Definieren, was überhaupt Teile unserer Lernstation sein sollten. Nach viel Kreativität und Diskussion stand am Ende jedoch fest: Wir wollten eine Lernstation entwickeln, die Schülern ab der achten Klasse, die Effekte selbstständig erklären und näher bringen soll! Die Station sollte aus einem Lehrfilm, aus Modellen und aus interaktiven Plakaten, an denen die Schüler das erlangte Wissen prüfen können, bestehen. Natürlich achteten wir hier auch darauf, dass alles mobil gestaltet wurde.



Der Lehrfilm sollte aus einer Animation und einem kurzen Dokumentarfilm über die Arbeit der anderen Teams bestehen. Aus zeitlichen

Gründen musste der Dokumentarteil aber leider gestrichen werden. Übrig blieb also nur die Animation. Hier machten wir uns zuerst viele Gedanken über das, was wir darstellen wollten und fassten unsere Ideen in einem Skript zusammen. Dann begannen wir, mit der 3D-Animationssoftware Blender 2.68 und mit der Bildbearbeitungssoftware Gimp 2.8.6 den Lehrfilm zu modellieren/animieren. Wir experimentierten zunächst mit Würfeln und Kugeln, bis wir wussten, wie wir sie zu dem gewünschten Objekt zusammenfügen konnten, modellierten die Modelle und färbten sie anschließend ein. Als nächstes fügten wir Licht und Bewegung hinzu und vervollständigten das Ganze mit einem selbst gesprochenen Synchronisationstext. Dieser hatte die Aufgabe die Vorgänge im Film zu erklären und den Schülern weitere Informationen zu geben.



Ein Thermoelektrisches Modul

Gleichzeitig mit der Bearbeitung der Animation wurden die Modelle und Plakate angefertigt. Die Modelle wurden aus EPP (Extended Polypropylene) angefertigt, das viel kompakter und stabiler als zum Beispiel Styropor® ist. Für das erste Modell sammelten wir zuerst Vorschläge und Ideen und hielten sie mit Hilfe von Skizzen fest. Die Maße für die Bauteile, welche aus den Skizzen hervorgingen, schickten wir an das Fraunhofer ICT, wo sie für uns in die gewünschten Größen zugeschnitten wurden.

Vor dem Zusammenfügen der Bauteile zu einem einheitlichen Modell, bemalten wir die Bauteile zur besseren Veranschaulichung mit Acrylfarbe. Dabei stellten die Farben Hellbraun die n-dotierten Halbleiter, Dunkelbraun die p-dotierten Halbleiter, Rot die Heißeite und Blau die Kaltseite des TEMs dar. Die Farben wurden sowohl in dem Film als auch auf den Plakaten gleich gehalten. Nach dem Trocknen der Farbe fügten wir die einzelnen Bauteile mit speziellem Styropor-Kleber zu einem Modell zusammen. Zur Simulation des Stromflusses befestigten wir jeweils einen Draht, welcher ein Stromkabel darstellen sollte, an den Seiten des Modells und beschrifteten die obigen weißen Verbindungsstücke mit Pfeilen, die die Stromflussrichtung zeigen sollten. Die blaue Platte wurde nur darauf gelegt und nicht geklebt, weil sie für Schüler zum besseren Verständnis abnehmbar sein sollte.



Eine Halbleitereinheit

Beim zweiten Modell sind wir ähnlich vorgefahren. Die Bauteile mussten wir allerdings selbst aus einem EPP-Block mithilfe eines unter Strom gestellten und sich dadurch erheizenden Drahtes ausschneiden. Auch sie wurden mit den ent-

sprechenden Farben bemalt und anschließenden zusammengeklebt. Um die Elektronen, ihre Fließrichtung und die Spannung zu symbolisieren, brachten wir kleine Styropor-Kügelchen, Pfeile und ebenfalls zwei Drähte als Stromkabel an.

Die Plakate sollten zur zusätzlichen Erklärung und Illustration der Themen Seebeck-Effekt, Halbleiter und Thermoelektrisches Modul dienen. Zunächst fertigten wir Zeichnungen an, die wir dann auf die Plakate neu zeichneten oder klebten. Um den Schülern beim Lesen der Plakate gleichzeitig auch eine interaktive Aufgabe bieten zu können, versetzten wir die Erklärungstexte mit Wortlücken, in die von Schülern kleine Kärtchen mit Schlüsselbegriffen eingeordnet werden können.

Team Energy-Control

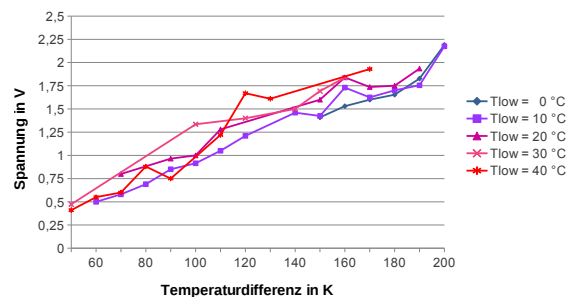
MARVIN SCHMOLL

Die Aufgabe unseres Teams Energy-Control war es, herauszufinden wie sich eine Veränderung der Temperatur auf den Energieertrag des TEMs auswirkt. Dazu wollten wir Messreihen durchführen und die daraus hervorgegangenen Ergebnisse grafisch darstellen, sowie interpretieren. Vom Eröffnungswochenende an war es also unsere Aufgabe, uns nicht nur einen Versuchsaufbau, sondern auch sinnvolle Temperaturbereiche für unsere Messungen zu überlegen, womit wir zuerst begannen. Es erschien uns kaum sinnvoll, tiefer als 0°C zu gehen, da solche Temperaturen im Alltag auch eher selten anfallen. Außerdem konnten wir somit Eiswasser für die Kühlung verwenden, was uns den Versuchsaufbau erheblich vereinfachte. Weil die obere Temperaturgrenze für das TEM mit 250°C angegeben war, legten wir unsere Messobergrenze auf 210°C , um das TEM nicht durch zu heiße Temperaturen zu gefährden.

Zuerst hatten wir einen computergesteuerten Versuchsaufbau geplant, der jedoch daran scheiterte, dass sich die Temperaturen von Heißeite und Kaltseite zu schnell ausglich. Wir brauchten also einen neuen Versuchsaufbau, bei dem dieses Problem nicht auftreten würde. Auf eine Heizplatte legten wir ein Kupferplättchen, das die Hitze möglichst direkt und gleich-

mäßig an das TEM bringen sollte. Auf diese Kupferplatte legten wir das TEM, auf welches wir ein Becherglas mit Eiswasser zur Kühlung stellten.

Entscheidend war bei diesem Versuch, dass wir erst sowohl die Heißeite, als auch die Kaltseite auf die gewünschte Temperatur brachten und dann erst das TEM platzierten, sodass sich die Temperaturen nicht vor der Messung zu stark ausglich. Leider hatte diese Messmethode auch Nachteile, die vor allem darin bestanden, dass sie sehr langsam und nicht so genau war, wie wir es uns von der Computermethode erhofft hatten. Wir mussten also bis fast zum Ende der Akademie messen und hatten noch immer nicht alle nötigen Ergebnisse.



Auswertung Team Energy-Control

In den letzten Tagen widmeten wir uns dann komplett der Auswertung. Auch hier traten wieder Probleme auf, da die Ergebnisse enorm schwankten. Allerdings konnten wir mittels Excel den Mittelwert berechnen und schließlich alles in ein Diagramm einfügen. Endlich konnten wir jetzt – nicht ohne Stolz – feststellen, dass unsere Arbeit nicht umsonst gewesen war. Aus unserem Diagramm (siehe Abbildung) konnte man zwei wichtige Informationen ableiten:

- Alle Kurven steigen. Also wird der Energieertrag mit zunehmender Temperaturdifferenz größer.
- In dem Diagramm kann man sehen, dass die roten Kurven höher liegen als die blauen Kurven. Rote Kurven stehen für eine Temperaturdifferenz und eine höhere mittlere Temperatur. Also ist es besser ein TEM bei 40°C und 200°C zu verwenden, als wenn man es z. B. bei 0°C und 160°C verwenden würde.

Obwohl wir schon so manches Mal an unserem Erfolg gezweifelt hatten, konnten wir am Ende der Akademie sagen, dass wir unserem Auftraggeber brauchbare Informationen geliefert haben und in der Präsentation stolz von unseren Ergebnissen berichten.

Team Energy-Payback

JULIAN RUSS

Zentrales Thema bei Team Energy-Payback war das TEM und seine Effizienz. Fragestellung war: „Wie verändert sich der Wirkungsgrad eines thermoelektrischen Moduls unter Einfluss von Druck und unter Verwendung von Wärmeleitpaste?“

Wir führten zwei Messreihen durch: Die erste Messreihe wurde ohne Verwendung von Wärmeleitpaste, aber mit steigendem Druck und die zweite mit Wärmeleitpaste und steigendem Druck durchgeführt. Dafür mussten bei jeder Messung, die aus reproduzierbaren Gründen mehrmals durchgeführt wurden, die gleichen Gegebenheiten hergestellt werden.



Versuchsaufbau

Vorversuch

Bevor wir mit dem eigentlichen Versuch begannen, führten wir mehrere Tests mit dem TEM durch. Dabei einigten wir uns darauf, dass wir immer nach 5 Sekunden die Spannung ablesen und Becherglas und TEM in regelmäßigen Abständen austauschen.

Versuchsaufbau

Die Abbildung zeigt unseren Versuchsaufbau. Zur Kühlung der einen Seite des TEMs verwendeten wir 250 ml von einem Gemisch aus 20 g Kochsalz und Eiswasser. Damit erreichten wir eine konstante Temperatur von -5°C . Die zweite Seite des Moduls wurde mit Hilfe einer Heizplatte, auf der eine Kupferplatte lag, auf 230°C aufgeheizt. Es wurden Gewichte von 250, 500, 1000, 2000 und 3000 g verwendet, das entspricht Kräften von 2,45 N, 4,91 N, 9,81 N, 19,62 N und 29,43 N.

Durchführung

Zu Beginn der Versuchsdurchführung haben wir durch mehrere Kontrollmessungen sichergestellt, dass die Temperaturen des Eiswassers und der Heizplatte dem Sollwert entsprechen.



Temperaturmessung

Im nächsten Schritt haben wir das mit den entsprechenden Gewichten beschwerte TEM mit der Kaltseite nach oben auf die Heizplatte gelegt. Nach 5 Sekunden wurde die Spannung von dem Voltmeter abgelesen und notiert. Nach



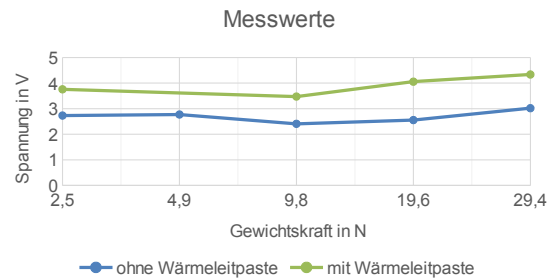
Gewichte auf das TEM

Austauschen von Becherglas und TEM wurde der Ablauf wiederholt. Bei der zweiten Messreihe sind wir ähnlich vorgegangen, nur dass nun zwischen heißer Kupferplatte und TEM Wärmeleitpaste aufgetragen wurde. Dafür wurden jeweils 0,2 ml Wärmeleitpaste mit Hilfe eines Spatels gleichmäßig auf das TEM aufgetragen.

Ergebnisse

Alle unsere Messwerte haben wir in einem Diagramm, das in der Abbildung zu sehen ist, zusammengefasst. Dabei haben wir jede Messung mindestens fünfmal durchgeführt und dann den Mittelwert aus allen Ergebnissen gebildet. In der so entstandenen Grafik kann man erkennen, dass bei der Messreihe ohne Wärmeleitpaste nur mit der variablen Kraft die Spannung durchschnittlich bei ca. 2,7 Volt mit 2,45 N liegt. Bei 4,91 N Belastung steigt die Spannung dann auf ca. 2,8 Volt. Danach folgt ein Tiefpunkt bei 9,81 N, wobei nur 2,4 Volt generiert werden. Anschließend steigt die Spannung kontinuierlich mit zunehmender Kraft wieder an, wie im Diagramm zu sehen ist. Bei 19,62 N

werden durchschnittlich 2,6 Volt gemessen und bei 29,43 N sogar 3,0 Volt.



Die Spannung in Abhängigkeit von der Kraft

Die zweite Kurve, die von den Messungen mit Wärmeleitpaste stammt, verläuft fast parallel zur ersten Kurve, nur dass die Spannung deutlich höher ist. Bei 2,45 N Belastung werden 3 Volt erzeugt. Auch hier erfolgt der Tiefpunkt wieder bei 9,81 N mit ca. 3,5 Volt. Bei 19,62 N Kraft auf das TEM generiert es eine Spannung von 4 Volt und bei 29,43 N eine Spannung von ca. 4,3 Volt.

Interpretation

Die Ergebnisse zeigen, dass der Wirkungsgrad durch höheren Druck und Wärmeleitpaste gesteigert wird. Dabei zeigt sich, dass sich der Wirkungsgrad mit steigender Anpresskraft erhöht. Unklar ist das Minimum bei ca. 10 N. In Verbindung mit Wärmeleitpaste erhöht sich der Wirkungsgrad des TEM erneut deutlich.

Folglich ist der Wirkungsgrad bei einem möglichst starker Kraft und mit Verwenden von Wärmeleitpaste am höchsten.

Probleme und ihre Lösungen

REBEKKA HOMBURG

Wo experimentiert wird, gibt es natürlich auch Probleme – so auch bei uns. Einige davon sind vorhersehbar, andere allerdings nicht. Eine Problemanalyse sollte uns dabei helfen, die Schwierigkeiten zu erfassen und nach einem Plan B zu suchen, um auf Schwierigkeiten schnell reagieren zu können. Doch am Ende der Akademie stellten wir fest, dass deutlich mehr Probleme und Schwierigkeiten aufgetreten waren, als wir

erwartet hatten. Ein Problem, mit dem wir fest rechneten, war ein Technikausfall. Team Energy-Control entwarf schon im Zeitraum vom Eröffnungswochenende bis hin zu den zwei Wochen im Sommer einen Versuchsaufbau, welcher völlig computergesteuert und -überwacht war. Während der Akademie verursachte die Technik jedoch Probleme, denn entweder lag eine zu geringe Heizleistung oder eine zu hohe Kühltemperatur vor. Der neue Aufbau war einfacher, denn es wurde mit Eiswürfeln gekühlt und mit einer Herdplatte geheizt. Das hatte den Nachteil, dass die Temperaturwerte der Heiß- und Kaltseite stark schwankten, da die Eiswürfel im Becherglas auf der Herdplatte schnell schmolzen und die Temperatur so nicht konstant war.

Womit wir auch schon beim nächsten Problem wären. Die beiden Teams, die gemessen haben, hatten anfänglich Probleme mit stark schwankenden Ergebnissen. Wenn man das Ergebnis möglichst genau und repräsentativ haben möchte, braucht man reproduzierbare Werte. Was also tun? Vor den eigentlichen Messungen haben wir uns zusammen mit den Kursleitern und den Auftraggebern einen Plan B für einen solchen Fall überlegt. Anstelle von den zwei im Angebot erwähnten Messungen führten wir also mindestens fünf durch. Das hatte den Vorteil, dass wir aus diesen Ergebnissen den Mittelwert ausrechnen und somit Schwankungen ausgleichen konnten.

Eines unser größten Probleme war der Zeitdruck, denn leider ist die Akademie zeitlich auf zwei Wochen beschränkt. Wir hatten deutlich weniger Zeit als erwartet, die wir so effektiv wie möglich einteilen und nutzen mussten. Daraufhin überlegten wir uns in den Teams noch einmal, welche, der in unserem Angebot geschriebenen Ergebnisse, unentbehrlich sind und welche nicht. Also hat jedes Team die wichtigsten und bedeutendsten Ergebnisse ausgewählt, der Rest rückte zunächst in den Hintergrund. So kamen wir trotz Zeitdruck alle an unser Ziel.

Selten kam es zu Streitereien, wenn doch, dachte man sich eine gemeinsame Methode aus und kam zu dem Entschluss, miteinander zu sprechen und sich wieder zu vertragen. Zum Glück hatten wir tolle Kursleiter und -mitglieder, die

uns bei allen Problemen geduldig zur Seite standen! So lernten wir, fachlichen Diskussionen von privaten zu trennen und auch die privaten sachlich auszutragen.

Ein Problem, mit dem wir zunächst überhaupt nicht gerechnet hatten, war die Auftragsänderung in Team „Energy-Payback“. Als am Eröffnungswochenende die Aufgaben verteilt wurden, notierten wir uns schon fleißig unsere Ideen zur Nutzung des Seebeck-Effektes im Alltag. Das Grundgerüst stand nach der Exkursion zum Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (Pfinztal) und die Materialien waren bei den Kursleitern bestellt. Zu Beginn der Sommerakademie wurde uns jedoch gesagt, dass für die Auftraggeber etwas anderes von größerem Interesse sei. Also arbeiteten wir uns in das neue Thema ein und entwickelten einen neuen Versuchsaufbau.

Auch im Team E³ gab es Probleme, denn der Computer wurde beim Formatieren der Animation überlastet. Als Lösung wurde die Arbeit auf zwei Computer verteilt, was gut funktionierte, aber nur durch das Miteinander im Kurs möglich war. Es gab in unserem Kurs nicht nur Technikausfälle, auch Kursteilnehmer fielen ab und zu kurzzeitig aus. Wenn dies der Fall war, wurden die Aufgaben dieser Person auf die anderen Gruppenmitglieder verteilt. Mit viel Enthusiasmus wurden auch diese Probleme gemeinsam gelöst.

Zusammenarbeit im Team war der Schlüssel zum Erfolg – auch bei der Lösung der zahlreichen anderen Probleme, die uns auf unserem Weg begleiteten.

Abschlusspräsentation

LEA ZIMMER

Ganze zwei Wochen haben die einzelnen Teams an ihren Projekten gearbeitet, um ihre Ergebnisse bei der Abschlusspräsentation vorstellen zu können.

Bis einschließlich Montagvormittag der zweiten Akademiewoche beschäftigten wir uns mit der Ausarbeitung des Abschlussberichts unseres Projekts. Erst am Nachmittag begannen wir mit der Vorbereitung der Präsentation, die

wir als 12er-Gruppe präsentieren sollten. Zusätzlich teilten wir auf diesem Weg unseren Auftraggebern die Forschungsergebnisse unserer Arbeit mit. Selbstverständlich waren die Inhalte und alle Ergebnisse bereits vorhanden, doch sowohl die Aufteilung, als auch die Gestaltung mussten noch vorgenommen werden. Schnell wussten wir, dass wir Powerpoint verwenden wollten und wer welchen Teil unserer Arbeit vorstellt, doch unsere Kursleiter wiesen uns immer wieder auf einen kreativen Einstieg hin, an dem es lange haperte.

Die erste unserer drei Generalproben sollte am Dienstagvormittag stattfinden. Die Wichtigkeit dieser Übung wurde uns erst im Nachhinein bewusst und wir erkannten die Notwendigkeit, denn nach dieser 45-minütigen Vorstellung war uns allen klar, dass es noch einiges zu verbessern gab.

Nach dem konstruktiven Feedback der Leiter und weiterer Zeit zur Verbesserung, konnte man nach der zweiten Probe von einer gelungenen Präsentation sprechen. Nun konnten wir gelassen und voller Vorfreude ins Bett gehen und hatten am nächsten Tag genug Kraft und Energie.

Nach dem allerletzten Feinschliff und einer dritten Generalprobe startete die Abschlusspräsentation. Wir 12 TheoPraxler standen zusammen schick und mit mehr oder weniger Aufregung vor einem zahlreichen Publikum. Viele Eltern, einige Lehrer und auch einzelne Teilnehmer anderer Kurse waren anwesend, um uns zuzuhören. Auch die wichtigsten Gäste, unsere Auftraggeber, fehlten bei dem Vortrag nicht.

Wir fesselten die Zuhörer zunächst durch einen gelungenen Einstieg, bevor mit der Einführung in den TheoPrax-Kurs begonnen wurde. Erst nachdem das Publikum über Projektmanagement aufgeklärt worden ist, stellten wir unser Projektthema „Seebeck-Effekt – Kreative Ideen zur Nutzung“ kurz vor.

Nach der Erläuterung des Seebeck-Effekts wurde der Lehrfilm zur Funktionsweise des TEMs von Team E³ dargeboten. Anschließend wurde von unserer Exkursion an das Fraunhofer ICT in Pfinztal berichtet. Die Zusammenhänge zwischen einem Verbrennungsmotor und der Restwärmenutzung mit unserem Thema wurde

im Folgenden erklärt.

Danach begann der Hauptteil unserer Präsentation, welcher aus der eigentlichen Projektarbeit bestand. Teamweise aufgeteilt starteten wir mit der Arbeit des Teams „E³“. Sie entwickelten eine mobile Lernstation für Schüler. Daraufhin gab es genauere Informationen zu Team „Energy-Control“. Die Gruppe beschäftigte sich mit der Auswirkung absoluter Temperatur und Temperaturdifferenz auf die Leistung des TEMs. Schließlich das Team „Energy-Payback“, welches es sich zur Aufgabe machte, die Veränderungen des TEMs mit Druck und Wärmeleitpaste zu erforschen.



Aufgereiht und aufgeregt bei der Abschlusspräsentation

Speziell unsere Auftraggeber waren an aufgetretenen Problemen und deren Lösungen interessiert. Nach einer abschließenden Zusammenfassung unseres Projektes, dankten wir den unterstützenden und beteiligten Personen.

Der Beifall des Publikums war groß, und wir waren alle stolz auf diese gelungene Präsentation.

Fazit

CHARLOTTE SIEGMANN

Am Ende der Akademiezeit angelangt, können wir nun eine Lernstation für Schüler ab der 8. Klasse vorweisen. Sie umfasst interaktive Plakate, zwei anschauliche Modelle des TEMs und einen Lehrfilm zum Thema Seebeck-Effekt und TEM.

Außerdem haben wir durch die Messungen während der Science Academy herausgefunden, dass das TEM besonders effizient ist, wenn sowohl der Temperaturunterschied, als auch die mittleren Temperaturen des anliegenden Temperaturunterschiedes besonders hoch sind. Hilfreich sind zusätzlich ein möglichst hoher Druck und die Anwendung von Wärmeleitpaste.

Mit diesen Ergebnissen können wir uns zwar erst einmal stolz zurücklehnen, allerdings sind wir alle zutiefst traurig, dass diese zwei wirklich tollen Wochen so schnell verflogen sind. Könnten wir es uns aussuchen, würden wir gerne noch einmal zwei zwar arbeitsreiche aber lohnende Wochen in der Akademie verbringen.

Nach vielen Übungsversuchen können wir alle den Seebeck-Effekt erklären. Wir haben erfahren, dass nette Leute und ein gutes Thema der beste Weg zum Erfolg sind. Wir im TheoPrax-Kurs wissen nun, wie man ein Projekt strukturiert und organisiert. Außerdem wissen wir, wie man mit einem unter Strom stehenden Draht Styropor durchschneidet, und dass ein bisschen Druck zum Alltag gehört. Manchmal sind die Probleme sehr schnell gelöst, manchmal dauert es etwas länger oder man benötigt mehrere Anläufe. Probleme haben ihren Ursprung häufig in der Technik. Dass ein Vierzylindermotor und ein Viertaktmotor nicht das Gleiche sind, ist jetzt allen klar.

Wir können nun sagen, dass es ein schönes Gefühl ist, der Sieger des Sportfestes zu sein. Erfahren haben wir, dass es Spaß macht und einen mit Stolz erfüllt, sein Projekt am Abschlusstag vorzustellen und dass TheoPrax sowieso der coolste Kurs ist. Wir können jetzt nach ausgiebiger Probezeit sagen, dass Süßigkeiten in jeder uns erdenklichen Situation die Stimmung auflockern können. Und leider wissen wir jetzt, dass zwei Wochen Akademie sehr schnell vorbeigehen, die Zeit, bis wir uns wieder sehen allerdings sehr langsam.

Diese und viele weitere Erkenntnisse, aber auch viel Spaß in einem Team, haben wir während dieser wunderschönen zwei Wochen erleben dürfen und dafür danken wir ganz herzlich den M&M&Ms – Monika, Marielouise und Marcel – die uns bis zum erfolgreichen Ende zur Seite standen und, wenn wir mit dem Zeitplan voll-

kommen hinterher waren, uns zur Eile aufriefen. Außerdem wollen wir uns bei allen Personen bedanken, die sich die Zeit nehmen, unsere Dokumentation zu lesen, um sich so einen Einblick in die wunderbaren Tage der Science Academy zu verschaffen. In diesem Fall muss noch eines gesagt werden:

TheoPrax – Theoretisch. Praktisch. Gut!

Kursübergreifende Angebote und weitere Veranstaltungen

Die Musik-KüA und der Hausmusikabend

PHILIPP WEISS, MARVIN SCHMOLL

Ohne Musik geht nichts – das spiegelte sich auch während der Science-Academy wider, denn wie in den Jahren zuvor gab es auch dieses Jahr wieder die beliebte Musik-KüA. Diese bestand aus zwei großen Ensembles – dem Akademiechor und der Akademieband – sowie Solokünstlern, Duetten und einem Trio. Die Musik half den Teilnehmern, nach der Arbeit in den Kursen an etwas anderes zu denken.



Schon am Eröffnungswochenende verschafften sich die Musik-KüA-Leiter Johannes und Elisabeth Kohlmann anhand eines Fragebogens einen Überblick über die Wünsche und Interessen der Teilnehmer.

Spätestens nach dem ersten Musik-KüA-Treffen hatten sich die einzelnen Ensembles gefunden. Es wurden nun die Stücke ausgesucht, die man spielen wollte, und darauf folgte der Teil, der die Musik ausmacht: Proben und natürlich auch der Spaß daran. Es wurde geprobt, gelacht, Blödsinn gemacht oder einfach nur zu genialer Musik improvisiert.

Man traf sich täglich in der Mittags-KüA-Schiene von 13:45 bis 15:45 Uhr und manchmal auch

noch in der Abend-Schiene von 20 bis 21 Uhr. Teilweise kam es zur Kollision mit den anderen KüA-Angeboten, die ebenfalls sehr reizvoll und mitmachenswert waren. Da sie um dieselbe Zeit stattfanden, hatte man die Qual der Wahl: Sollte man nun beispielsweise in die Tanz-KüA gehen oder doch wieder proben? In solchen Situationen war Absprache das Wichtigste, und meist konnten wir Kompromisse finden, mit denen alle Beteiligten zufrieden waren.

Wie bereits erwähnt war die Band eines der größeren Ensembles der Musik-KüA. Anfänglich bestand sie aus 3 Gitarren, Cello, Tenorsaxophon und Trompete. Bei der ersten Probe gab es noch keinen definitiv festliegenden Plan, was gespielt werden soll. Für die meisten Stücke war die Besetzung der Science-Academy-Band zunächst zu klein, aber als dann noch ein Schlagzeuger hinzukam, konnte man schon einige Stücke – mit kleinen Abänderungen – spielen. In den kleineren Ensembles wie Duos oder Trios war die Besetzung kein Problem, da diese sich einfach die Stücke herausuchten, die genau in der Besetzung passten und auf die sie Lust hatten. Größtenteils waren das klassische Stücke.

So vergingen Tag um Tag und Probe um Probe. Und je näher der Hausmusikabend kam, desto fleißiger wurde geprobt und desto angespannter wurde die Stimmung in den Proben, etwa wenn zu wichtigen Proben nur die Hälfte des Ensembles erschien (was, Gott sei Dank, nicht allzu oft vorkam). Aber anstatt sich darüber aufzuregen, spielte man eben ein Stück, das man auch in der halben Besetzung spielen kann, oder man wechselte nach Lust und Laune die Instrumente durch – Hauptsache, man hat trotzdem Spaß und genießt die Musik! Nach den Proben wurde dann fröhlich vor sich hin summend und mit einem Lächeln der Weg zum nächsten Programmpunkt beschritten.



Nach den vielen Proben war es dann endlich so weit: Am letzten Dienstag der Akademie stand der Hausmusikabend bevor. Eröffnet wurde er – in Anlehnung an das tägliche Plenum – mit der Titelmusik der Raumpatrouille Orion. Die Musik kam jedoch diesmal nicht aus dem Lautsprecher, sondern wurde live von der Band gespielt.

Nach dieser Eröffnung ging es weiter mit einer bunten Vielfalt von Beiträgen. Ein Stück am Klavier, ein Duett mit Cello und Klavier, ein Klarinetten trio und ein Stück mit Harfe, um nur ein paar Beispiele zu nennen. Größtenteils wurden klassische Stücke gespielt, jedoch präsentierte auch die Band zwischendurch noch zwei Beiträge, die die Zuhörer begeistert aufnahmen. Ein weiterer Höhepunkt des Abends war der Chor, der sich aus neun Teilnehmerinnen zusammensetzte und nach disziplinierter, täglicher Probenarbeit schließlich drei Lieder präsentieren konnte.

Jeder im Publikum war beeindruckt vom Können der Künstler, und die Arbeit, die alle Teilnehmer der Musik-KüA fast täglich investiert hatten, wurde mit begeistertem Applaus und Standing Ovationen belohnt.

Leider, leider war der Hausmusikabend nach gut einer Stunde schon beendet. Schade, denn auch uns Musikern hat es viel Spaß gemacht, das Ergebnis von zwei Wochen Musik-KüA zu präsentieren.

An dieser Stelle möchten wir uns ganz herzlich bei unseren Musikleitern Elisabeth und Johannes bedanken, die uns während der Proben nicht nur mit ihrem Engagement und Fachwissen tatkräftig unterstützt haben, sondern auch

eine große Auswahl an Noten für alle Beteiligten mitbrachten. Ohne ihre Hilfe hätte das Konzert nie so gut geklappt! Dankeschön!

Ernst sein ist alles, ein Bericht über ganz viel Theater

HANNAH FISCHER

Ernst sein ist alles – oder wie der englische Titel heißt: „The Importance of Being Earnest“. Letzteres trifft es besser, denn auch wenn es wichtig ist, ernst zu sein, ist es noch wichtiger, Earnest zu sein. Earnest – ein Name, der absolutes Vertrauen einzuflößen scheint, der Vibrationen erzeugt.

Kein Wunder, dass sich die beiden Freunde Algernon und Jack vor ihren Herzblättern Earnest nennen, was zu einigen Schwierigkeiten führt:

Als der stets vergnügte Algernon von seiner adligen Tante Lady Bracknell und ihrer Tochter Gwendolen Besuch bekommt, lässt sich sein Freund Jack diese einmalige Gelegenheit nicht entgehen, seinem Schwarm Gwendolen einen Heiratsantrag zu machen. Die junge Gwendolen sieht die Erfüllung ihrer Träume vor sich: Einen Mann zu heiraten, der Earnest heißt, für den sich Jack ausgibt. Doch Lady Bracknell ist empört: Er hat keinerlei Verwandte, mehr noch, er wurde als Baby in einer Reisetasche an der Victoria Station am Bahnsteig nach Brighton gefunden und sie wird ihrer einzigen Tochter natürlich niemals erlauben, in eine Gepäckaufbewahrung hineinzuheiraten!

Für Algernon beginnt das Vergnügen erst richtig: Er hat die Adresse von Jacks Wohnsitz auf dem Land erlauscht und fährt mit allerlei Gepäck dorthin. Dort lebt nämlich Jacks bildhübsches Mündel Cecily, von dem Algernon aus Jacks Erzählungen schon sehr angetan war. Algernon gibt sich als Jacks verruchter Bruder Earnest aus, den Jack als Ausrede erfunden hat, um sich öfters in der Stadt zu vergnügen. Dementsprechend viel hat Cecily von seinen „Eskapaden“ gehört, die Jack in die Stadt verschwinden lassen, um Earnest auf die Finger zu klopfen.

Nur sind böse Jungs unglaublich attraktiv für

junge, ach so brave Mädchen, und sie verliebt sich augenblicklich in den charmanten „Earnest“. Als die beiden sich überstürzt verloben, erreicht Algernon sein Ziel. Er verschwindet nur noch kurz, um sich heimlich auf den Namen Earnest taufen zu lassen, denn auch Cecily's Mädchentraum ist es, einen Mann zu heiraten, der Earnest heißt.

In diesem Moment kommt Gwendolen, mehr oder minder positiv angetan von Cecily's reizendem Äußeren, um ihren Earnest zu besuchen. Als Cecily schließlich preisgibt, sie wäre auch mit Earnest verlobt, bricht ein flammender Zickkrieg aus: Gwendolen ist doch mit Earnest verlobt! Diese Schlange lügt! Oder hat Earnest sie etwa betrogen? Doch falsch gedacht: Der eintretende Jack kann Gwendolen beruhigen. Er liebt sie, Gwendolen, ganz allein. Und Algernon darf schließlich seine Cecily küssen, als er bestätigt, nicht mit Gwendolen verlobt zu sein.

Dann jedoch erkennen die beiden Mädchen, dass keiner der beiden Männer Earnest heißt. Es sind nur Cecily's Vormund Jack und Gwendolen's Cousin Algernon. Darauf verbünden sie sich gegen die Betrüger. „Du wirst mich Schwester nennen, ja?“, vereinbaren die ehemaligen Feindinnen und rauschen enttäuscht davon. Während Algernon sich über den größten Streich seines Lebens amüsiert, kann der arme Jack seine Wut kaum mehr im Zaum halten. Als Algernon ihm dann auch noch Entspannungstee anbietet ...

Jacks Wut verfliegt jedoch später. Lady Bracknell erkennt in einer Hauserzieherin von Cecily eine alte Bekannte: Das Kindermädchen, das vor 28 Jahren mit einem Baby aus dem Hause der Bracknells verschwunden ist! „WO IST DAS BABY?“ – „Ich muss gestehen, ich weiß es nicht ...“ Und die Hauserzieherin schildert voller Scham, wie sie das Baby in einem Moment geistiger Zerstreutheit in eine Reisetasche gelegt und diese an einem Bahnsteig vergessen hat. Jack, ganz nervös, rennt in sein Zimmer, um gleich darauf mit einer Tasche wiederzukommen. Es ist tatsächlich diese Reisetasche! Und er erfährt, dass er der erstgeborene Sohn namens Earnest von Lady Bracknells Schwester und damit Algernons Bruder ist! „Was ist das

doch ein Schlag für einen Mann, zu erfahren, sein ganzes Leben lang nichts als die Wahrheit gesagt zu haben!“, erfasst Jack.

„Wie wichtig es ist, ernst zu sein!“, schließt Jack, gespielt von Markus Weigelt, das Stück. Der zweite „echte“ Junge war Hendrik Fischer als Pastor Chasuble. Lucia Eberl und Jana Zimmermann spielten zusammen die beiden Hauserzieherinnen von Cecily Miss Prism und Miss Tempora. Luise Evers war die einzigartige Lady Bracknell, Sarah Herold Cecily, Algernon spielte Hannah Fischer, Mirjam Kurtzhals war sein Diener Lane, Lisa Mutschler Jacks Diener Merriman und Jacks Geliebte Gwendolen spielte Rebekka Homburg.

Und auch, wenn ernst bzw. Earnest zu sein für das Lebensglück sehr wichtig sein mag, sind wir uns doch alle einig, dass neben Ernst der Spaß mindestens genauso wichtig ist: Die Zeit im Theater wird uns wohl so unvergesslich bleiben wie die ganze Akademie! Denn Spaß, davon hatten wir genug.

Beispielsweise:

- als wir die ganze Welt auf einen Kreidekreis verkürzen sollten
- als wir unseren Übungspartner anbrüllen durften
- als wir wie die Urmenschen liefen
- als Hendrik seine ultimative Manna-Predigt rühmte
- als wir Tagebücher suchten
- als wir Lady Bracknells köstliche Monologe anhörten, ohne loszulachen
- als wir irgendwo ein Hemd auftrieben
- als Hannah mit einem aufgemalten Schnurrbart über das Akademiegelände rannte, ohne sich zum Gespött aller Leute zu machen
- als wir gewissen „Miss Prism's“ beim Einschlafen hinter der Bühne zuschauten,
- als Algernon Jack Entspannungstee anbot
- als wir Teebeutel ohne Tee tranken
- als wir Luise beim Klavierspielen zuhörten, ohne loszuheulen
- als wir im Garten immer Text lernten

- als Markus einfach nie die Textkürzungen von Katharina einhielt und stattdessen dauernd improvisierte
- als Hendrik über die Schminke jammerte
- als Markus seine Haare partout nicht gellen wollte und stattdessen nass machte
- beim Gurkensandwiches-Spucken
- als wir von Katharina Erfolgsteer geschenkt bekamen
- als wir uns über den „dreckigen Boden“ beschwerten, um unsere Texthänger zu überbrücken
und natürlich
- als wir es geschafft hatten und uns endlich verbeugen konnten.

All das hätten wir nie erlebt ohne unsere einzigartige ... Katharina!

Du warst nicht nur Regisseurin, Dramaturgin, Abendspielleiterin und Maskenbildnerin. Du hast auch unsere schauspielerischen Fähigkeiten auf ein aufführungsreifes Niveau gehoben, die Charaktere verteilt, die gesamten Requisiten organisiert und bei der Aufführung mitgefiebert. Danke für alles, was du uns damit geschenkt hast!

Sport-KüA

HENDRIK SCHILLINGER

7:00 Uhr – Während die meisten Akademieteilnehmer noch schliefen, waren die Teilnehmer der Sport-KüA schon auf den Beinen. Denn diejenigen, die von Sport gar nicht genug bekommen konnten, rannten schon morgens mit unserem Sportmentor Nico durch den Adelsheimer Wald. Manchmal wurde anstatt des Joggens ein Fitnesszirkel oder Zumba angeboten. Der Fitnesszirkel bestand aus zehn Stationen, bei denen kein Muskel unseres Körpers geschont wurde. Beim Zumba werden Koordinationsübungen rhythmisch zur Musik ausgeführt.

Am Nachmittag hatten wir die Möglichkeit, mit Nico verschiedene Sportarten auszuprobieren: So spielten wir Hockey und lernten von Nico, präzise zu spielen, ohne die Mitspieler dabei mit dem Hockeyschläger zu verletzen. Dank des nahe gelegenen Tennisclubs kamen sowohl

die Tennisspieler unter uns als auch Tennisneulinge auf ihre Kosten. Ebenso waren die beiden gut gepflegten Volleyballfelder oft in Benutzung. Als geistige Herausforderung durfte auch Schach nicht fehlen; doch bei unserer Variante Wikingerschach ging es darum, mit Holzstäben die ca. 30 cm großen Figuren des Gegners umzuwerfen.

Nicht nur Nico, sondern auch wir Teilnehmer boten Sportarten an: Miriam und Schülermentorin Rebecca unterrichteten uns im Handball, und Timothy zeigte beim Judo verschiedene Würfe und Abrolltechniken. Nicht ganz so wild ging es in der Zirkus-KüA zu, bei der uns Charlotte zeigte, wie man menschliche Pyramiden baut, ohne umzufallen. Zu einem Highlight der Sport-KüA entwickelte sich Ultimate Frisbee, eine kanadische Trendsportart, die uns Kursleiter Alex vorstellte. Er erklärte uns Regeln, Taktiken und zeigte uns, wie man die Frisbee am geschicktesten am Gegner vorbei wirft.

Wenn die Sport-KüA auch abends stattfand, dann gab es immer einen Gegner: die Dunkelheit. Deshalb warfen wir bei dem abendlichen Sportprogramm Basketballbälle auf alles, was wir als Basketballkorb wahrnahmen, oder schossen Fußballbälle in die Richtung, in der wir das Tor vermuteten. Aber dank einer leuchteten Frisbee konnten wir auch bei völliger Dunkelheit Frisbee spielen.



Da uns allen die Sport-KüA sehr gefallen hat, möchten wir uns bei Nico, der selbst am Tag nach dem Abschlussabend frühmorgens Jogging anbot, bedanken. Auch gilt ein großer Dank allen, die bei der Sport-KüA selbst mitgewirkt haben.

Tanzen bis zum geht nicht mehr – Die Tanz-KüA

JANA ZIMMERMANN

Die Tanz-KüA von Marielouise fand regen Anklang bei den tanzbegeisterten Teilnehmern unter uns, da sie eine willkommene Abwechslung zu den manchmal anstrengenden Kursschienen bot.

Am ersten Abend versammelten sich gut 40 Jungen und Mädchen in der Turnhalle, um ihr Talent zum Tanzen zu entdecken. Die Truppe war bunt gemischt: Manche waren schon fast „Profitänzer“ und hatten bereits das deutsche Tanzabzeichen in Bronze verliehen bekommen, andere wiederum schwangen zum ersten Mal das Tanzbein. Doch eines hatten alle gemeinsam: Die Lust und Freude am Tanzen. Alle verfolgten mit wachsenden Augen, was uns Marielouise mit dem Schülermentor Marcel vorantanzte und erklärte. Angefangen wurde mit dem langsamen Walzer und dem Discofox, und sobald wir alle die Grundschritte beherrschten, bildeten sich Paare, die sofort begeistert losanzogen.

Später brachte Marielouise uns neben den Standardtänzen auch die lateinamerikanischen Tänze Cha-Cha-Cha, Rumba, Jive und Tango bei. Konzentriert murmelten wir die verschiedenen Schrittkombinationen vor uns hin und übten, bis alle die Schritte perfekt beherrschten. Bei einigen dauerte es noch ein bisschen länger, bis sie den richtigen Rhythmus gefunden hatten, während andere Pärchen bereits umherschwebten. Die Tänze wurden später noch vertieft und zudem um verschiedene Figuren wie die Promenade ergänzt.

In einer KüA-Schiene vertrat unsere Akademieleiterin Petra höchstpersönlich Marielouise und brachte uns Salsa bei. Mit von der Partie war an diesem Abend Georg, der eine wirklich gute Figur beim Tanzen machte, und dem das Tanzen wahrscheinlich genauso viel Freude bereitete wie uns. Natürlich setzten wir die gelernten Tänze unter anderem beim Bergfest und an unserem Abschlussabend um und zeigten, was wir gelernt hatten.

Uns allen hat das Tanzen viel Spaß gemacht. Deshalb ein herzliches Dankeschön an Petra,

Marcel und natürlich an unsere großartige Tanzlehrerin Marielouise!

Werwolf-KüA

NIKLAS BOLTZ

Es ist eine Nacht in Düsterwald, und das ganze Dorf schläft unbesorgt, als Amor seine zwei Liebespfeile abschießt, die Seherin in ihre Kristallkugel sieht, die Werwölfe sich einen Dorfbewohner einverleiben und die Hexe ihr Tränke mischt.

Zwar waren wir nicht in Düsterwald, sondern im tiefen Norden Baden-Württembergs (Badisch-Sibirien), und wahrscheinlich gab es nicht einmal hier echte Werwölfe, aber jeden Abend verwandelten sich die Teilnehmer der Werwolf-KüA in rechtschaffene Bürger und teuflische Werwölfe, und ihr höchstes Ziel war es, alle Andersgesinnten zu töten.

„Werwölfe von Düsterwald“ ist ein Gruppenspiel, das fast jeden Abend von unserem rhetorischen Wunder (oder auch nicht) und Spielleiter Wendelin Wiedemer angeboten wurde. Es ist ein Zwei-Parteien-Spiel, Werwölfe und Dorfbewohner, in dem man sein Einschätzungsvermögen bzgl. Anderer und seine rhetorischen Fähigkeiten unter Beweis stellen kann (wie unser Spielleiter mehrfach betonte).

Das Spiel sollte an einem möglichst unheimlichen und dunklen Ort gespielt werden, da man zeitweise die Augen geschlossen hält, und so wurde das Plenum des Eckenberg-Gymnasiums als Schauplatz ausgewählt. Werwolf ist einfach zu lernen und kann auch mit unerfahrenen Spielern ohne Probleme gespielt werden, natürlich haben langjährige Spieler aber einfach mehr Erfahrung im Erkennen von Verhaltensmustern der Mitspieler, also ob jemand Werwolf ist oder den Dorfbewohnern angehört.

In der Tagphase jeder Spielrunde wird von allen durch Abstimmung eine Person ausgewählt, die getötet wird und somit aus dem Spiel ausscheidet. Diese Abstimmung ist die Möglichkeit der Dorfbewohner, sich pro Tagphase von einem Werwolf zu befreien, also sollte man sich als Werwolf nicht besonders auffällig verhalten. Als Argument für die Auswahl eines Mitspielers

als Opfer reichen auch banale Gründe wie „ich mag dich nicht“ oder „der ist Mathematiker“ oder „die ist immer Werwolf“.

Das Spiel fand so viel Andrang, dass auch außerhalb der KüA-Schiene Werwolf gespielt wurde, und es war immer eine schöne Gelegenheit, heftig zu diskutieren, Spannung zu erleben, seine rhetorischen Fähigkeiten zu verbessern oder einfach viel Spaß miteinander zu haben.

Die Zeitungs-KüA

ELIAS HOFMANN

In der Zeitungs-KüA, die aufgrund der regen Beteiligung täglich außer sonntags von 7:00 bis 7:30 Uhr in der Sofaecke stattfand, konnten wir in regionalen und überregionalen Tageszeitungen lesen, was uns interessierte und wovon wir dachten, es würde auch die anderen interessieren. Am Anfang des Plenums trugen wir dann das Neueste aus der Welt vor. Das war wichtig, da es weder Radio noch Fernsehen während der Akademie gab und Adelsheim auch ein bisschen ab vom Schuss liegt. So informierten wir die anderen „Academyker“ und konnten gleichzeitig unsere rhetorischen Fähigkeiten verbessern.

Leider hatten wir für das Zeitungslesen immer nur eine halbe Stunde Zeit und mussten uns deshalb auf einzelne Artikel (und den Wetterbericht!) beschränken. Spaß gemacht hat es trotzdem!

Wildhüter-KüA

LUCA SIMEON SCHWEIZER

Die Wildhüter-KüA war eine der meistbesuchtesten KüAs bei der diesjährigen Science Academy. „Es ist eine große Chance“, sagte Alex, der zusammen mit Daniel diese KüA anbot. Sie sind beide Wildhüterprüfer.

Beim Wildhüten geht es darum, Tiere in einer 3D-Simulation zu zählen. „Wildhüterprüflinge müssen sich an dieser Simulation beweisen“, erklärte Daniel. „Dann können sie wie Alex in einem Auslandssemester in Kanada oder anderen nördlichen Gebieten Tiere zählen.“

Auch er hat vor, bald mit seinen Fähigkeiten nach Kanada zu reisen und den anderen Wildhütern zu helfen.

Denn das Zählen der Tiere ist enorm wichtig. Nur, wenn man weiß, wie viele Tiere von welcher Tierart leben, kann man sie rechtzeitig vor dem Aussterben retten, indem man sie z. B. auf die rote Liste der bedrohten Tierarten setzt und schützen lässt.

In den letzten Jahren gab es häufig falsche Informationen von Wildhütern. Falsch gezählte Tiere, wie Yetis und Mammuts, starben aus. Das kam anscheinend daher, dass sich bei den Wildhütern falsche Gewohnheiten eingeschliffen hatten. Deswegen durfte man über die Wildhüterkunst nicht untereinander und auch nicht mit anderen reden. Das mussten wir am Anfang der KüA auf den Fuchs schwören.

Aus diesem Grund muss leider in dieser Dokumentation auch ein Großteil des Wildhütens geheim gehalten werden.

Vorher muss aber noch kurz erläutert werden, dass die Fähigkeiten beim Wildhüten in sechs verschiedenen Stufen gemessen werden.

Wenn man seine Ausbildung beginnt, ist man in der Stufe 0. Glaubt man, die Fachkenntnisse von Stufe 1 vollständig erlangt zu haben, kann man einen „Prüflugsflug“ anmelden.

Dann muss man sich in zwei Simulationsflügen bewähren, und wenn man beide Male die korrekte Anzahl Tiere an den Prüfer meldet, ist man offiziell Wildhüter der Stufe 1.

Es gibt insgesamt 6 Stufen. In jeder Stufe werden mehr Bereiche des Wildhüterfachwissens von den Wildhüterprüflingen gefordert. Ist man Wildhüter der Stufe 6, kann man später zum Wildhüterprüfer ernannt werden und kann selbst Wildhüterprüflinge lehren.

Am Ende hatten Daniel und Alex fast die Hälfte der Akademie zu Wildhütern der Stufe 6 ausgebildet. Darauf waren alle echt stolz, auch wenn die Gummibären leider nicht gezählt werden konnten, denn die sind schon alle im Kurs aufgegessen worden ...

Debating-KüA

SILAS DEUBEL

An zwei Nachmittagen kamen alle Debattier-, Diskutier- und Argumentierfreudigen im Rahmen der „KüA-Schiene“ auf ihre Kosten. Martin Christ, Kursleiter im Geschichts- und Germanistikurs, hatte sich von seinem Studienland Großbritannien inspirieren lassen und bot eine „Debating-KüA“ an. In insgesamt recht lockerer und geselliger Runde wurde nach den strengen Debattierregeln des englischen Parlaments über ein vorgegebenes Thema diskutiert und argumentiert. Die „Proposition“ stand der „Opposition“ gegenüber, d. h. die Befürworter sprachen für eine Sache, die Gegner hielten mit ihren Argumenten dagegen.



Beim ersten verbalen Schlagabtausch waren nicht nur die Regeln „very british“, sondern auch die Sprache: Auf Englisch sollte das Thema „Abschaffung der Tierversuche“ erörtert werden. Dazu bildeten wir zunächst zwei gleich große Gruppen, in denen die jeweiligen Argumente der Befürworter bzw. der Gegner gesammelt wurden. Dann wurde die Debatte eröffnet. Im „Ping-Pong“-System argumentierten die einzelnen Gruppenmitglieder der „Proposition“ und der „Opposition“ nacheinander für oder gegen die Abschaffung der Tierversuche. Nach einem munteren Hin und Her wurde die Diskus-

sion mit einer Zusammenfassung des jeweiligen Standpunkts der beiden Gruppen und einem Schlusswort von Moderator Martin beendet.

Beim zweiten Treffen diskutierten wir – dieses Mal auf Deutsch – die Frage, ob die deutsche Bundesregierung sich an einem militärischen Einsatz in Syrien beteiligen sollte. Trotz des sehr ernsten Themas entwickelte sich auch dieses Mal wieder eine spaßige, stellenweise aber auch hitzige Diskussion, die sich auch außerhalb des KüA-Treffens fortsetzte und die Gemüter bewegte.

Ein echter Renner war an beiden Terminen zweifellos unser „Debating-Warm-Up“-Spiel. Hier konnte alles in den Ring geworfen werden: Wissen, Witz und Wortgewalt. Es ging darum, dass man sich eine scheinbar wichtige Person aussuchen und in deren Rolle schlüpfen sollte, um dann mit bestechenden Argumenten die anderen KüA-Teilnehmer zu überzeugen, dass sie die wichtigste Person von allen und somit zum „Sieger“ der Konkurrenz zu wählen sei. Man durfte staunen, welche illustren Persönlichkeiten und Charaktere sich da versammelten! Albert Einstein etwa oder Mark Zuckerberg zogen alle Register ihres Könnens, Daniel Düsentrieb setzte auf Taktik und Silvio Berlusconi auf das, was er hauptsächlich kann – „Bunga, Bunga“!

Fit für die Zukunft

ANNIKA GERNSECK

„Fit für die Zukunft“ – dieser Titel hatte mich neugierig gemacht, und so entschied ich mich, diese KüA zu besuchen. Uns empfing die Diplompädagogin Liselotte Kühn, die sich mit uns in zwei KüA-Schienen mit den Themen Zeitmanagement und Motivation auseinander setzen wollte.

Die erste KüA war sehr gut besucht, und wir überlegten uns am Anfang, was wir uns eigentlich unter dem Titel „Fit für die Zukunft“ vorstellen. Es fielen Stichworte wie: selbstbewusster Handeln, Verantwortung übernehmen und lernen, die Zeit richtig einzuteilen. So konnte Liselotte Kühn perfekt auf ihr Thema „Zeitmanagement“ eingehen.

Jeder von uns kennt doch die verflixte Situation, wenn man sich etwas fest vorgenommen hat, es aber doch nicht vollendet, da immer etwas dazwischen kommt. Um dieses Problem stückweise zu lösen, sammelten wir unsere „Zeitfresser“ und unterteilten sie in drei Gebiete: direkter Einfluss, indirekter Einfluss und kein Einfluss.

In der Kategorie „direkter Einfluss“ fanden wir Zeitfresser wie Fernsehen, Musik hören oder Bücher lesen. Anrufe von Freunden sind ein Beispiel für den „indirekten Einfluss“, d. h. man kann nicht direkt etwas dafür, dass man angerufen wurde, aber man könnte das Gespräch zügig beenden und Vereinbarungen treffen, zu welchen Zeiten man keine Anrufe entgegennimmt. Im Gebiet „kein Einfluss“ befinden sich zum Beispiel ein unerwarteter Todesfall oder aber auch das Wetter. Somit ist klar, dass man auf sich selbst den meisten Einfluss hat. Als wir das geklärt hatten, brachte uns Frau Kühn einige Methoden des Zeitmanagements näher:

Zum einen das „Pareto-Prinzip: die 80-20-Regel“. Dieses Prinzip können wir für das Vorbereiten von Präsentationen, für Schularbeiten oder auch für das Zimmeraufräumen anwenden. Es beruht auf der Überlegung, dass 20 % der aufgewandten Zeit schon 80 % des gewünschten Ergebnisses bringen können und die restlichen 80 % dann nur noch 20 %. Damit ist gemeint, dass wenn man eine Aufgabe nur „ok“ lösen möchte, d. h. nicht perfekt, man sie so strukturieren kann, dass man nur 20 % der Zeit braucht, um 80 % des Ergebnisses zu erzielen. Will man es jedoch von Anfang an perfekt haben, benötigt man für diese 20 % „i-Tüpfelchen“ die restlichen 80 % der Zeit.

Eine ebenfalls interessante Methode war die „Vierfeldertafel“. Man teilt alle Aufgaben, die man Erledigen muss, in vier Felder ein. Im ersten Feld stehen alle Aufgaben, die wichtig und dringend sind, wie dringliche Probleme oder Projekte mit baldigem Abgabetermin. Es ist nicht gut, wenn sich viel in diesem Feld abspielt, da es sehr stressig und anstrengend für den Körper ist. Tätigkeiten wie zum Beispiel: Freunde, Planung, Erholung sind wichtig, aber nicht dringend, deswegen stehen sie im zweiten Feld. Am Besten ist es, wenn sich etwa 75 % des Lebens in Feld zwei abspielt. Nicht wichtige,

aber dringende Dinge stehen im dritten Feld, und im vierten Feld befinden sich Tätigkeiten, die nicht wichtig und nicht dringend sind wie Zeitverschwender oder angenehme Tätigkeiten, die reine Ersatzbeschäftigungen sind. Es ist ebenfalls nicht gut, wenn sich alle Tätigkeiten in diesem Feld abspielen, da sich der Körper auf längere Zeit langweilt und unterfordert ist.

	Dringend	Nicht dringend
Wichtig	1 Krisen Dringliche Probleme Projekte mit anstehendem Abgabetermin	2 Vorbeugung Freundschaft Neue Möglichkeiten erkennen Planung Erholung
Nicht wichtig	3 Unterbrechungen Unmittelbare, dringliche Angelegenheiten	4 Triviale Daddeln Einige Anrufe Zeiverschwender Angenehme Tätigkeiten

In der zweiten KüA-Schiene, die Liselotte Kühn anbot, waren weniger Teilnehmer, was aber nicht sonderlich schlimm war. Wir überlegten uns am Anfang, was uns motiviert, und kamen auf Punkte wie ein Ziel vor Augen zu haben oder eine Belohnung zu bekommen. Dann teilten wir unsere Ergebnisse in zwei Gebiete ein:

1. Gebiet: wie kann ich mich von innen heraus selbst motivieren
2. Gebiet: wer oder was motiviert mich von außen

Danach sprachen wir kurz, wie der Körper die Psyche unterstützen kann. Frau Kühn gab uns den Ratschlag, sich mit einem Lächeln in den Spiegel oder mit aufrechtem Sitzen während einer Schularbeit zu motivieren. Auch gab sie uns den Tipp, andere beispielsweise mit Namen zu begrüßen oder mit der Person Blickkontakt zu halten, um sie besser zu motivieren.

Im Anschluss daran machten wir eine Übung, die sich „Warmduschen“ nennt: Eine Person setzt sich mit dem Rücken zur Gruppe, nun sollte jeder eine oder mehrerer positive Eigenschaften

zu der Person sagen, die dann aufgeschrieben wurden. So hatte jeder am Ende der Übung ein Blatt voller Motivation.

Damit endete auch die KüA „Fit für die Zukunft“. Einen großen Dank spreche ich im Namen aller Besucher dieser KüA an Liselotte Kühn aus. Sie hat uns mit viel Begeisterung und Elan geholfen, uns „Fit für die Zukunft“ zu machen.

Wer will guten Kuchen backen? – Die Back-KüA

FRIEDERIKE LUTZ

Haushalt ist Frauensache? Von wegen! Dass auch die männliche Daseinsform zu Mixer und Schneebesen greifen kann, war nach den ersten paar Minuten des Zusammenkommens in der Leiterküche mehr als offensichtlich. Mit Feuereifer begannen die Teilnehmer, die Rezepte zu studieren. Die Auswahl war enorm. Wie sollte man sich da bloß entscheiden?

In Kleingruppen von drei bis vier angehenden Konditoren wurden Eier schaumig geschlagen, Zutaten abgewogen und Teige geknetet. Unter der fachkundigen Anleitung von Petra, Rebecca und Patricia konnten kleine Unfälle vermieden und professionelle Tipps gegeben werden. Jeder kam dabei auf seine Kosten. Denn mit großem Spaß und enormer Motivation fiel die Arbeit kaum ins Gewicht. Vielmehr erledigte sich das Rühren, Kneten und Formen neben all der guten Laune und entspannten Atmosphäre beinahe von alleine.

Während die halbfertigen Kuchen ihre Zeit im Backofen überdauern mussten, blieb nicht mehr viel zu tun: Aufräumen, abwaschen, reden, lachen, ... Schließlich standen die Meisterwerke zum Verzehr bereit: Ein Traum aus Apfel-, Zwetschgen-, Käse- und Marmorkuchen sowie himmlischen Raffaello-Cupcakes. Kein Wunsch blieb offen und keiner der Meisterbäcker hungrig. Abschließend erhielten alle Teilnehmer das exklusive Backheftchen der Science-Academy mit allen Rezepten des Nachmittags, welches sicher auch Anwendung in den heimischen Küchen finden wird. Die Back-KüA war ein voller Erfolg und eine weitere Erfahrung, die keiner

so schnell vergessen wird – und sei es auch nur aufgrund der Leckereien.

Die Zumba-KüA

MIRIAM KURTZHALS

Zumba, zumba welch ein Singen. Zumba, zumba Weihnachtszeit ... Nein, wir haben in dieser KüA nicht dieses Weihnachtslied in Dauerschleife gesungen. Das Zumba, das hier gemeint ist, kommt ursprünglich aus Kolumbien und verbindet lateinamerikanische Tanzelemente mit Aerobic zu einer rhythmischen, kreativen Mischung aus Tanz und Fitness. Was für ein Glück, dass wir bei der Akademie Annika und Johanna dabei hatten, die diese Trendsportart beherrschen und ihr Wissen auch in Form einer KüA mit uns geteilt haben, womit sie – zumindest der Teilnehmerzahl nach zu urteilen – eine ganze Menge Leute begeistern konnten.



Dies veranlasste die beiden dazu, diese KüA noch ein zweites Mal anzubieten, dieses Mal allerdings um 6:50 Uhr morgens. Doch wer sich aufgrund der frühen Stunde auf eine kleine Tanzrunde eingestellt hatte, musste, oder besser gesagt: durfte feststellen, dass er oder sie sich geirrt hatte. Das Zumbafieber ließ sich

dadurch nicht dämpfen, ob Teilnehmer oder Leiter, Männlein oder Weiblein, alle wurden angesteckt. So ließ sich zum Beispiel auch die Leiterin der Tanz-KüA, Marielouise, die Chance nicht entgehen, einmal diese etwas andere Art von Tanz auszuprobieren. Selbst die Jogger akzeptierten diese nicht minder anstrengende Alternative. Da war man wirklich fit für den Tag. Wenn nicht vom Tanzen, dann doch wenigstens vom anschließenden Sprint zum LS-ZU2, um sich schnellstmöglich eine Dusche zu sichern ...

Vielen Dank an dieser Stelle noch einmal an Annika und Johanna, die uns diesen Fitness-Tanz näher gebracht, die Grundtechnik souverän erklärt und gezeigt haben und uns mit ihrem KüA-Angebot auf jeden Fall eine Menge Freude und Spaß beschert haben.

Süß, bunt und superlecker – Lollis machen mit Theo

MAGDALENA NEUREITHER, JOHANNA
RETTENMAIER

Am zweiten Dienstag der Akademie roch man im ganzen LSZU II den süßen Duft von klebriger Lollimasse, und es dauerte nicht lange, bis die halbe Akademie sich mit verschiedensten Lollis verkünstelte. Die tollsten Lollis waren dank Theos super Rezept auch gar nicht schwer:

Wir haben 100 g Isomalt geschmolzen, dann kamen je nach Spaßfaktor noch 1–2 Teelöffel Apfelsäure hinzu. So waren manche Lollis nur noch für die „ganz Harten“ geeignet. Damit unsere Lollis noch verführerischer wirkten, kamen noch 2–3 Tropfen Lebensmittelfarbe hinzu. Wer es mit der Farbe jedoch zu gut meinte, dem konnte man das noch den ganzen Tag an der Zunge ablesen. Blaue Zungen waren hierbei besonders beliebt. 3–8 Tropfen Aroma verliehen den Lollis noch den richtigen Geschmack. Dabei war der Phantasie keine Grenzen gesetzt, so reichte unser Repertoire von grünen Lollis mit Erdbeergeschmack über blau mit Kirscharoma bis hin zu roten Zitronenlollis. Zum Abkühlen gossen wir die heiße Lollimasse auf ein Backpapier, wobei teilweise richtige kleine Kunstwerke entstanden sind.

Entsorgung: Oral

Lieber Theo, wir danken dir ganz herzlich für die super coole KüA. Es hat allen viel Spaß gemacht, und wir hoffen, dass noch weitere Akademiegenerationen deine tollen Lollis genießen dürfen.



Sportfest

HENDRIK SCHILLINGER

Der sportliche Höhepunkt der Akademie war das traditionelle Sportfest. Im Gegensatz zu anderen Sportwettkämpfen ging es bei diesem aber nicht darum, schneller zu rennen oder besser Fußball zu spielen, denn wir mussten uns in zahlreichen außer-olympischen Disziplinen beweisen.



Auch dieses Jahr kämpften die Kurse gegeneinander um einen glorreichen Sieg. Bei der

ersten Disziplin, dem Teebeutelweitwurf, war die Technik wichtig: Stellte man sich mit dem Rücken zum Ziel und warf den Beutel nach hinten, konnte man Weiten bis zu sieben Metern erzielen. Zusätzlich half der Trick, den Beutel vorher nass zu machen, denn so war er schwerer und flog somit weiter.

Anschließend musste der Akademiebus eine leichte Steigung hochgezogen werden. Bei der nächsten Disziplin brauchte man zum Glück nur ein geschicktes Händchen, sodass unsere Beine sich erholen konnten. Das Ziel war es, Jonglierbälle so zu werfen, dass sie in einem bestimmten Feld liegen blieben. Je kleiner das Feld war, desto mehr Punkte gab es. Aus diesem Grund war auch hier die Taktik entscheidend.

Absprache war das A und O, als einige der Schülermentoren, die in einem hölzernen A standen, mit Seilen in eine Schieflage gebracht werden mussten, damit sie sich wie auf Stelzen fortbewegen konnten.



Der folgende Gummistiefelweitwurf erforderte besondere Talente: Dabei stellte ich fest, nachdem mein Gummistiefel direkt nach der Abwurflinie auf den Boden klatschte, dass nicht nur die Kraft zu einem weiten Wurf wichtig ist.

Bei der nächsten Station stellten sich alle auf ein Stofftuch und versuchten, es so umzudrehen, dass niemand den Boden berührte. Anschließend hatte der gesamte Kurs mit Taucherflossen einen Hindernisparcours zu absolvieren. Auf dem nassen Gras war vor allem Vorsicht geboten, sonst rutschte man in den engen Slalomkurven aus und verlor wertvolle Zeit.

Das große Finalspiel war ein Staffellauf der

besonderen Art: Wir mussten mit Schwämmen Wasser aus einer Wanne schnellstmöglich in unseren kurseigenen Eimer transportieren. Der Schwamm diente gleichzeitig als Staffelstab. Zweimal musste der Geschichtskurs erfahren, dass das eigentliche Ziel auch darin bestand, den eigenen Eimer nicht umzuwerfen.

Ausgerechnet der Serienletzte TheoPrax konnte das Sportfest vor Astronomie für sich entscheiden. Den sonst für TheoPrax reservierten letzten Platz nahm dieses Jahr der Geschichtskurs ein.

Bergfest

LUCIA EBERL, LUISA FEIFEL

Die erste Woche war ruck zuck rum, und schon war der Donnerstagabend da. Der Abend, an dem das erste Fest der diesjährigen Akademie stieg. Es kennzeichnete leider, dass schon die Hälfte unserer Zeit in Adelsheim vorbei ist. Es zeigte aber auch, dass alle schon eine Menge geleistet hatten, wie man am Morgen bei den Rotationsvorträgen gesehen hatte. Somit war eine richtige Party längst überfällig.

Der Abend startete mit einigen Programmpunkten: Die Mentoren hatten einen Tanz zur Melodie der Akademie, Raumschiff Orion, einstudiert und Martin, Sebastian, Rebecca, Alexander und Sophie gaben den „Kossakenzipfel“ von Lorient zum Besten, wobei es viel zum Lachen gab. Es traten auch die Pool-Brothers (Alexander und Daniel) auf. Daniel bewies seine Gitarrenkünste mit vier Akkorden. Deshalb konnten sie kein Lied vollständig spielen und stimmten nur den Anfang der Stücke an, was alle sehr zum Lachen brachte. Sie wurden mit tosendem Applaus belohnt und spielten sogar noch eine Zugabe.

Und dann kam der absolute Höhepunkt des Abends: die Siegerehrung des Sportfestes:

Platz 6: Geschichte, die vor Übereifer gleich zweimal ihren Wassereimer umgerannt haben

Platz 5: Physik

Platz 4: Mathe

Platz 3: Chemie

Platz 2: Astronomie, die als Einzige beim Finale einen zweiten Wassereimer brauchten

und der Sieger:

THEOPRAX, das erste Mal seit der ersten Akademie 2003 der Sieger des Sportfestes!

Danach wurde von unseren DJs Florian und Nico erstklassige Musik gespielt. Dabei berücksichtigten sie auch Musikwünsche. Obwohl zuerst nur ein paar Mädchen tanzten, kam die Stimmung noch richtig in Schwung, und auch die anderen – sogar die Leiter – ließen sich von der tollen Atmosphäre mitreißen, zum Beispiel beim Limbo. Es herrschte eine richtig gute Stimmung, sodass wir auch eine halbe Stunde länger feiern durften als geplant!

Es war ein gelungener Abend! Vielen Dank an die Mentoren, die Poolbrothers, das Orgateam und alle anderen, die zum Gelingen des Abends beigetragen haben.



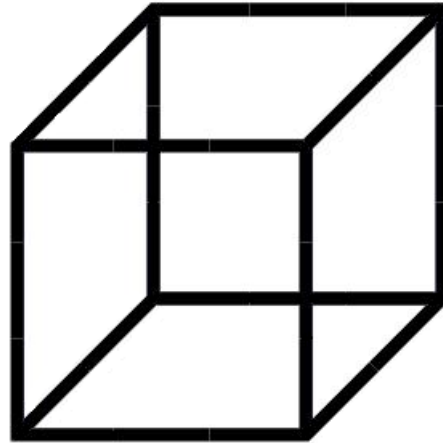
Themenabend: „Gefühle, Denken, Lernen – was sagt die Neurobiologie?“

JOHANNA RETTENMAIER

Der Themenabend wurde vom TheoPrax-Kurs organisiert. Prof. Dr. Martin Lindner von der Universität Halle-Wittenberg präsentierte uns einen spannenden Vortrag zum Thema „Gefühle, Denken, Lernen – was sagt die Neurobiologie?“.

Zum Einstieg räumte er erst einmal mit dem Gerücht auf, Schokolade mache glücklich. So mancher Hersteller wirbt sogar ausdrücklich damit, dass Schokolade die Stimmung hebt, verschweigt aber dabei, dass unser Gehirn erst

nach 7 kg am Tag etwas von den Glücksmachern in der Schokolade merkt. Auf diese Nachricht gab es erst mal eine Runde Schokolade für alle.



Mit seiner interessanten und witzigen Art zu präsentieren hatte Herr Lindner schnell den ganzen Saal in seinen Bann gezogen. Was er uns zur aktuellen Hirnforschung und Funktion des Gehirns erzählte, durften wir oft selbst an kleinen Experimenten ausprobieren. Hier ein kleines Beispiel, das zeigen soll, wie extrem schnell elektrische Synapsen Informationen innerhalb des Gehirns weiterleiten können. Auf obigem Bild sieht man einen dreidimensionalen Würfel. Er kann entweder aussehen, als ob er aus dem Blatt herauskommt, oder als ob er in das Blatt hineingeht. Wir können nie beides auf einmal sehen, aber innerhalb von kürzester Zeit kann unser Gehirn durch die Synapsen den Schalter umlegen, und wir können zwischen den verschiedenen Eindrücken des Würfels wechseln.

Bei einem weiteren Versuch untersuchten wir uns die Wirkung von Koffein auf unsere Reaktionsfähigkeit. Dazu ließ einer ein Lineal fallen, und der Nebensitzer musste es fangen. Anschließend wurde gemessen, wie viele Zentimeter er benötigte, um das Lineal zu fangen. Anschließend gab es einen Becher Cola zu trinken, und der Versuch wurde nach einiger Zeit wiederholt. Das Koffein dockt an einem Rezeptor an, der normalerweise mit Adenosin einen Stoff zur Beruhigung der Zelle bindet, um diese nicht zu überlasten. Da das Koffein den Rezeptor blockiert, kann er kein Adenosin mehr binden, und die Zelle arbeitet weiter auf voller Leistung.

Und tatsächlich: Bei der zweiten Runde haben sich die meisten von uns verbessert, und der Rest hat sich trotz fortgeschrittener Zeit nicht oder nur leicht verschlechtert.

Der lustigste Teil des Vortrags bestand aber aus dem Biofeedback, einem Versuch, bei dem jeder einen Spiegel bekam und sich dann 30 Sekunden lang im Spiegel anlächeln sollte. Dazu schauten wir zuerst ein paar Videos, bei denen sich der gesamte Saal vor Lachen kaum noch auf den Stühlen halten konnte und somit super auf das Biofeedback eingestimmt war. Auch wer hierzu keinen Spiegel mehr abbekommen hatte, hatte seinen Spaß daran, mit anzusehen, wie die anderen beim Spiegelgucken reihenweise Lachanfälle bekamen. Einer der lustigsten Abende in der Akademie endete mit dem Fazit, dass auch Lernen leichter fällt, wenn man sich zuvor in gute Stimmung versetzt.

Herrn Prof. Dr. Lindner ein herzliches DANKE-SCHÖN für diesen super witzigen und interessanten Abend!

Wandertag

CAROLINE PFANNSCHMIDT

Am Freitag ging es morgens los zu unserem Wandertag. Wir hatten Glück mit dem Wetter, die Sonne schien und es war ziemlich warm. In drei Gruppen aufgeteilt liefen wir verschiedene Routen. Ich erzähle nun von meiner Route durch das Fischbachtal:

Wir waren alle noch munter und frisch und sangen verschiedene Wanderlieder, die uns einfielen, bis wir an die erste Station kamen.

Dort stärkten wir uns zuerst einmal mit Brötchen und Getränken für den zweiten Teil der Wanderung.

Bevor es weiterging, wurde uns eine etwas ungewöhnliche Aufgabe gestellt: In unserer Wandergruppe waren Teilnehmer aus drei verschiedenen Kursen. Alle aus einem Kurs sollten sich zusammenschließen und in zehn Minuten einen möglichst hohen Turm aus Naturmaterialien bauen. Kriterien waren Stabilität, Aussehen, Höhe und die Pflanze, die ganz oben angebracht werden sollte. Nach Ablauf der Zeit gab es zwei sehr stabile, hohe Türme (von denen der höhere

auch gewonnen hat) und einen extrem hohen, der allerdings nicht wirklich stabil war sondern sofort wieder umkippte



Wenig später ging es weiter über Wiesen und Felder, wo es schon bald die nächste Aufgabe zu lösen galt: Auf zwei Slacklines, die sich überkreuzten, sollte ein Bach überwunden werden! Die ersten mutigen Jungs schwangen sich mit-samt ihres Rucksacks sofort darauf und meisterten die Herausforderung ohne Probleme. Natürlich bekam der eine oder andere auch nasse Füße. Wir Mädchen hatten eine andere Strategie: Wir zogen uns Schuhe und Socken aus und wateten durch den sehr kalten Bach, um so unsere Rucksäcke sicher ans andere Ufer zu bringen. Unsere Mogelei wurde allerdings von unserer Gruppe nicht akzeptiert, weshalb wir wieder zurück und den Bach auf den Slacklines überqueren mussten. Der Vorteil bei der Sache war, dass wir barfuß waren und somit ruhig am Ende in den Bach springen konnten, ohne dass unsere Schuhe komplett durchnässt waren.

Nachdem es alle über den Bach geschafft hatten, sagte uns ein Blick auf die Uhr, dass wir mächtig spät dran waren. Deshalb ging es ab jetzt im Laufschrift durch den kühlen Wald unserem Mittagessen entgegen. Das war der anstrengendste Teil unserer Wanderung, da wir etwa eine Stunde in strammem Tempo liefen.

Kartoffelsalat und Würstchen beim Mittagessen in einer Scheune schmeckten uns dann auch bestimmt doppelt so gut wie den Anderen, denn wir waren mit Abstand als letzte beim Mittagessen angekommen.

Zurück zur Akademie wanderten wir dann gemeinsam als große Gruppe. Schneller, als wir dachten, waren wir wieder am LSZU und fie-



len nach einer erfrischenden Dusche erst mal in unsere Betten, um uns auszuruhen. Nach dieser Pause konnten wir dann später im Kurs wieder richtig loslegen.

Alles in allem war der Wandertag ein schönes Erlebnis, an das man sich gerne erinnert!

Faszination Film – Adelsheim leuchtet

FRIEDERIKE LUTZ

Bizarre Felsformationen, unendliche Weiten, aktive Geysire, glühende Landschaften und ein Titel, der sich gewaschen hat: Atamafasajaramorgana. Das fasst die Impressionen unseres abendlichen Spaziergangs durch die beeindruckenden Installationen des Barons Louis von Adelsheim nur ansatzweise zusammen. In der seit 2005 jährlich stattfindenden Ausstellung zeigt der renommierte Videokünstler seine selbst gedrehten Videoaufnahmen, welche aus drei verschiedenen Wüsten unseres Planeten stammen: Der Atacamawüste, der Westsahara und der bolivianischen Salzwüste, dem Salar de Uyuni. Bilder davon wurden mit Beginn der Abenddämmerung auf Wände, Mauerwerk,

Leinwände und Gras seines Schlossparks projiziert.

Spontan duften dieses Jahr auch wir Teilnehmer und Leiter der JuniorAkademie Teil dieser faszinierenden Ausstellung werden. Zunächst von der abstrakten Persönlichkeit der Ausstellung verwundert, fanden wir anschließend umso mehr Gefallen daran, die Installationen auf uns wirken zu lassen. Egal ob es sich dabei um eine von Schweinen durchwühlte Müllhalde in der sengenden Mittagssonne oder eine Skulptur des chilenischen Malers und Bildhauers Hugo Marin handelte, es gab viel Freiraum für Interpretation, Kritik und Gefühl. Jede der Installationen spielte an, wollte einen Gedanken freisetzen, rief zur Stellungnahme auf. So auch das sich stetig im Video wiederholende Schicksal der marokkanischen Gerber aus Fes auf dem Mauerwerk eines Nachbargebäudes. Knietief sieht man sie in der gesundheitsschädlichen Beize stehen, die ihr Lebensunterhalt und Todesurteil darstellt.

Auf dem weiteren Weg zum Lagerfeuer beschränkten wir den scheinbar glühenden, von Flammen umzüngelten Kies, um gleichsam fasziniert wie begeistert einen Platz am echten Lagerfeuer einzunehmen. Meinungen wurden dort ausgetauscht und Favoriten festgelegt.



Viel zu schnell mussten wir uns auf den Heimweg machen, wo wir auf den Zimmern augenblicklich in erholsamen Schlaf fielen. Manch einer wird wohl auch noch im Traum der unendlichen Schönheit der Wüste verfallen sein.

Nachtwanderung

KATRIN GENG, FLORIAN MANDL

Dieses Jahr gab es in der Science Academy auch wieder eine Nachtwanderung. Am Montag nach dem Abendessen traf sich der Astrokurs und wurde mit den nötigen Geräten ausgestattet. Kurz darauf sammelte sich die erste Gruppe vor dem Plenum. Die Gruppen waren zum Teil nicht ganz vollständig, da manche das Bett der freiwilligen Nachtwanderung vorzogen.

Wir gingen los und tappten erst mal eine Weile im Dunkeln, bis sich unsere Augen an die Dunkelheit gewöhnt hatten. Unser erstes Ziel war eine Wiese, die ca. 20 Minuten zu Fuß entfernt war und nördlich des LSZU lag. Auf der Wiese angekommen zeigten die beiden leitenden Astros ihrer Gruppe Sternbilder des nördlichen Sternhimmels wie zum Beispiel den Große Bären, den Kleinen Bären mit dem Polarstern, die nördliche Krone, Bootes – den Bärenhüter, Herkules und viele mehr.

Die Route verlief weiterhin nördlich auf einem Waldweg bis zur nächsten Lichtung, auf der dieses Mal das Sommerdreieck im Mittelpunkt stand. Auf dem Weg dorthin erzählten die Astronomen Mythen zu den bereits erklärten Sternbildern, zum Beispiel wie der Große Bär und der Kleine Bär mit dem Bärenhüter oder der Schwan und die Leier an den Himmel kamen.

Die weiteren Gruppen starteten jeweils im Viertelstundentakt, bis die fünfte und letzte Gruppe um 22:15 Uhr von der Turnhalle aus loslief. Manche Gruppen gingen einen kleinen Umweg und machten einen kurzen Abstecher in ein Dorf, weil die GPS-Geräte den falschen Standort angaben. Letztendlich kamen aber alle an. Das letzte Ziel, unser Highlight, war eine Wiese, auf der Carolin, Georg und Dominik mit drei Teleskopen auf uns warteten. Dort war auch eine Plane ausgebreitet, auf der wir entspannt in die Sterne schauen konnten. Dann durften wir der Reihe nach durch ein großes Spiegelteleskop schauen, das auf den Cirrusnebel gerichtet war.

Nachdem alle den Supernovaüberrest bewundert hatten, der aufgrund seiner Größe gar nicht ganz in dem Himmelsausschnitt, den das Tele-

skop zeigte, zu sehen war, haben wir noch durch zwei kleinere Teleskope den Kugelsternhaufen M13 im Sternbild Herkules betrachtet. Einmal war er nur als kleiner Nebelfleck sichtbar, und in der anderen Einstellung konnte man schon einzelne Sterne erkennen. Nach der Beobachtung durch die Teleskope traten die einzelnen Gruppen den Rückweg an und fielen nach ca. ein bis eineinhalb Stunden Nachtwanderung müde ins Bett.

Die Krönung von zwei tollen Wochen – der Abschlussabend

JANA ZIMMERMANN

Der Abschlussabend war für viele von uns der Höhepunkt der Akademie. Nach den Präsentationen und dem leckeren Abendessen freuten sich alle Gäste und die gesamte Science Academy auf den Abend. Um 20 Uhr begann das Programm, das von Wendelin und Patricia moderiert wurde.

Den Einstieg machte die Big Band mit der Titelmusik der Raumpatrouille Orion. Dies ist die Musik, welche uns die ganze Akademie über begleitete. Sie lies uns regelmäßig vom Frühstück aufschrecken, weil sie uns ankündigte, dass nur noch wenig Zeit blieb, um pünktlich im Plenum zu erscheinen. Sie auch an diesem Abend zu hören, war eine gelungene Überraschung.

Nach der Eröffnung des Abends und der Begrüßung durch die Akademieleitung führte die Theater-KüA unter der Regie von Katharina das Stück „Bunbury – oder Ernst sein ist alles“ von Oscar Wilde auf. Das Publikum war begeistert. Nicht nur diese Aufführung, sondern auch die folgenden Showeinlagen wurden ausgiebig beklatscht. Unter anderem gab es mehrere Auftritte unserer engagierten Schülermentoren, zum Beispiel eine Mülltonnenshow zur Musik von der Sesamstraße. Diese wurde zuvor sehr eindrucksvoll und lehrreich von Georg anmoderiert, der uns zunächst einen amüsanten Vortrag über die Schwierigkeiten der Mülltrennung hielt. Zudem wurde das Publikum von einem fröhlichen Pfeifkonzert und amüsanten Tanzeinlagen erheitert.

Besonders gut kamen auch die Pool-Brothers,

ein Gesangsduo bestehend aus Alex und Daniel, an. Mehrere weibliche Zuhörer schmolzen förmlich dahin, und so kamen die beiden natürlich nicht um eine Zugabe herum. Jeder von uns Teilnehmern durfte mit seinem Kurs auf die Bühne kommen und bekam passend zum diesjährigen Akademiemotto „Licht“ ein kleines Teelicht geschenkt, das uns zu Hause an die schöne Zeit der Akademie erinnern soll. Ein weiterer Programmpunkt war die bekannte und beliebte „Gute-Nacht-Geschichte“ aus dem Buch „Die Känguru-Chroniken“ des Autors Marc-Uwe Kling, gelesen von Niklas und Zacharias.



Dann neigte sich der Abend zumindest für unsere Gäste auch schon dem Ende zu, aber für uns Teilnehmer und die Leiter ging die Party nach der Show erst richtig los. Nachdem auch die letzten Stühle aufgeräumt waren, wurde endlich die Musik laut aufgedreht, und wir feierten nach diesem sehr ereignisreichen Tag noch bis tief in die Nacht die zwei wunderbaren und einmaligen Wochen, die wir hier erleben durften.

Danksagung

Die JuniorAkademie Adelsheim / Science Academy Baden-Württemberg fand in diesem Jahr bereits zum 11. Mal statt. Daher möchten wir uns an dieser Stelle bei denjenigen bedanken, die ihr Stattfinden überhaupt möglich gemacht haben.

In diesem Jahr wurde die Akademie in erster Linie durch die H. W. & J. Hector Stiftung finanziell unterstützt. Einen weiteren Teil der Mittel trugen das Ministerium für Kultus, Jugend und Sport von Baden-Württemberg und der Förderverein der Science Academy e. V. bei. Dafür möchten wir uns an dieser Stelle bei allen Unterstützern ganz herzlich danken.

Die JuniorAkademie Adelsheim ist ein Projekt des Regierungspräsidiums Karlsruhe, das im Auftrag des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport, Baden-Württemberg und mit Unterstützung der Bildung & Begabung gGmbH Bonn für Jugendliche aus dem ganzen Bundesland realisiert wird. Wir danken daher dem Schulpräsidenten im Regierungspräsidium Karlsruhe, Herrn Prof. Dr. Werner Schnatterbeck, der Referatsleiterin des Referates 75 – Allgemein bildende Gymnasien, Frau Leitende Regierungsschuldirektorin Dagmar Ruder-Aichelin, Herrn Jurke und Frau Reinhard vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport sowie dem Koordinator der Deutschen Schüler- und JuniorAkademien in Bonn, Herrn Volker Brandt.

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

Zuletzt sind aber auch die Kurs- und KüA-Leiter gemeinsam mit den Schülermentoren und der Assistenz des Leitungsteams diejenigen, die mit ihrer hingebungsvollen Arbeit das Fundament der Akademie bilden. Ein besonderer Dank gilt an dieser Stelle Jörg Richter, der auch in diesem Jahr für die Gesamterstellung der Dokumentation verantwortlich war.

Diejenigen aber, die die Akademie in jedem Jahr einzigartig werden lassen und die sie zum Leben erwecken, sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Deshalb möchten wir uns bei ihnen und ihren Eltern für ihr Vertrauen ganz herzlich bedanken.