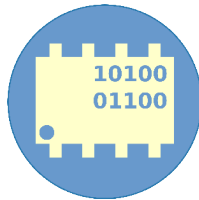


JuniorAkademie Adelsheim

10. SCIENCE ACADEMY BADEN-WÜRTTEMBERG 2012



Astronomie



Digitaltechnik



Mathematik



Medizin



Physik/Informatik



TheoPrax

**Dokumentation der
JuniorAkademie Adelsheim 2012**

**10. Science Academy
Baden-Württemberg**

Träger und Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2012:

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 10. JuniorAkademie Adelsheim 2012 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mit Hilfe von L^AT_EX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter

Druck und Bindung: RTB Reprinttechnik Bensheim

Copyright © 2012 Georg Wilke, Petra Zachmann

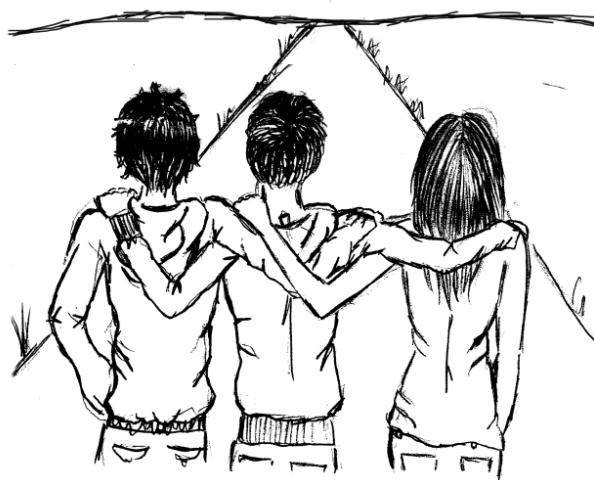
Vorwort

Seit nunmehr zehn Jahren treffen sich jeweils 72 Schülerinnen und Schüler in Adelsheim auf dem Eckenberg, um an der JuniorAkademie Adelsheim teilzunehmen. Gemeinsam mit dem 30-köpfigen Leitungsteam verbringen sie dort das Eröffnungswochenende, die zweiwöchige Sommerakademie und das Dokumentationswochenende.

Zehn Jahre sind ein Grund zum Feiern! Deswegen begingen wir in diesem Jahr gemeinsam mit ehemaligen und aktuellen Leitern und Teilnehmern das zehnjährige Jubiläum in einem feierlichen Festakt, der die Arbeit der Akademieleitung und der Kursleiter für die Akademie über die vergangenen Jahre würdigte. Nach den beiden Grußworten des Schulpräsidenten Prof. Dr. Schnatterbeck und des Schulleiters des Eckenberg-Gymnasiums Herrn Stendebach zeigte Frau Dr. Grosch in ihrem Festvortrag die Bedeutung von Deutschen Schülerakademien für die weitere Entwicklung der Teilnehmer auf. Dem einen oder anderen Ehemaligen mag dabei ein Lächeln über die Lippen gehuscht sein, als er seine eigenen Erfahrungen bestätigt sah. Zusammen mit der Akademieleitung und Frauke Jensen, einer Teilnehmerin der ersten Akademie 2003, die inzwischen Schiffsbau in Hamburg studiert, blickten wir auf zehn Jahre Akademiegeschichte zurück.

Die Teilnehmer der diesjährigen Akademie sind in allen Teilen Baden-Württembergs zu Hause. Doch ihre Wege kreuzten sich in Adelsheim, um dort einen Teil ihres Weges gemeinsam zu gehen. Diesem Aspekt schenkten wir in diesem Jahre besondere Bedeutung und griffen ihn als Leitgedanken der diesjährigen Akademie heraus.

Walking together



Mit dem „Weg“-Begriff sind viele verschiedene Assoziationen verbunden. Er steht zunächst für eine Verbindung zwischen Orten in Form von Straßen oder auch Schienen. Er kann aber auch in einem zeitlichen Zusammenhang stehen: Er beschreibt einen Lebensweg oder einen Lebensabschnitt, den wir zum Teil alleine, aber auch gemeinsam mit anderen beschreiten. Die Teilnehmer der

diesjährigen Akademie verbindet nun ein gemeinsamer Wegabschnitt, der von vielen wertvollen Erfahrungen und Erlebnissen geprägt wurde.

Liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer, auch wenn sich unsere Wege nach dem Dokumentationswochenende nun zunächst einmal trennen, so können wir aus Erfahrung sagen: Die Freundschaften, Erfahrungen und Erlebnisse können euch nicht mehr genommen werden. Viele ehemalige Teilnehmer erzählen von den Wegen, die ihnen die Akademie aufgezeigt und auch ermöglicht hat. Für viele war die Akademie die Tür zu einer naturwissenschaftlichen Laufbahn. Haltet eure Augen offen, um neue Wege zu entdecken und habt den Mut auch beschwerlicheres Gelände zu erkunden.

Wir wünschen euch alles Gute auf eurem weiteren Weg und freuen uns jetzt schon darauf, den ein oder anderen von euch bald in anderem Zusammenhang, oder sogar bei einer späteren Akademie wieder zu sehen.

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 – DIGITALTECHNIK	27
KURS 3 – MATHEMATIK	47
KURS 4 – MEDIZIN	67
KURS 5 – PHYSIK/INFORMATIK	91
KURS 6 – THEOPRAX	117
KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE	133
DANKSAGUNG	143

Kurs 1 – Asteroiden: Gefahr aus dem All?



Unser Kurs

Anna Z. ergriff in Kleingruppen oft die Initiative und blieb dabei ruhig und gelassen. Sie überzeugte uns von unseren Ideen und brachte sich gut mit ein. Ihr herausragendes Merkmal waren ihre vielen Lachflashes, denn sie lachte gern, viel und vor allem sehr lang, unter anderem auch beim Üben der Präsentation.

Clemens Obwohl Clemens eher still war, hatte er jedes Mal eine tolle Idee, wenn wir nicht mehr weiter wussten. Er blieb gelassen und hatte dabei meistens ein verschmitztes Lächeln auf dem Gesicht. Seine Naturverbundenheit zeigte sich sowohl bei der Suche des Asteroidenkraters als auch bei der Erkundung des Steinbruchs am Ausflugs- tag.

Elias Anfangs wusste niemand wirklich, wer Elias war. Viele dachten auf Grund seines Namensschildes, er heiße Myriam. Für

uns war er jedoch Steven Spielberg: der Regisseur unserer Dokumentationsfilme und Meister des Filmschnitts. Außerdem för- derte er den Gruppenzusammenhalt am An- fang der Akademiezeit durch die Einfüh- rung einer neuen Sitzordnung. Bei unseren kreativen Aktivitäten fiel er oftmals dem Sprühkleber zum Opfer.

Franzi war die Organisatorin unseres Kurses, sie behielt immer den Durchblick und trieb die Arbeit wesentlich voran. Sie war eine wahre Motivationsbombe, immer gut ge- launt und ein nie endender Wirbelsturm an Energie. Bei Bastelarbeiten war sie voll in ihrem Element und bei der Stickstoff-Eis- Aktion hatte sie ihre Nase ganz weit vorne.

Hannah Auch Hannah war bei allem vorn da- bei und probierte die Experimente als Erste aus. Sie war sozusagen unser Versuchska-

ninchen. Dabei zerstörte sie auch mutwillig Akademieeigentum mit flüssigem Stickstoff. Sie blieb jedoch immer kritisch und verhinderte, dass unrealistische Ideen in unser Konzept aufgenommen wurden.

Jonathan war der Sprücheklopfer des Kurses und lockerte so die Stimmung auf. Durch seine nette und leicht verrückte Art brachte er immer Schwung in unsere Aktionen. Er wollte sich als Nachtaufsicht betätigen, wobei wir vermutlich viel Spaß gehabt hätten. Von ihm stammt unter anderem die wage-mutige Idee, bei einem Nachtreffen unseres Kurses aus dem Flugzeug zu springen.

Jürgen war unser Astronomie-Profi. Er sorgte für das nötige Fachwissen und trug mit seinem Spiegelteleskop zur Arbeitsausrüstung bei. Bei der Vorbereitung der Sommerakademie erstellte er die komplizierteste Präsentation, wobei er wahre Zungenbrecher richtig aussprach. Außerdem führte er die Tradition fort, dass sich jedes Jahr bei der Nachtwanderung eine Gruppe verläuft.

Lena war der Sonnenschein und der ausgeglichene Pol in unserem Kurs. Sie förderte das Kursklima entscheidend und sorgte für gute Zusammenarbeit. Des Weiteren betätigte sie sich als Designerin unserer Kurs-Shirts und im Nachhinein merkten wir, wie sehr wir sie am Eröffnungswochenende vermisst hatten.

Leo auch bekannt unter dem Namen Leonator, war immer relaxed mit einem Lachen dabei und lockerte die Stimmung des Kurses auf. Gerade weil er ein so toller Typ war, haben wir ihm gleich verziehen, dass er unseren Eimer beim Sportfest umgeworfen hat. Außerdem war Leos Präsentationsstil einfach nur klasse.

Luise war unsere Lachkönigin und Limbo-Meisterin. Durch ihre lustige und verrückte Art munterte sie alle auf und motivierte uns zum Weitermachen, wenn mal die Luft raus war. Bei unserem großen Abwurfversuch fand sie nach langer Suche unseren Einschlagskrater und bei den Stickstoffversuchen aß sie sogar gefrorene Kekse.

Markus war unser Perfektionist. Er sorgte dafür, dass unsere Abschlusspräsentation so

toll wurde und gut über die Bühne ging. Er hat einen großen Teil zur Arbeit beigetragen und war bei allem mit Engagement dabei. Mit seiner Lebensfreude übernahm er auch die Rolle des Kursmotivators beim Sportfest.

Riza Über Sterne wusste Riza alles. Sie war immer interessiert und gut gelaunt und lieferte dabei hervorragende Ideen. Als Ninja-Meisterin zweifeln wir nicht daran, dass sie selbst mit einer Sonnenfinsternis-Brille bei Nacht bei „Ninja“ gewinnen würde. Sie war nicht nur das Karate-Kid unseres Kurses, sondern auch ein Powergirl und zeigte uns, wo's langgeht.



Unsere Astro-Girls.

Anna K. Unsere Schülermentorin Anna ist die Beste, die es jemals gab. So gut gelaunt, lustig und liebenswürdig wie sie war, hat sie alle Aktionen mitgemacht, egal wie verrückt sie waren. Sie war unser kurseigener Paparazzo und scheute dabei nicht einmal davor zurück, unseren großen Abwurf aus dem Flugzeug heraus zu dokumentieren. Sie versorgte uns sowohl mit Süßigkeiten als auch mit Massagen und war dabei immer ehrlich und aufrichtig.

Carolyn Unsere nette Kursleiterin Carolyn ist sehr ideenreich. Sie sorgte für einen Großteil der Kursausstattung sowie auch für tolle Versuche wie das Tiramisu-Modell. Mit guter Laune und Optimismus blieb sie trotzdem immer realistisch. Damit hielt sie uns auf dem Boden und bewahrte uns vor zu großem Übermut. Wenn wir mal nicht weiter wussten, hatte sie immer einen passenden Vorschlag.

Dominik Unser Kursleiter Dominik motivierte uns mit jedem Wort. Er war immer überzeugt von uns und vertraute darauf, dass wir die Besten sind und alles schaffen können. Er stand uns die ganze Zeit über mit gutem Rat zur Seite und blieb immer bei guter Laune. Außerdem sorgte er durch unvergessliche Zitate für eine lustige Zeit. Und wo Dominik ist, ist die Cola nicht weit ...

Vorwort

ANNA KANDZIORA

Als wir uns das erste Mal am Eröffnungswochenende trafen, waren wir einfach nur ein bunter Haufen Teilnehmer mit zwei Kursleitern und einer Schülermentorin. Niemand kannte sich, und alle waren noch etwas schüchtern. Wie waren die anderen so? Würde ich im Kurs mithalten können? All diese Sorgen verschwanden in den ersten Tagen der Sommerakademie. Dank toller Gruppenspiele wie Ninja und dem gordischen Knoten wuchsen wir zu einer Gemeinschaft zusammen. Außerdem lockerten ich als Kurs-Papparazzi beim fotografieren und einige Teilnehmer mit ihrer guten Laune immer wieder die Stimmung im Kurs auf. Süßigkeiten retteten uns in allen schwierigen und nervenaufreibenden Situationen.

So gelang es uns noch so schwere Aufgaben gemeinsam zu lösen und tolle Dinge zu erleben. Von Theorie bis hin zu Experimenten und sogar dem Abwerfen eines Modellasteroiden aus dem Flugzeug war alles dabei. Aber davon sollen die Teilnehmer selbst erzählen.



Der gordische Knoten

Entstehung und Aufbau unseres Sonnensystems

CLEMENS LINK, LUISE NOTTMAYER

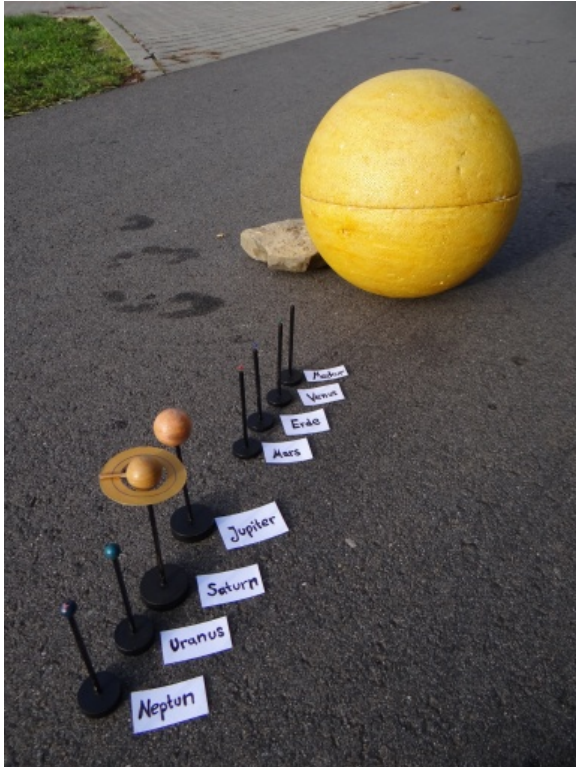
Die Entstehung der Sonne und der Planeten

In unserem Kurs wollten wir uns also mit Asteroiden – ihrer Entstehung, ihren Eigenschaften, ihrer Beobachtung, aber auch mit den Gefahren, die von Asteroideneinschlägen auf der Erde ausgehen können – befassen. Um zu verstehen, was Asteroiden eigentlich sind, ist aber zuerst eine kleine Zeitreise zurück bis zur Entstehung des Sonnensystems nötig.

Gas- und Staubwolken sind die Kinderstuben der Sterne, in ihnen liegen die sogenannten Sternentstehungsgebiete. Auch unser Sonnensystem entstand vor über 4,5 Milliarden Jahren aus einer solchen Wolke! Mit der Zeit begann die Wolke, sich zu drehen und sich zusammenzuziehen. In der Mitte der sich verdichtenden Materie entstand schließlich die Sonne, unser Stern. Außerdem bildete sich eine Gas- und Staubscheibe aus der darum liegenden Materie, deren Partikel sich an einigen Stellen sammelten und zu größeren Körpern verdichteten. Durch ihre eigene Schwerkraft oder bei Kollisionen sammelten diese Körper immer mehr Masse an. Diese Planetenvorläufer hatten meistens eine sehr kurze Lebensdauer, denn sie stießen oft mit anderen ihrer Art zusammen.

Schließlich kristallisierten sich die acht Planeten heraus, die wir heute kennen: Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun, die im Gegensatz zu den kleineren Körpern fast kreisförmige Umlaufbahnen besitzen. Man kann sie sich mit dem Spruch „Mein Vater Erklärt Mir Jeden Samstag Unseren Nachthimmel!“ merken.

Pluto zählt heute nicht mehr zu den Planeten: Seine Bahn weicht stark von einem Kreis ab, er ist nicht groß genug und es gibt zu viele ähnlich große Objekte in seiner Nähe, die er um als Planet zu gelten bereits „aufgesammelt“ haben müsste. Deshalb wird er als Zwergplanet eingestuft.



Modell unseres Sonnensystems mit maßstabsgetreuen Größen von Sonne und Planeten.

Asteroiden, Kometen, Meteore und Meteorite

Im 18. Jahrhundert hatten sich Wissenschaftler überlegt, dass in der Lücke zwischen Mars und Jupiter offenbar ein weiterer Planet fehlt. Die starke Gravitationskraft des großen Jupiter und ihr Wechselspiel mit der Schwerkraft der Sonne hatte die Entstehung eines weiteren Planeten verhindert. Stattdessen bildete sich dort der Asteroidengürtel, in dem sich der größte Teil der Asteroiden befindet. Dabei handelt es sich um Gesteinsbrocken, deren Hauptunterschied zu den Planeten ist, dass sie zu klein sind, um eine Kugelform zu bilden. Der Asteroidengürtel ist also ein Überbleibsel der Geburt unseres Sonnensystems und zeugt somit von dessen Entstehung, deshalb sind Asteroiden auch sehr interessante Forschungsobjekte.

Kein Asteroid hat auch nur annähernd die Größe der Erde, ihr Durchmesser liegt meistens unter 50 km. Ceres, das größte Objekt im Hauptgürtel, hat einen Durchmesser von ca. 1000 km und zählt bereits zu den Zwergplaneten. Au-

ßerhalb der Neptunbahn existiert ein weiterer Gürtel, der nach dem Astronomen Gerard Kuiper benannte Kuiper-Gürtel. Dort befinden sich nicht nur Asteroiden und mehrere Zwergplaneten wie Pluto oder Eris, sondern auch viele Kometenkerne. Weit außerhalb des Kuiper-Gürtels befindet sich noch die sogenannte Oortsche Wolke, aus der Kometen mit sehr langen Umlaufzeiten stammen. Kometen bilden bei ihren Vorbeiflügen an der Sonne einen Gas- und einen Staubschweif und können deshalb sehr auffällig sein. Man nennt Kometen aufgrund ihrer Zusammensetzung auch „schmutzige Schneebälle“.

Es kommen auch Asteroiden außerhalb der beiden Gürtel vor, zum Beispiel die sogenannten Trojaner. Außerdem gibt es die Near Earth Objects (kurz: NEOs), die in der Nähe der Erde ihre Bahnen ziehen. Einige haben sogar Bahnen, die der Erdumlaufbahn bedrohlich nahe kommen oder sie sogar kreuzen, sodass dabei auch Kollisionen mit der Erde möglich sind. Um zusammenzuprallen, müssten sie jedoch genau zur selben Zeit am selben Punkt sein wie die Erde, was sehr selten der Fall ist. Da die Bahnen außerdem oft nicht in derselben Ebene wie die der Erde liegen und von der Kreisform deutlich abweichen können, unterscheiden sich auch ihre Umlaufzeiten von denen der Erde. So stellen manche NEOs auf lange Sicht durchaus eine Gefahr für die Erde dar, da irgendwann der Zeitpunkt gekommen sein wird, an dem sie mit der Erde kollidieren.

Noch kleinere Körper im Sonnensystem nennt man Meteoroiden. Ihre Größe liegt zwischen der eines Staubkorns und mehreren Metern. Wenn Meteoroiden in die Erdatmosphäre eintreten, kann man Leuchterscheinungen am Himmel sehen, die von Astronomen „Meteore“ und volkstümlich „Sternschnuppen“ genannt werden.

Himmelskörper, die auf der Erde aufgeschlagen sind, nennt man Meteoriten. Man unterscheidet hierbei zwischen Eisen- und Steinmeteoriten, die mit etwas Glück in allen Gebieten der Erde auffindbar sind. Oft kommen diese Körper ursprünglich aus dem Asteroidengürtel, sie können aber auch von anderen Himmelskörpern stammen, wie dem Mars oder dem Mond. Viele

Meteorite fallen durch eine hohe Dichte und durch ihre beim Sturz durch die Erdatmosphäre geschmolzene Oberfläche auf.

Asteroiden

ELIAS HUBERT, CLEMENS LINK

Verschiedene Typen von Asteroiden

Asteroiden unterteilt man in zwei Hauptgruppen: differenzierte und undifferenzierte Asteroiden. Letztere werden auch als Schutthaufenasteroiden bezeichnet. Dabei handelt es sich meist um eher kleinere Asteroiden. Die einzelnen Gesteinsbrocken ballen sich unter gegenseitiger Anziehung zusammen und bilden so einen mehr oder weniger zusammenhängenden Körper. Auf der Oberfläche bildet sich mit der Zeit eine sogenannte Regolithschicht. Das ist eine Schicht aus Staub und kleineren Gesteinsbrocken. Dadurch sehen auch undifferenzierte Asteroiden von außen aus, als wären sie massiv. Größere Asteroiden, bei denen die Gesteinsansammlungen aufschmelzen konnten, sind differenziert und lassen sich durch das Zwiebelschalenmodell beschreiben: Die schwereren Metalle sinken dabei nach innen ab und bilden einen Kern, während die leichten Elemente außen liegen und eine eisdurchsetzte Kruste bilden. Dazwischen findet man meist eine Mischung verschiedener Gesteine. Über die Silikat-Eis-Schicht legt sich auch hier eine Regolithdecke.

Bau von Asteroidenmodellen

Die verschiedenen Arten von Asteroiden wollten wir mittels Modellen veranschaulichen. Diese sollten sowohl zeigen, wie die Asteroiden von außen aussehen, als auch, wie sie im Innern aufgebaut sind. Dazu arbeiteten wir in vier Gruppen, die einen Zwiebelschalenasteroiden, einen Schutthaufenasteroiden und die jeweiligen Querschnitte bastelten.

Die Modelle für die Ansicht von außen wurden mit Pappmaché gefertigt. Für das Grundgerüst dienten für den Zwiebelschalenasteroiden zwei Farbbecher und für den Schutthaufenasteroiden ein Drahtgestell. Über das Pappmaché

streuten wir eine Regolithschicht aus Sand, Kohlenstaub, Lehmpulver, Mehl und anderen Materialien.



Beim Einlöten der metallischen Einschlüsse in das Schutthaufenmodell.

Für das Querschnittsmodell des differenzierten Asteroiden benutzten wir eine angemalte Glasurmurmur als Kern, eine Styroporkugel als dicke Silikatschicht und selbst hergestellte Knetmasse für die Eisschicht. In die Knete konnten wir mit den Fingerspitzen sogar Krater modellieren. Um das Querschnittsmodell des undifferenzierten Asteroiden herzustellen, mischten wir eine Art Teig an. Darin waren alle möglichen Materialien enthalten: Mehl, Lehm, Steine, Sand und vieles mehr. Dieser Teig wurde in einem Ofen „gebacken“, also ausgehärtet. Im Anschluss lötetten wir Draht hinein, der Metalleinschlüsse darstellen soll. Bei beiden Modellen benutzten wir auch unsere Regolithschicht für die Oberflächen.

Raumfahrtmissionen zu Asteroiden

Asteroiden waren über viele Jahre hinweg in den Augen der Raumfahrtagenturen kein besonders wichtiges Ziel. Man stellte relativ schnell fest, dass diese Objekte klein und verkratert waren, und die Weltraumbehörden rechneten sich keine große Chance auf wichtige Informationen aus. Sonne, Planeten, Monde, aber auch Kometen erschienen den Astronomen als weit interessantere Objekte. Außerdem vermutete man, dass der Hauptasteroidengürtel, in dem sich die meisten größeren Objekte befinden, zu dicht mit Asteroiden, Trümmerstücken und Staub bevölkert sei, um überhaupt von einer

Raumsonde gefahrlos durchquert zu werden. Diese Annahme wurde jedoch mit Pioneer 10 widerlegt, der ersten Raumsonde, die den Asteroidengürtel kreuzte. Bei ihrer Durchquerung betrug der Abstand zum nächsten Asteroiden ungefähr 8,8 Mio. km.

Dennoch führten die Begegnungen von Raumsonden mit Asteroiden eher ein Schattendasein im Vergleich zur Erforschung der großen Planeten: Auf dem Weg zu ihrem Ziel flog die Jupitersonde Galileo 1991 erstmals am Asteroiden Gaspra und 1993 an Ida vorbei. Die erste Sonde, deren Hauptziel ein Asteroid war, war die NASA-Sonde NEAR aus dem Jahr 1996. Nach einem Vorbeiflug am Asteroiden Mathilde 1997 erreichte die Sonde im Jahr 2000 den Asteroiden Eros. Dabei wurden wichtige Daten über den ca. 30 km großen Gesteinsbrocken gesammelt. 2001 landete die Sonde sogar auf Eros, obwohl sie gar nicht dafür ausgelegt gewesen war. Von dort aus sendete sie noch über zwei Wochen Daten.

Nach zwei weiteren erfolgreichen NASA-Sonden (Deep Space 1, die 1999 zum Asteroiden Braille flog, und Stardust im Jahr 2002 zu Annefrank) schickte die japanische Behörde JAXA 2003 eine weitere ambitionierte Mission auf den Weg. Hayabusa sollte nicht nur auf dem Asteroiden Itokawa landen, sondern auch zum ersten Mal Bodenproben entnehmen. Trotz einiger technischer Probleme gelang die Landung 2005. Ab ihrem Rückflug im Jahr 2007 musste die Sonde wegen technischer Probleme allerdings eine drei Jahre lange Odyssee überstehen. Auch dies gelang Hayabusa. Die Rückkehrkapsel landete 2010 in Australien. Nach der Ankunft zeigte sich – entgegen vieler Erwartungen – dass die Sonde erfolgreich beim Sammeln von Proben war, die derzeit untersucht werden.

Die europäische Sonde Rosetta flog 2008 am Asteroiden Steins vorbei. Ihr eigentliches Ziel ist ein Komet, den sie voraussichtlich 2014 erreichen wird, aber bei ihrem Flug durch den Weltraum konnten auch Asteroiden untersucht werden. Dabei schoss die Sonde einige Fotos von Steins und dessen verkraterter Oberfläche. 2010 kam sie noch an dem wesentlich größeren Asteroiden Lutetia vorbei, dessen Geschichte aufgrund diverser Erdrutsche, Grate und Felsen



Der Asteroid Lutetia, fotografiert von der Raumsonde Rosetta. Bild: NASA/JPL-Caltech/JAXA/ESA

deutlich bewegter scheint.

Die neueste Asteroidensonde stammt von der NASA: Dawn, 2008 gestartet, erreichte 2011 die Umlaufbahn des großen Asteroiden Vesta. Dabei gelangen der Sonde einige Fotos, außerdem sammelte sie weitere Daten. Im September 2012 verließ die Sonde Vesta, um weiter Richtung des Zwergplaneten Ceres zu fliegen, den sie 2015 erreichen wird.

Meteoriten

JÜRGEN KLOOSS

Meteoritenklassen

Wenn man nun nicht gleich eine Raumsonde auf den Weg schicken kann, so bieten sich Untersuchungen von zur Erde gefallenem Asteroidenmaterial an, also an Meteoriten. Eine spannende Frage ist dabei, welche Arten von Meteoriten es eigentlich gibt, und auch wie man einen Meteoriten überhaupt als solchen erkennt! Meteoriten werden gemäß ihrer Zusammensetzung in drei Klassen unterteilt: die Steinmeteoriten, die Stein-Eisen-Meteoriten und die Eisenmeteoriten. Diese Klassen werden nach ihrem Aussehen und ihren Eigenschaften noch weiter unterteilt:

Steinmeteorite			Stein-Eisen-Meteorite		Eisenmeteorite		
Chondrite	Achondrite	Mondmeteorite Marsmeteorite	Pallasite	Mesosiderite	Oktaedrite	Hexaedrite	Ataxite
Gewöhnliche Chondrite Kohlige Chondrite Enstatit Chondrite Kakangari Chondrite Rumuruti Chondrite	Primitive Achondrite Differenzierte Achondrite				Größte Oktaedrite Grobe Oktaedrite Mittlere Oktaedrite Feine Oktaedrite Feinste Oktaedrite		

- Bei den Steinmeteoriten unterscheidet man Chondrite und Achondrite, wobei sich die Achondrite durch ein vorangegangenes Aufschmelzen und die daraus resultierende Mineralientrennung und Schichtenbildung (Differenzierung) von den Chondriten unterscheiden. Als Chondren bezeichnet man Silikateinschlüsse, die Bezeichnung deutet daher auf ein eventuelles Vorhandensein solcher Einschlüsse hin.
- Die Stein-Eisen-Meteorite werden in Pallasite und Mesosiderite aufgeteilt, die einen unterschiedlichen Gehalt an den Mineralien Feldspat und Pyroxen aufweisen.



Scheibe eines Eisenmeteoriten mit Widmanstätten-schen Figuren.

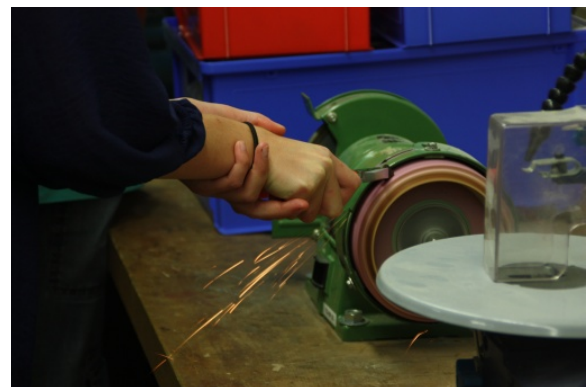
- Den Eisenmeteoriten werden die Oktaedrite, Ataxite und Hexaedrite untergeordnet, wobei nur die Oktaedrite ausgeprägte Widmanstätten-sche Figuren besitzen. Dies sind regelmäßige, sich kreuzende Linien auf der Oberfläche, die nach dem Ätzen mit konzentrierter Säure auftreten, da die zwei unterschiedlichen im Meteoriten vorkommen-

den Eisen-Nickel-Legierungen unterschiedlich stark auf Säure reagieren.

Teilweise werden die Unterklassen in Abhängigkeit ihrer chemischen Zusammensetzung noch feiner unterteilt.

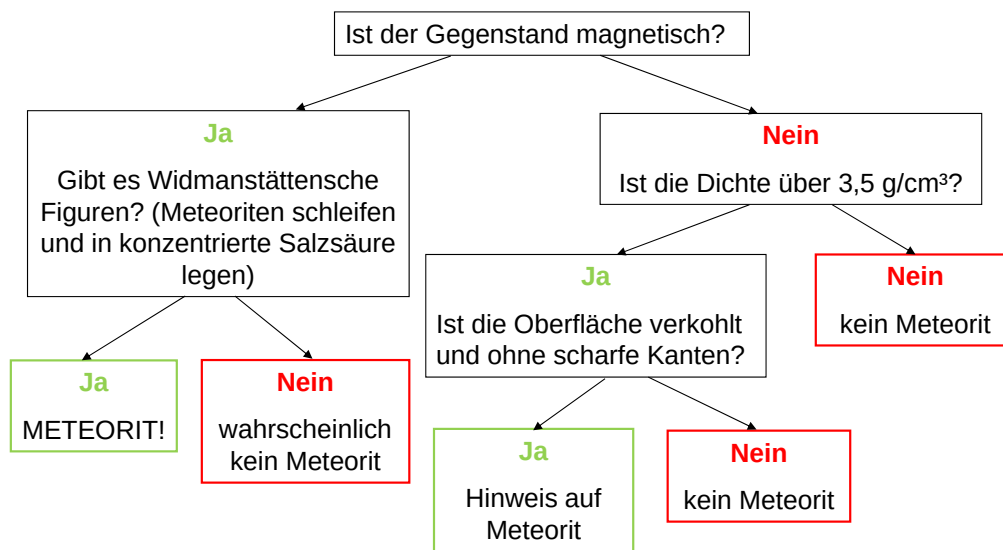
Untersuchung eines echten Meteoriten

An einem gekauften Meteoriten haben wir verschiedene Untersuchungsmethoden ausprobiert. Dabei sind wir folgendermaßen vorgegangen: Zuerst haben wir mit einem Magneten überprüft, ob der Meteorit magnetisch ist. Da dies der Fall war und es sich daher um einen Eisenmeteoriten handeln konnte, versuchten wir die Widmanstätten-schen Figuren sichtbar zu machen. Sie sind ein eindeutiges Indiz für einen Eisenmeteoriten.



Anschleifen des Meteoriten.

Dazu schliffen wir den Meteoriten an und legten ihn in konzentrierte Salzsäure (36 %). Unter dem Mikroskop waren die regelmäßigen Linien gut sichtbar. Also lag der Schluss nahe, dass unser Meteorit ein echter Eisenmeteorit war.



Meteorit im Salzsäurebad.

Ein unbekannter Stein – vielleicht ein Meteorit?

Mit den erlernten Methoden überprüften wir nun einen möglichen Meteoriten auf seine Echtheit, der Carolin zur Überprüfung ans Institut geschickt worden war. Wir bewältigten hier also eine echte wissenschaftliche Aufgabe. Dazu testeten wir wieder, ob der Stein magnetisch war. Da dies nicht der Fall war, wussten wir, dass es sich wenn dann nur noch um einen Steinmeteoriten handeln konnte.

Steinmeteoriten besitzen eine typische Dichte von über $3,5 \text{ g/cm}^3$. Da diese jedoch von unserem Untersuchungssexemplar mit einem Wert von $2,4 \text{ g/cm}^3$ deutlich unterschritten wurde, konnten wir schon recht sicher ausschließen

dass es sich um einen Meteoriten handelte.

Dieser Verdacht bestätigte sich, als wir seine Oberfläche untersuchten und feststellten, dass diese sehr kantig war. Dies wäre für einen Meteoriten sehr untypisch, da die Oberfläche beim Eintritt in die Atmosphäre aufgeschmolzen und durch den Luftstrom geglättet wird.

Himmelsbeobachtungen

RIZA-MARIA BERZ, LUISE
NOTTMAYER

Nachdem wir ungeduldig auf die erste sternklare Nacht gewartet hatten, spielte das Wetter endlich mit, sodass wir unsere eigenen Erfahrungen mit dem Nachthimmel machen konnten. Wir bewaffneten uns mit Teleskopen und Ferngläsern, und da es im September nachts auch ziemlich kalt werden kann, machten wir uns dick verpackt auf den Weg zur Wiese neben dem Sportplatz.

Bevor wir uns jedoch an die Teleskope wagten, setzten wir uns erst einmal mit unseren Sternkarten gemeinsam auf eine Plane und zeigten uns gegenseitig mit Hilfe eines Laserpointers die Sternbilder am Sommerhimmel. Da wir schon durch unsere Schülermentorin Anna einen Überblick bekommen hatten, konnten wir uns schon recht gut aus.

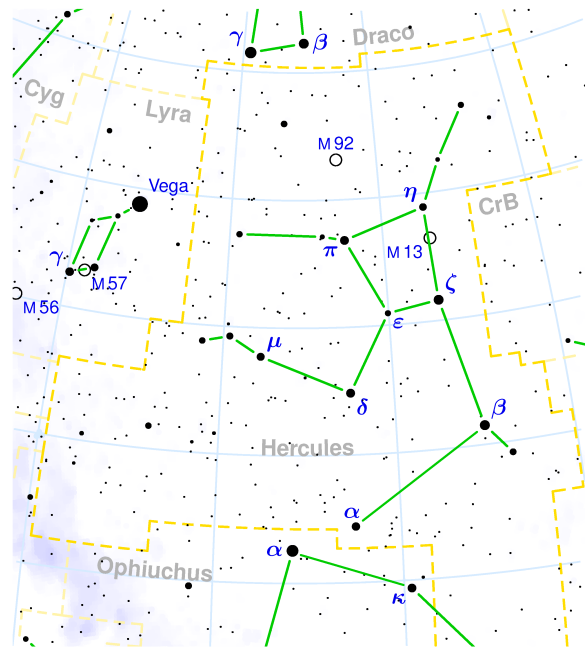
Um Sternbilder zu finden, die uns noch nicht

bekannt waren, benutzten wir eine drehbare Sternkarte. Sie besteht aus einer runden Scheibe, auf der der Sternhimmel mit seinen Sternbildern aufgezeichnet ist, und einer durchsichtigen Plastikscheibe, die darüber liegt. Am Rand befinden sich jeweils eine Skala mit den Tagen des Jahres und den Stunden eines Tages. Wenn man nun die passende Uhrzeit unter das entsprechende Datum rückt, kann man den Himmelsausschnitt betrachten, der zu diesem Zeitpunkt sichtbar ist, denn ein Teil der oberen Plastikscheibe ist abgedunkelt, sodass ein helles Oval den sichtbaren Teil des Himmels eingrenzt. Der Rand des Ovals stellt dann den Horizont dar und in der Mitte des Ovals steht das Sternbild, das im Zenit steht, also am Himmel senkrecht über dem Beobachter. Man muss dabei beachten, dass man eine Sternkarte von der passenden Erdhalbkugel hat, da sich die sichtbaren Sternbilder auf den beiden Hemisphären unterscheiden. Außerdem muss man die Sternkarte immer auf die Winterzeit einstellen. Mit einigen drehbaren Sternkarten kann man auch noch andere nützliche Positionen bestimmen, wie zum Beispiel die der Planeten.

Die Sternbilder

Will man sich nun erstmal einen Überblick am Nachthimmel verschaffen, so ist es oft am einfachsten, sich am Großen Wagen zu orientieren, denn er ist das ganze Jahr über am Nachthimmel zu sehen. Mit seiner Hilfe kann man die Himmelsrichtungen bestimmen, indem man den Abstand seiner hinteren beiden Kastensterne um das fünffache verlängert. So findet man den Polarstern, der den letzten Stern der Deichsel des Kleinen Wagens darstellt und den nördlichen Himmelspol markiert. Auf ähnliche Weise kann man noch weitere Sternbilder finden. Man nennt diese Methode sich am Himmel zurechtzufinden auch Starhopping.

Im Sommer kann man sich aber auch an einer anderen Sternkonstellation orientieren, dem Sommerdreieck. Es besteht aus dem Stern Vega im Sternbild Leier, Altair im Adler und Deneb aus dem Schwan. Die drei Sterne sind sehr hell und man kann sie deshalb leicht als Dreieck erkennen. Diese Gruppierung befindet sich im Sommer hoch am Himmel. Vom Sommer-

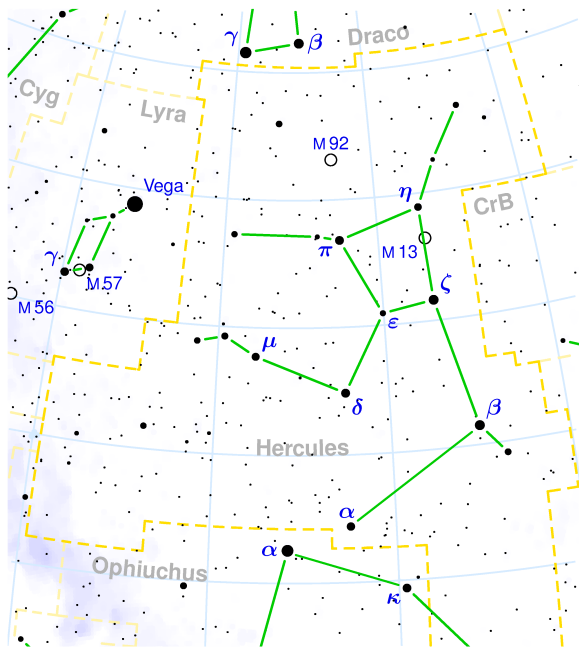


Das Sternbild Großer Bär, das den Großen Wagen enthält. Grafik: Wikipedia/Torsten Bronger, GPL

dreieck aus kann man viele kleinere Sternbilder finden, wie zum Beispiel den Delfin oder den Pfeil. Gleich neben der Leier befindet sich ein auffälliges Viereck, das den Rumpf des Sternbildes Herkules bildet, in dessen Herzen sich der Kugelsternhaufen M13 befindet. Kugelsternhaufen sind Ansammlungen von Millionen Sternen, die durch ihre Anziehungskraft zusammen gehalten werden und so am Himmel ein tolles Beobachtungsobjekt darstellen. An diesem Beispiel kann man sehen, dass Sternbilder auch hilfreich sein können, um spezielle Himmelsobjekte zu finden und sie durch das Teleskop genauer betrachten zu können.

Ein besonders schönes Sternbild ist auch die Nördliche Krone neben dem Herkules, da ihre halbkreisförmige Anordnung tatsächlich an eine Krone erinnert. Tief über dem Horizont kann man neben der Krone den Rinderhirten finden, eher bekannt unter dem Namen Bärenhüter oder Bootes. Sehr auffällig ist sein Hauptstern Arktur, der als hellster Stern des Nordhimmels am Firmament steht.

Ein Sternbild, das oft vernachlässigt wird, obwohl es einen ziemlich großen Teil des Himmels einnimmt, ist der Schlangenträger. Die Sonne kann auch in diesen Sternbild stehen, sodass



Die Sternbilder Herkules und Leier. Grafik: Wikipedia/Torsten Bronger, CC-BY-SA

der Schlangenträger zwischen dem Skorpion und dem Schützen eigentlich das 13. Tierkreiszeichen sein müsste. Am Nachthimmel kann man ihn südlich von Herkules ausmachen, wo er dicht neben dem Kopf der Schlange liegt. Die Erdachse präzediert, sodass die Sonne an einem bestimmten Zeitpunkt des Jahres von unserem Planeten aus gesehen nicht mehr an derselben Stelle am Firmament steht wie am gleichen Zeitpunkt vor 3500 Jahren, als die Babylonier die ersten Tierkreiszeichen festlegten.

Ein sehr bekanntes Sternbild, das das ganze Jahr über sichtbar ist, ist die Kassiopeia. Sie wird auch das Himmels-W genannt, da sie aus sechs hellen Sternen besteht, die die Form eines großen W am Himmel bilden. Genauso wie für viele andere Sternbilder gibt es auch für dieses einen griechischen Mythos:

Kassiopeia, die Königin Äthiopiens, behauptete, sie sei schöner als die Nymphen des Meeres. Dies erzürnte jedoch Poseidon, den Gott des Meeres, der daraufhin ein Meeresungeheuer in ihr Land schickte. Zur Rettung des Landes sollte Kassiopeias und Kepheus Tochter Andromeda dem Untier geopfert werden. Sie konnte aber von Perseus gerettet werden, indem er mit ihr auf Pegasus floh. All diese Figuren kann

man auch am Nachthimmel wiederfinden, außer ihnen gibt es aber noch viele weitere zu entdecken.



Eigene Aufnahme des Mondes durch ein 10cm-Teleskop.

Nachdem wir uns selbstständig am Himmel zu-rechtfinden, vertieften wir nun unseren Blick ins Universum mit verschiedenen Spiegel- und Linsenteleskopen. Wir schauten uns die Andromedagalaxie in ihrem gleichnamigen Sternbild an. Obwohl sie die sich uns am nächsten befindliche Galaxie am Nordhimmel ist, ist sie trotzdem so weit entfernt, dass sie durch ein Teleskop nur als verwaschene Spindel zu erkennen ist. Auch den schon erwähnten Kugelsternhaufen im Herkules und den Doppelstern Albireo im Sternbild Schwan betrachteten wir näher. Zuletzt widmeten wir uns auch näher gelegenen Objekten wie dem Mond, den wir schließlich durch das Okular fotografierten. Nun waren wir für die Nachtwanderung gerüstet!

Eigene Aufnahmen des Ringnebels

ELIAS HUBERT

Um in der Zwischenzeit unsere Kenntnisse in der Himmelsbeobachtung noch weiter zu vertiefen, benutzten wir das ROTAT-Teleskop der Stiftung Interaktive Astronomie und Astrophysik mit einem Spiegeldurchmesser von 60 cm, das in Frankreich am Observatorium der Haute

Provence steht und das wir über das Internet fernsteuern konnten. An das Teleskop ist eine leistungsfähige CCD Kamera montiert, sodass man Fotos von Himmelsobjekten machen kann. ROTAT soll zukünftig auch verstärkt Schulklassen für den Unterricht zur Verfügung gestellt werden.



Eigene Aufnahme des Ringnebels (M57) mit dem ROTAT-Teleskop der Stiftung Interaktive Astronomie und Astrophysik¹

Unser Beobachtungsobjekt war der Ringnebel. Seine astronomische Bezeichnung ist M57, und er befindet sich im Sternbild Leier. Seine Entfernung zu uns beträgt 2300 Lichtjahre, er selbst hat einen Durchmesser von etwa 0,9 Lichtjahren. Wir sehen hier das Ende des Lebens eines sonnenähnlichen Sterns als sogenannter planetarischer Nebel.

Um ihn zu fotografieren, visierten wir ihn an und machten insgesamt drei Schwarzweißbilder von ihm. Für die Fotos haben wir jeweils einen Filter in den Farben Rot, Grün und Blau vor der Kamera verwendet. Anschließend legten wir die drei Bilder mit Hilfe des Bildbearbeitungsprogramms ImageJ übereinander und färbten sie einzeln in der entsprechenden Farbe ein. Auf diese Weise ergab sich ein schönes Farbbild, auf dem man den Nebel deutlich sehen kann. So ist jeder von uns nun stolzer Besitzer eines eigens angefertigten Bildes des Ringnebels. Das Licht des Nebels, das wir mit unserer Kamera nachgewiesen haben, war etwa 2300 Jahre unterwegs. Wir haben also Licht eingefangen, das zu Beginn des römischen Reiches ausgesendet wurde.

¹<http://www.stiftung-astronomie.de>

Rotation

LEONARD ENDER, JONATHAN HOCK

Nach einer Woche fand die sogenannte Rotation statt. Jeder Kurs stellte seine bisher durchgeführten Projekte vor und gab einen Ausblick auf weitere Kursziele. Aus diesem Grund wurde jeder Kurs in vier Gruppen à drei Teilnehmer aufgeteilt. Infolgedessen fand sich je eine Gruppe aus jedem Kurs zusammen, um gemeinsam die Präsentationen der verschiedenen Kurse anzuhören. Wie der Name vermuten lässt, wurde zwischen den einzelnen Kursräumen rotiert. In jedem Kursraum hielt die jeweilige Gruppe ihren Vortrag, die anderen hörten gespannt zu. Es war sehr interessant, die Projekte der anderen Kurse näher geschildert zu bekommen.

Stickstoffversuche

LEONARD ENDER

In unserem Kurs lag eines unserer Ziele darin, einen möglichst realistischen Asteroideneinschlag zu simulieren. Hierzu benötigten wir ein möglichst naturgetreues Asteroidenmodell. Dies stellte uns jedoch vor ein Problem: Wie sollten wir die tiefen Temperaturen nachstellen, die im Universum herrschen? Dazu verwendeten wir flüssigen Stickstoff. Mit einer Temperatur von -196°C (77 K) stellt er die Temperaturbedingungen im Weltall annähernd realistisch dar.

Um mit dieser klaren, farblosen Flüssigkeit hantieren zu dürfen, erhielten wir zuvor eine Sicherheitseinweisung. Unsere ersten Versuche erfolgten an Lebensmitteln. An diesen wurde uns spektakulär verdeutlicht, wie schnell und atemberaubend der Erstarrungsprozess durch die Kälte abläuft. Wir testeten nach und nach die verschiedensten Obstsorten und letztlich sogar Kekse. Da sich das Ganze mehr und mehr zu einer Art Show entwickelte, bereitete es nicht nur den Schülern, sondern auch den Aufsichtspersonen enorm viel Spaß und Freude.

Um jedoch unserem eigentlichen Ziel, der Asteroidenherstellung näher zu kommen, sammelten wir einige Materialien, die so auch teilweise in echten Asteroiden vorkommen. Auf unserer Liste standen:



Auf dem warmen Erdboden verdampft der Stickstoff schlagartig.

- Sand (als Vertreter für die Silikate)
- Wasser
- zerstoßene Grillkohle
- Ammoniak
- Alkohol
- zerstoßene Vitamintabletten (Spuren weiterer organischer Verbindungen)

Wir vermischten diese Zutaten und formten dann mithilfe des flüssigen Stickstoffs mehrere feste Klumpen. Diese Asteroidenmodelle überzeugten uns von ihren Eigenschaften her schon sehr. Bis zur Abschlusspräsentation mussten sie in der Küche im Tiefkühlfach gelagert werden. Schließlich haben wir noch ein Modell hergestellt, dessen Nutzen uns erst später klar werden sollte: Auf Ammoniak und Alkohol haben wir dabei aus Gründen des Brandschutzes und der Geruchsbelästigung verzichtet. Die anderen Zutaten vermischten wir erneut zu einer Masse und füllten einen Teil davon in ein elastisches Gummigeäß. In dessen Mitte

positionierten wir eine Bocciakugel. Diese verkörperte mit rund 725 g den schwersten Teil des Asteroiden, nämlich den Kern. Während wir das Ganze ständig mit flüssigem Stickstoff und etwas Wasser übergossen, füllten wir unsere Masse bis zum Anschlag in das Gefäß. Der Eisenkern war somit fest umschlossen. Unser so entstandenes, realitätsnahes Asteroidenmodell besaß letztendlich eine Masse von 1,349 kg bei einem Volumen von rund 800 ml.



Die Stickstoffeisaktion.

Mit dem übriggebliebenen Stickstoff erlaubten wir uns nach dem Abendessen einen kleinen Spaß: Unter Aufsicht der Kursleiter durften wir Speiseeis für die gesamte Science Academy herstellen. So gab es an diesem Tag kostenlos Vanille-, Schokoladen-, sowie Kirscheis für alle Teilnehmer der Akademie. Dies hat viel Spaß gemacht und den Teilnehmern auch sichtbar geschmeckt.

Somit waren die Stickstoffversuche an diesem Tag ein voller Erfolg. Dies zeigt sich nicht nur daran, dass wir im Umgang mit Flüssigstickstoff vieles gelernt haben, sondern auch dass wir sehr viel Freude am Experimentieren hatten.

Der große Einschlagversuch

JONATHAN HOCK

Nachdem wir bei der Wanderung nach dem Mittagessen noch länger bleiben mussten, angeblich um „aufzuräumen“, fuhren wir zum Flugplatz Schlierstadt, um dort – was wir zu diesem Zeitpunkt noch nicht wussten – ein Einschlagsexperiment mit unserem selbstgebauten

Asteroiden durchzuführen. Das Modell wurde bis zu seinem Einsatz ständig gekühlt, und kurz vorher aus seinem Gummigefäß befreit.



Das tiefgefrorene Asteroidenmodell

Als wir am Flugplatz ankamen, erwartete uns dort schon unser Kursleiterteam, und Dominik verriet uns, was nun wirklich auf uns zukam: Ein Fallschirmspringer der „Southside-base“ würde unseren tiefgefrorenen Modellasteroiden aus einem Sportflugzeug werfen, und Anna würde mitfliegen, um den Abwurf aus dem Flugzeug mittels Fotokamera und GPS zu dokumentieren. Wir wurden mit Helmen und Ferngläsern ausgestattet, und warteten darauf, dass das Flugzeug endlich losflog.



Abwurf des Asteroiden

Als das Flugzeug gestartet, zwei große Schleifen geflogen und wieder gelandet war, hatten wir nur zwei Fallschirmspringer aus dem Flugzeug springen sehen. Sie erzählten uns nach der Landung, dass alles planmäßig verlaufen sei. Sie hatten den Asteroiden aus einer Höhe von

ca. 480 m bei einer Fluggeschwindigkeit von ca. 120 km/h abgeworfen. Der Asteroid war einfach zu klein und zu schnell, als dass wir ihn vom Boden aus hätten verfolgen können. Jetzt mussten wir also nur noch den Einschlagskrater finden ...

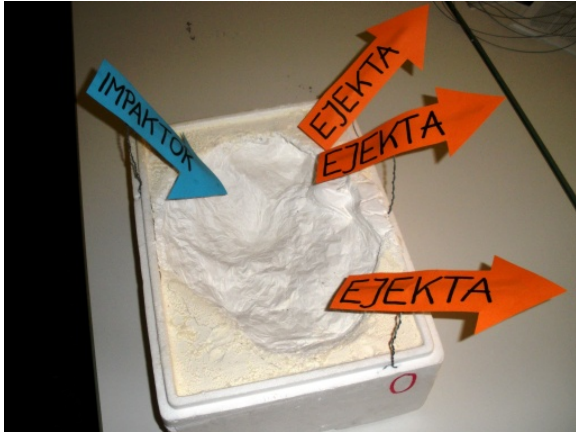
Mitglieder des Fallschirmsportzentrums, die auf der Landebahn standen, auf der der Asteroid einschlagen sollte, berichteten uns, sie hätten ein Pfeifen hinter sich gehört. Also gingen wir auf den Acker neben der Landebahn und suchten – ohne Erfolg. Ein paar von uns gingen noch in das kleine Wäldchen daneben, und fanden schließlich dort den Krater.



Ausgießen des Kraters mit Blitzzement

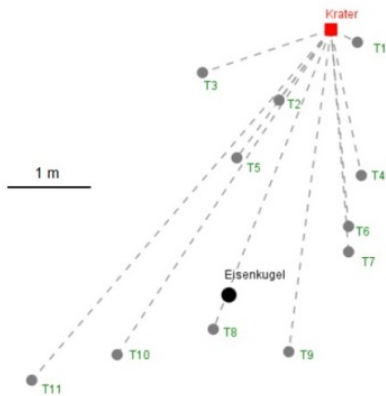
Als wir alle am Einschlagsplatz angekommen waren, fingen wir an, das Streufeld des Kraters mit allen Trümmerteilen zu vermessen und eine Skizze anzufertigen. Das Streufeld hatte eine Länge von 3,89 m und die Entfernung von Einschlagskrater zur Bocciakugel betrug 3,36 m. Später haben wir berechnet, dass das Streufeld eine Fläche von ca. 5 m² umfasste und einen Öffnungswinkel von 40° hatte. Da man draußen in dem Wäldchen Abstände viel besser messen kann, rechneten wir diese erst später in Winkel um. Dafür benötigten wir den Kosinussatz, den wir uns erst herleiten mussten, weil viele aus dem Kurs ihn noch nicht kannten. Außerdem haben wir den Krater mit Blitzzement ausgegossen und so später einen Gipsabdruck des Kraters angefertigt.

Mit dessen Hilfe haben wir gemessen, dass der Krater 9 cm tief war, eine Nord-Süd-Ausdehnung von 22 cm und eine West-Ost-Ausdehnung von 28 cm hatte. In einer der nächsten



Positiv des Kraterabdrucks aus Gips.

Kurseinheiten haben wir (unter Vernachlässigung der Luftreibung) berechnet, dass unser Asteroid eine Aufprallgeschwindigkeit von etwa 370 km/h hatte, dass der Einschlagswinkel 70° betrug und dass beim Aufschlag eine kinetische Energie von 7,1 kJ frei wurde. Später hat Elias außerdem ein Video des Fluges, dass er mit seinem iPod vom Boden aus aufgenommen hatte, so bearbeitet, dass man den Abwurf des Asteroiden sehen konnte.



Maßstabsgetreues Schema des Trümmerfeldes beim Abwurfexperiment

Schließlich haben wir unseren Krater mit dem realen Mondkrater Tycho verglichen und errechnet, dass unser Krater etwa 340.000 mal kleiner ist als Tycho, aber trotz der deutlichen Unterschiede beim Ablauf von Einschlägen so stark verschiedener Größenordnungen grundsätzlich einige erstaunlich ähnliche Eigenschaften aufweist.

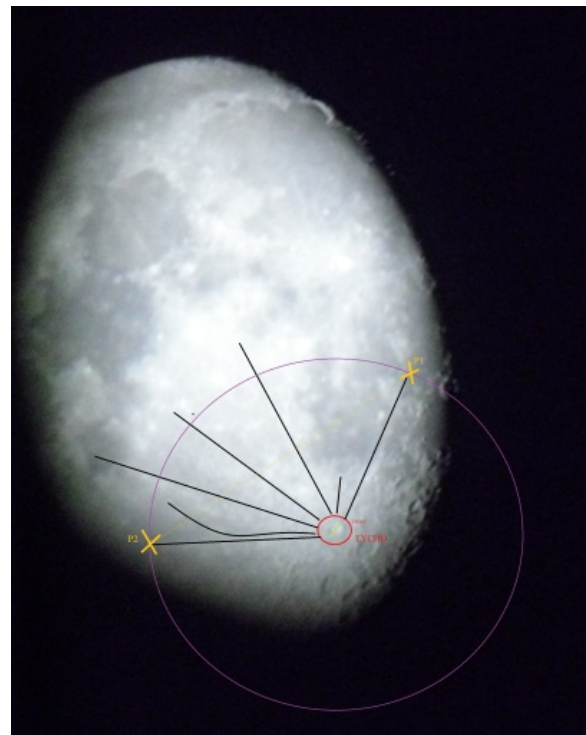
Wir alle fanden, dass dies das tollste Experiment der Akademie war.

Vergleich der Einschlagsversuchs mit dem Mondkrater Tycho

MARKUS BREUNING

Allgemeines zu Tycho

Tycho ist ein Mondkrater, der vor ca. 100 Millionen Jahren durch einen Asteroideneinschlag in den südlichen Hochebenen auf dem Mond entstanden ist. Er liegt im Zentrum eines der größten und auffälligsten Strahlensysteme des Mondes. Dieses Strahlensystem ist nichts anderes als die Auswurfsmasse des Impaktes, der den Krater verursachte. Sein Zentralberg ist 1600 m hoch, und mit einem Höhenunterschied zwischen Kraterwall und Kraterboden von 4850 m gilt Tycho als besonders tief. Sein Durchmesser beträgt etwa 85 km.



Eigenes Mondfoto mit dem Krater Tycho (eingezeichnet)

Vergleichsauswertung

Bei der Auswertung unseres Abwurfversuches fielen uns Parallelen zwischen unserem Krater und dem Mondkrater Tycho auf: Die Skizze des von uns erzeugten Trümmerfeldes sah dem Streufeld des Mondkraters Tycho auf unseren Mondbildern verdächtig ähnlich!

Aufgrund dessen stellten wir Berechnungen zum Vergleich der beiden Krater an. Das heißt, wir verglichen Werte wie Kraterdurchmesser, Kraterfläche, Streufeldlänge, Öffnungswinkel des Streufeldes und die Streufeldfläche der beiden Krater. So hat Tycho einen gemessenen Durchmesser von 85 km, eine Kraterfläche von etwa 5700 km^2 und eine Streufeldfläche von etwa 600.000 km^2 , unser Krater hingegen einen Durchmesser von 0,25 m, eine Kraterfläche von $0,05 \text{ m}^2$, und eine Streufeldfläche von 5 m^2 .

Aus den Öffnungswinkeln der Streufelder konnten wir keine Aussage über etwaige Ähnlichkeiten der beiden Krater treffen, da wir bei Tycho die Krümmung des Mondes nicht berücksichtigt hatten, und außerdem der Einschlagswinkel unterschiedlich gewesen sein kann. Trotzdem errechneten wir für Tycho den Öffnungswinkel des Streufeldes zu etwa 120° . Zum Vergleich: Unser eigener Versuch hatte einen Streufeldwinkel von 40° .

Die von uns gemessene Streufeldlänge bei Tycho beträgt 750 km, die von unserem eigenen Krater 3,89 m. Erstaunlich ist aber, dass während der Mondkrater Tycho etwa 340.000 mal größer ist als unser selbst erzeugter Krater ist, das Verhältnis der jeweiligen Streufeldgrößen diesem Maßstab bis auf einen Faktor von weniger als 2 folgt. Dieser Abweichungsfaktor ist für astronomische Verhältnisse vergleichsweise gering. Das heißt unser eigener Abwurfversuch simuliert einen echten Einschlag eines Asteroiden im Maßstab 1:340.000 erstaunlich gut.

Mondkraterzählung

MARKUS BREUNING

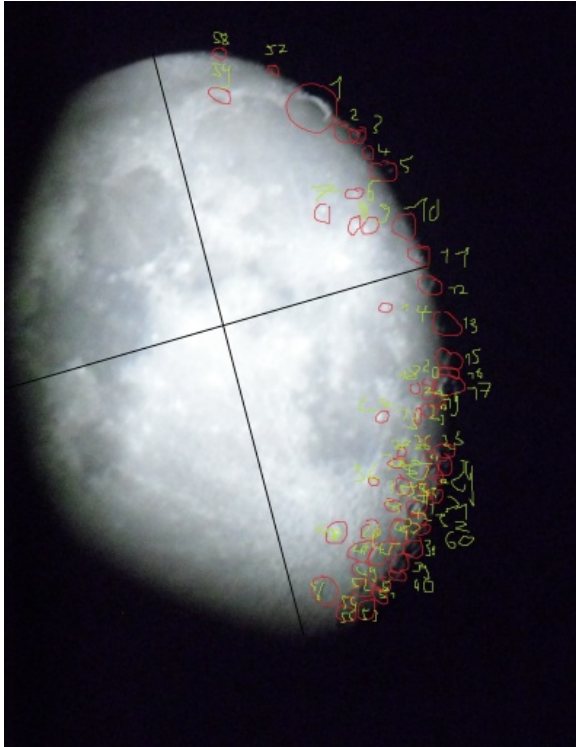
Wie schon beschrieben hatte jeder von auch die Gelegenheit, durch die Teleskope Fotos vom Mond zu machen. Sowohl Digitalkameras, als auch Handykameras kamen hier zum Einsatz.

Der Mond hat durch seine vielen Einschlagskrater einen engen Bezug zum Thema Asteroiden, da die Krater zumeist durch Asteroideneinschläge hervorgerufen wurden. Deshalb ging es nun darum, unsere Mondaufnahmen im Hinblick auf die Asteroideneinschlagskrater auszuwerten. Dazu wählten wir vier Mondfotos aus. Hauptkriterien für die Auswahl war vor allem die Auflösung der Bilder, also wie gut auch sehr kleine Krater erkennbar sind. Auch die Sicht auf die südlichen Hochebenen des Mondes spielte eine gewisse Rolle. Sieht man jedoch von den nicht verwertbaren Fotos ab (überbelichtet, verwackelt, Krater nicht erkennbar), waren die meisten Fotos für unsere weiteren Untersuchungen geeignet.

Zunächst haben wir alle sichtbaren Mondkrater mit einem Bildbearbeitungsprogramm markiert bzw. umkreist. Dies erfolgte unter hoher Konzentration, um alle Mondkrater zu finden. Auf zwei Bildern waren zirka 60 bis 90 Krater zu erkennen, auf den anderen beiden 140 bis 250 Krater. Als nächstes haben wir alle Krater durchnummeriert. Dies diente zum einen der besseren Übersicht und später zur Messwerterfassung. Damit war die Grundlage geschaffen, die Größe aller sichtbaren Asteroideneinschlagskrater zu vermessen.

Dabei haben wir mit Hilfe des Bildbearbeitungsprogrammes Paint bei jedem Krater die Bildkoordinaten (x/y) von den zwei Punkten auf dem Kraterrand bestimmt, die am weitesten voneinander entfernt sind, da die Krater am Mondrand nicht mehr rund aussehen.

Den Durchmesser der Krater berechneten wir mit dem Satz des Pythagoras, denn die Differenzen zwischen den beiden x- und y-Koordinaten sind die beiden Katheten eines rechtwinkligen Dreiecks, und die Hypotenuse entspricht dem Kraterdurchmesser. Der Durchmesser liegt aber zuerst nur in der Einheit Pixel vor. Man muss also, will man Aussagen über die realen Flächen oder den Durchmesser der Krater treffen, die Einheit in Kilometer umrechnen. Der Umrechnungsfaktor ist der Maßstab des Bildes. Um ihn zu bestimmen, nimmt man zwei Punkte (x/y) von zwei sich gegenüber liegenden Stellen des Mondrandes. Die Hypotenuse ist der Durchmesser des Mondes



Mondfoto bereits mit Markierungen und Nummerierungen

in Pixeln, der dem Monddurchmesser in Kilometern (3476 km) entspricht. So erhält man einen Wert, der aussagt, wie viele Kilometer einem Pixel auf dem Bild entsprechen, sprich der Quotient ist der Umrechnungswert. Diesen multipliziert man nun mit den Durchmessern der Asteroideneinschlagskrater in der Einheit Pixel und erhält so den Durchmesser in der Einheit Kilometer.

Den Durchmesser kann man auch in jede andere gängige Einheit umrechnen. Außerdem kann man über den Durchmesser auch die Fläche der Krater berechnen. Dazu wird die Kraterfläche als Kreis ($\pi r^2 = \pi (d/2)^2$) berechnet, sodass das Ergebnis für die Kraterfläche nur ungefähr stimmt. Bei unserer Mondkraterzählung war der durchschnittliche Krater 8800 km^2 groß und hatte einen Durchmesser von 58 km. Gut ein Drittel (32 %) unserer Kraterdurchmesser lagen über 50 km, und 6 % sogar über 100 km, doch der Großteil (62 %) der Kraterdurchmesser war kleiner als 50 km.

Da der Einschlagskrater immer wesentlich größer ist als der Durchmesser des Impaktors, be-

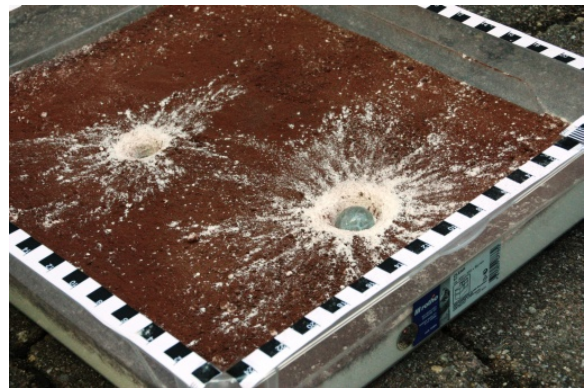
deutet das also, dass für sehr viele der von uns beobachteten Mondkrater tatsächlich Asteroiden mit Durchmessern von mehreren Kilometern in Frage kommen.

Weitere Einschlagversuche

FRANZISKA HILD, ANNA ZIELKE

Zur Untersuchung weiterer Einschläge und daraus entstehenden Kratern haben wir in unserem Kurs zusätzlich kleinere Einschlagsversuche durchgeführt, bei denen wir verschiedene Gegenstände als Asteroiden-Modelle in verschiedene Materialien haben fallen lassen.

Alle Versuche wurden aus verschiedenen Positionen mit drei Hochgeschwindigkeitskameras aufgezeichnet, die bis zu 480 Bilder pro Sekunde aufnehmen. Die Aufnahmen dienen einer genaueren Untersuchung und halfen unter anderem beim Verständnis der Kraterbildung. Außerdem konnten auch die Druckwellen der Einschläge gut nachvollzogen werden. Bei der Versuchsauswertung war uns die Berechnung verschiedener Parameter, wie beispielsweise die Energie, die beim Aufprall frei wird sowie die Einschlagsgeschwindigkeit, wichtig.



Krater im Tiramisumodell.

Unseren ersten Versuch haben wir „Tiramisu“-Modell getauft. Dazu wurde ein großer rechteckiger Behälter mit einer 3 cm hohen Mehlschicht gefüllt und diese anschließend mit Kakao bestreut. Am Behälter haben wir zusätzlich noch rundherum Papierlineale angeklebt, um in den Bildern und Filmen Kratergröße ablesen zu können.

Nun haben wir sechs verschieden große Glasmurmeln als Einschlagskörper (Impaktoren) verwendet und aus verschiedenen Höhen in die Mehlschicht hineinfallen lassen. Der Versuch mit einer Glaskugel, deren Durchmesser 3 cm betrug und eine Masse von 15,5 g hatte, war aufgrund des entstehenden Kraters besonders anschaulich. Dies veranlasste uns dazu den Versuch genauer auszuwerten. Unser Fallobjekt, also das Glaskugel, wurde in diesem Experiment aus einem Meter Höhe abgeworfen.

Als unser Impaktor auf der Mehlschicht auftraf, entstand ein Krater mit einem Durchmesser von 4,5 cm. Ein Teil des Mehls aus dem Krater wurde direkt zur Seite gedrückt. Der Rest des Mehls wurde in die Luft geschleudert und verteilte sich strahlenförmig mehrere Zentimeter weit um den Einschlag herum. Man konnte dies gut beobachten, da die Auswurfmasse zum Großteil aus Mehl bestand und die Strahlen um den Krater herum daher weiß waren und sich somit von dem dunklen Kakao absetzten.

Die beim Aufprall freiwerdende Energie bestimmten wir zu $E = mgh = 0,15 \text{ J}$. Für die Aufprallgeschwindigkeit ergibt sich somit $v = \sqrt{2E/m} = 4,4 \text{ m/s}$.



Bocciakugel im Sand mit äußerem und innerem Kraterwall.

Einen weiteren Versuch, das „Sandkasten“-Modell, führten wir im Beachvolleyballfeld durch. Zuerst glätteten wir den Sand des Einschlaggebietes, damit wir die Auswirkungen des Einschlages reell nachvollziehen konnten. In diesem Versuch war unser Impaktor eine 725 g schwere Bocciakugel, die aus einer Höhe von 2,13 m fallen gelassen wurde. Auf unseren Zeitlupenaufnahmen konnten wir deutlich erken-

nen, wie unser Impaktor Sand verdrängte und zur Seite auswarf. Außerdem beobachteten wir, wie schon in unseren vorherigen Versuchen, die Bildung eines Kraterwalls und Druckwellen, die sich in Kreisen ausbreiteten. Bei diesem Versuch berechneten wir eine Einschlaggeschwindigkeit von 6,46 m/s für das fallende Objekt. Die kinetische Energie war hierbei mit 15,1 J deutlich größer als bei unserem „Tiramisu“-Modell.

In unserem letzten Versuch, dem sogenannten „Aquarium-Modell“, haben wir den Aufschlag eines Körpers auf Wasser untersucht. Hierfür stellten wir ein Aquarium auf, dessen Boden wir zunächst mit Sand bedeckten und anschließend mit Wasser auffüllten. Als unser Impaktor diente hierzu ein 220 g schwerer Stein, dessen Fallhöhe ein Meter bis zur Wasseroberfläche betrug. Hier konnte man die Verdrängung des Wassers beim Auftreffen auf die Oberfläche beobachten. Des Weiteren bildete sich eine hohe Wassersäule, die die Auswurfmasse darstellt, sowie eine Flutwelle, die anhand der Videos von unserem „Sandkasten“-Modell mit der dort entstandenen Druckwelle vergleichen konnten. Wenn man unseren Versuch auf einen echten Einschlag auf die Erde überträgt, würde die Flutwelle einem Tsunami entsprechen. Unsere Berechnungen ergaben, dass der Stein mit einer Geschwindigkeit von 4,4 m/s und einer kinetischen Energie von 2,1 J auf die Wasseroberfläche traf.

Aus diesen drei Einschlagsversuchen und dem großen Abwurfexperiment werden auch die Gefahren für die Erde im Falle eines Asteroideneinschlages sichtbar. Allein der Einschlagskrater ist im Durchmesser oft vielfach so groß wie sein Verursacher, also der Asteroid.

Asteroideneinschläge auf der Erde

JONATHAN HOCK

Jährlich fallen etwa 20000 Meteoriten mit einer Masse von mehr als 100 Gramm zur Erde, die aber normalerweise so klein sind, dass sie keinen Schaden anrichten. Global gefährlich sind erst Objekte mit einem Durchmesser von mehr

als 500 Metern. Wenn ein solcher Asteroid auf dem Festland der Erde einschlagen würde, würden die dabei entstehende große Hitze und eine gewaltige Schockwelle im Umkreis von vielen Kilometern alles Leben auslöschen. Die Einschlagskraft würde eine riesige Menge geschmolzenes Gestein aus dem Krater auswerfen, das durch seine große Hitze gewaltige Waldbrände auslösen würde. Würde der Einschlagskörper im Meer auftreffen, was am wahrscheinlichsten ist, da die Erde zu ca. 70 % von Wasser bedeckt ist, würde dieser einen riesigen Tsunami auslösen.



So stellt man sich den Einschlag eines großen Asteroiden auf der Erde vor. Grafik: NASA/Don Davis

Der Staub, der bei einem großen Einschlag in die Atmosphäre gelangt, würde die Sonneneinstrahlung vermindern und so einen Impaktwinter mit einer Dauer von mehreren Monaten oder sogar Jahren auslösen. Dadurch würde die Erde zuerst abkühlen. Später jedoch würde ein durch Kohlenstoff- und Schwefelgase ausgelöster Treibhauseffekt folgen. Durch die verdampften schwefelhaltigen Gesteine würde auch saurer Regen entstehen. Infolgedessen wäre der Fortbestand vieler Arten auf der Erde bedroht.

Rein statistisch gesehen muss man alle 100.000 Jahre mit einem größeren Einschlag mit regionalen Folgen rechnen. Katastrophen wie der Asteroideneinschlag, der zum Aussterben der Dinosaurier führte, also globale Folgen hatte, finden etwa alle 100 Millionen Jahre statt.

Die nächste Begegnung der Erde mit einem größeren Asteroiden wird im Jahre 2029 stattfin-

den. Der Asteroid mit einem Durchmesser von ungefähr 270 Metern wird in nur ca. 31.000 km Entfernung an der Erde vorbeifliegen. Wenn er dabei einen ganz bestimmten, nur 600 Meter großen Bereich durchfliegt, würde er dadurch so abgelenkt, dass er sieben Jahre später auf die Erde stürzen würde. Da dieser Bereich aber so winzig ist, liegt die Wahrscheinlichkeit, dass Apophis 2036 tatsächlich mit der Erde kollidiert, nur bei 0,0004 %.

Exkursion ins Nördlinger Ries

HANNAH KÜHN

Um aber die Folgen eines echten Einschlages auf der Erde auch einmal aus der Nähe zu erforschen, unternahmen wir am Montag der zweiten Akademiewoche unsere Exkursion ins Nördlinger Ries. Vor 14,6 Mio Jahren schlug dort ein 1,5 Kilometer großer Asteroid ein und verursachte einen Krater von 25 Kilometern Durchmesser.

Wir fuhren morgens los und kamen erst mittags am Steinbruch Aumühle bei Oettingen an, auch weil Dominik sich verfahren hatte und wir viel länger gebraucht hatten als geplant. Im Auto konnten wir aber dem Geologen Dr. Tilmann Althaus, der uns durch den Steinbruch Aumühle führte, auch schon Fragen stellen.



Auf der Suche nach Glasbomben im Suevit.

In diesem Steinbruch findet man Gestein, das bei dem Einschlag in die Luft geschleudert wurde und dann zurück zum Erdboden gefallen ist. In den unteren Schichten liegt die Bunte Brekzie (Gestein, das beim Auftreffen des Einschlagskörpers zur Seite gedrängt wurde).

Darüber liegt dann der Suevit (Gestein, das beim Einschlag nach oben geschleudert wurde und auf die Bunte Brekzie fiel). Im Suevit finden sich kleine Gesteinseinschlüsse: die Glasbomben (auch Flädlle genannt). Diese sind geschmolzene Gesteinstropfen, die in die Luft geschleudert wurden und im Suevit landeten. Später konnten wir unsere Eindrücke aus dem Gelände gut mit den Erfahrungen aus den Einschlagsversuchen vergleichen! Danach durften wir mit Schutzhelmen, Schutzbrillen und Hämmern ausgestattet Gestein aus der Wand schlagen, um es mitzunehmen und näher zu untersuchen.



Eine Glasbombe aus dem Nördlinger Ries.

Als nächstes sind wir in das Rieskratermuseum nach Nördlingen gefahren und haben uns dort die Ausstellungen angeschaut. Die Hauptausstellung hatte natürlich das Thema Nördlinger Ries. Es wurde in einer Bilderstrecke gezeigt, was Sekunden nach dem Einschlag passierte, es gab viele Ausstellungsstücke zu der Veränderung des Gesteins (zum Beispiel dass an manchen Stellen Diamant entstanden ist) und Einschlagsimulationen, bei denen gezeigt wurde, welche Schäden durch verschieden große Meteoriten angerichtet würden. Außerdem wurden verschiedene Meteoritenarten vorgestellt, es gab ein Stück echtes Mondgestein und andere Stücke zum Thema Meteoriteneinschläge zu sehen. Dazu gab es eine Sonderausstellung zu den Neuschwansteinmeteoriten, in der alle drei zusammen ausgestellt waren. Anschließend sind wir wieder nach Adelsheim gefahren, wo wir ohne Verspätung angekommen sind. Im Werkraum haben wir dann noch die Gesteinsproben geputzt und poliert.

Abschlusspräsentation

LEONARD ENDER, JONATHAN HOCK

Am vorletzten Tag, nach dem Festakt zum 10. Geburtstag der JuniorAkademie Adelsheim, präsentierten die Kursteilnehmer in Gruppen à drei Personen erneut ihre durchgeführten Projekte, diesmal aber auch für die angereisten Gäste. Dies waren Verwandte und Bekannte der Teilnehmer, sowie Förderer der Akademie und Ehrengäste, unter ihnen auch Hans-Werner Hector, Gründer der H. W. u. J. Hector Stiftung, die die Akademie wesentlich mitfinanziert und uns deshalb die ganzen schönen Erlebnisse mit ermöglicht hat. Er besuchte zusammen mit vielen anderen Gästen auch unseren Vortrag. Wir waren überrascht, wie viele Menschen in unseren Kursraum passen, denn er war bei allen Vorträgen zum Bersten voll. Die Rückmeldung der Besucher zeigte uns, dass unser Vortrag sehr gut ankam. Die Vorträge der anderen Kurse waren ebenfalls interessant. Dies verdeutlichte, dass die JuniorAkademie 2012 ein voller Erfolg war.



Volles Haus bei der Abschlusspräsentation.

Man kann auf jeden Fall sagen, dass wir alle in unserem Kurs sehr viel über die Asteroiden und verwandte Objekte gelernt haben. Uns ist nun viel klarer geworden, dass sie faszinierende Forschungsobjekte sind, auch weil man, wenn einiges Tages wirklich die konkrete Gefahr eines Einschlages bestünde, zur Abwehr eines Asteroiden zuerst sehr viel über seine Bahn und seinen Aufbau wissen müsste.

Fazit

ANNA KANDZIORA

Die zwei Wochen im Sommer und die beiden zusätzlichen Wochenenden werden den Teilnehmern sowie den Leitern immer in guter Erinnerung bleiben. Wir haben viel zusammen gelacht, genascht, experimentiert und gelernt. Aber unsere Freundschaft endet nicht mit dem Ende der Akademie. Geplant sind bereits zwei Nachtreffen. Nachdem ich als Schülermentorin bei dem großen Einschlagsversuch keinen Tandemsprung wagen konnte, sollen nun unsere Teilnehmer diese Chance bekommen. Hierzu werden wir uns auf dem Flugplatz nahe Adelsheim treffen. Außerdem ist ein Treffen am Haus der Astronomie in Heidelberg geplant.

Zum Schluss möchte ich mich bei unseren Teilnehmern und den Kursleitern bedanken. Ihr seid super! Und ... ASTROPOWER!

Zitate aus dem Kurs

- „Wir haben einen Gipsabguss mit Gipsbinden aus Gips vergipst.“ – Elias
- Leonard: „Es würde nicht auffallen, wenn wir alle bescheuert wären.“ Jürgen schaut zu den Sägespänen und fragt: „Hat hier jemand Parmesan gesagt?“
- „Wir haben einen Asteroiden aus dem Flugzug geworfen!“ – Anna K.
- „Zusammen haben wir die Einschlagskraft für den Weltuntergang!“ – Lena (im Jahr 2012)
- Zum Thema gute Laune: „Seitdem ich hier bin tut mein Gesicht weh.“ – Luise
- Markus: „ASTRO-POWER“ (Sportfest)
- „Niveau sieht von unten betrachtet immer aus wie Arroganz.“ – Dominik
- Zur Anschuldigung von uns, warum unsere Kursleiter sich uneinig sind: „Nur weil ich ihr einen Knetfladen ins Gesicht geklatscht habe!“ – Dominik
- Überall im Kursraum liegen Süßigkeiten. Jonathan: „Was? Wo gibt's hier Süßigkeiten?“
- „Riza und ich sind eigentlich Zwillinge.“ – Dominik (auf die Änderung der Sternzeichen bezogen)
- Als wir mit dem ROTAT-Teleskop übers Internet beobachteten, kam Jens, ein Bekannter von Dominik und Carolin in die Sternwarte und kommunizierte mit uns über einen Chatroom. Seine Antwort, als wir ihn fragten, ob er mal in die Kamera winken könne, war: „Da muss ich mir ja eine Hose anziehen!“



Kurs 2 – Digitaltechnik



Vorwort

MICHAEL MATTES, KEVIN SOMMER

Was darf man erwarten, wenn zwölf ambitionierte junge Menschen für zwei Wochen gemeinsam an einem Projekt arbeiten? Die Ziele haben wir hoch angesetzt, und wir waren uns nicht sicher, ob wir sie erreichen würden. Dennoch haben es die zwölf Teilnehmerinnen und Teilnehmer geschafft, mit ihrer Begeisterung, ihrer Neugierde und ihrem Fleiß unsere Erwartungen zu sprengen. Bereits nach wenigen Tagen stand fest, dass wir die ursprüngliche Planung um weitere Inhalte erweitern mussten. Hier sieht man, dass Interesse und Fleiß die wichtigsten Voraussetzungen für erfolgreiche Arbeit sind. Spaß und Motivation entsteht als angenehmes Nebenprodukt. Es ist Außenstehenden nur schwer vermittelbar, wie motivierend die Science Academy auch für uns Kursleiter ist.

Mit großem Stolz übergeben wir nun das Wort an „unsere“ Kurs Digitaltechnik.

Teilnehmer

Alissa Es gibt niemanden, dem Alissa nicht auf Anhieb sympathisch ist. Mit ihrer offenen und freundlichen Art schaffte sie es immer wieder, uns ein Lächeln aufs Gesicht zu zaubern. Egal wie viel gerade schief lief, Alissa war immer zuversichtlich und schaffte es auch, diese Zuversicht auf uns zu übertragen. Gab es ein Problem und alle verfielen in Panik, war es letzten Endes immer Alissa, die Ruhe bewahrte und sich mit kühlem Kopf eine Lösung überlegte.

Annika half mit großer Begeisterung beim Aufbau der Teststrecke und kümmerte sich besonders um das Löten und Reparieren

der Lichtschranken. Beim Rotationsvortrag und der Endpräsentation konnte sie den Inhalt unseres Kurses anschaulich und genau erklären. Davon profitierten nicht nur die Zuhörer, sondern oftmals auch wir.

Daniela war im Kurs immer sehr engagiert. So konnte sie sich schnell für das Programmieren begeistern und brachte mit ihrer ruhigen und freundlichen Art Spaß und Freude in den Kurs. Bei den Präsentationen strahlte sie Ruhe und Gelassenheit aus, sodass man ihr immer gerne zuhörte.

Trotz Krankheit kam Daniela zum Dokumentationswochenende und arbeitete – wie auch schon während der Akademie im Sommer – beneidenswert konzentriert mit.

Dominik war jemand, der uns im Kurs immer wieder mit seinen Kenntnissen zur Elektronik zum Staunen brachte. So gut wie kein Schaltplan konnte ihm Verständnisprobleme bereiten, und auch beim schlimmsten Kabelsalat konnte er gut den Überblick bewahren.

Doch das war nicht sein einziges Talent. Bei unserem Bergfest und der Abschlussparty machte Dominik einen guten Job als DJ, weshalb er später von vielen nur noch „DJ Eisbär“ genannt wurde.

Jelle konnte im Kurs besonders gut unsere geliebten „Rainbow Cables“ fertigen und war beim Aufbau der Teststrecke engagiert dabei. Er interessierte sich aber auch für die Programmierung unseres Empfangsprogramms am Computer. Ansonsten war er ein ruhiger Vertreter unseres Kurses, weshalb es uns auffiel, wie gut und übersichtlich er die Themen bei der Präsentation vortrug.

Johanna Mit Johanna in unserem Kurs waren wir alle immer gut gelaunt. Probleme waren mit ihrer Hilfe immer schnell und mit großer Motivation gelöst. Am meisten konnte sie sich für das Programmieren des Mikrocontrollers begeistern, doch auch wenn man sie bei der Teststrecke brauchte, war sie sofort mit vollem Elan dabei. Arbeitete man mit Johanna in einer Gruppe zusammen, wurden Aufgaben immer mit guter Laune und viel Spaß gelöst.

Johannes verstand alles, was mit Programmieren zu tun hatte, sofort und war uns immer einen Schritt voraus – sogar in den Pausen klebten seine Finger an der Laptoptastatur. Er konnte aber auch gut erklären, sodass wir auch von seinem Geschick und Wissen über das Programmieren profitieren konnten. Ansonsten strahlte Johannes Ruhe und Gelassenheit aus.

Lisa war jederzeit mit viel Begeisterung beim Programmieren, Löten und Präsentieren dabei, und mit ihrer humorvollen Art entstand immer eine ausgelassene Stimmung. Gemeinsam mit ihr an Aufgaben oder Problemen zu knobeln, machte allen großen Spaß und man kam auch immer zu einem guten Ergebnis. Außerdem fand sie Freude am Verbessern der Dokumentation.

Nathanael konnten wir dank seiner wuscheligen Locken immer schnell im Akademiegewusel ausfindig machen. Trotz seiner Größe ist er einer der jüngsten Teilnehmer in unserem Kurs gewesen. Dies fiel allerdings nicht auf, da er ständig hilfreiche Ideen einbrachte.

Auch beim praktischen Arbeiten an der Teststrecke war er immer dabei, ob es nun darum ging, Platinen für die Sensoren zu löten oder die Teststrecke höhenverstellbar zu machen. Am liebsten testete er natürlich – wie wir anderen auch – immer wieder unsere Legoeisenbahn.

Simon interessierte sich im Kurs sowohl für das Programmieren des Mikrocontrollers, als auch für den Aufbau der Teststrecke. Daher half er immer und überall engagiert mit. Außerdem war er jederzeit gut gelaunt und fasziniert, was alles mit Hilfe von Platinen und anderen elektronischen Bauteilen möglich ist. Ihm gelang es auch gut, anderen sein Wissen in Präsentationen mitzuteilen.

Tönnis Wir alle können sehr dankbar sein, jemanden, der so viel Spaß versteht, in unserem Kurs dabeigehabt zu haben. Wie schwierig und kompliziert ein Vortrag auch war, mit Tönnis zusammen machte es immer Spaß diesen zu halten. Dafür sorgte unter anderem sein Lieblingswort „Jo“, ohne das er keinen Vortrag beginnen konnte,

sowie auch die Tatsache, dass er manchmal die Namen seiner Mitreferenten vergaß oder vertauschte.

Vincent war immer gut gelaunt, hat sich für alles interessiert was wir gerade machten und brachte immer gute Ideen ein. Besonders interessiert hat er sich für die Programmierung. Er half vor allem beim Erstellen der Präsentationen und machte außerdem selbstständig die komplette Excel-Tabelle zur Veranschaulichung der Ergebnisse.

Wenke Unsere Schülermentorin Wenke hat unsere Gruppe erst zu einem richtigen Team gemacht. Ob beim Teststreckenaufbau, dem Sportfest oder während der kleinen Pausen im Kurs, Wenke war immer am Motivieren, Witze machen und Helfen. Außerdem war sie die kreative Seele unseres Kurses und die coolste Schülermentorin, die man sich vorstellen kann. Leider konnte sie aufgrund ihres Auslandsaufenthaltes in Neuseeland beim Dokumentationswochenende nur über Skype in Adelsheim sein, aber in Gedanken ist sie sowieso immer bei uns.

Kevin Von Kevins umfassendem Wissen konnte während der Juniorakademie jeder profitieren und keine Frage blieb unbeantwortet. Ihm gelang es zusammen mit Michael, uns die kleinen Feinheiten der Digitaltechnik näher zu bringen. Außerdem leitete Kevin die von unseren Kursteilnehmern immer reichlich besuchte Tanz-KüA, bei der er auch viele Anfänger für den Paartanz begeistern konnte. In unserem Kurs begeisterte er sowohl Neulinge als auch Erfahrene für Mikrocontroller und Sensorik.

Michael schaffte es mit seiner guten Laune immer wieder, uns für den Lernstoff zu begeistern. Mit seinem unerschöpflichem Ideenreichtum gelang es ihm auch, unser Interesse für Projekte über die Akademie hinaus zu wecken. Mithilfe seines großen Wissens konnte er uns jede noch so erdenkliche Frage beantworten und nicht selten schaffte er es, uns die kompliziertesten Sachverhalte anschaulich und auf unterschiedliche Weisen zu erklären. Er ließ es sich auch nicht nehmen, uns durch Tanzeinlagen à la Michael immer wieder aufs Neue zu motivieren.

Einleitung

Im Leben braucht man immer Ziele. Doch welche Ziele setzt man sich als Gruppe, wenn man vor hat, sich die kommenden zwei Wochen mit Mikrocontrollern zu beschäftigen, aber absolut keine Ahnung hat, was genau auf einen zukommen wird?

Zum Glück standen unsere Kursleiter uns bei dieser Frage stets zur Seite, und schließlich hatten wir auch unsere Kursziele festgelegt. Als großes Ziel hatten wir ein Bewegungsexperiment in Form einer Legoeisenbahn auf einer schiefen Ebene vor Augen. Die Zeit und die Geschwindigkeit des herunterfahrenden Wagens sollten mithilfe eines Mikrocontrollers und Sensoren automatisch erfasst und auf einer Anzeige ausgegeben werden. Doch um auf dieses Ziel hinarbeiten, lernten wir zunächst den Mikrocontroller in einigen Theorieeinheiten kennen, um die Vorgänge in diesem besser verstehen zu können. Für das Verständnis des Experiments aus physikalischer Sicht, setzten wir uns auch mit der Bewegungslehre auseinander. Sehr intensiv lernten wir außerdem zu programmieren, um den Vorgang elektronisch steuern zu können.

Abschließend können wir völlig zufrieden auf unser Projekt zurückblicken. Die Themengebiete wurden fleißig erarbeitet und alle Ziele erreicht. Im Folgenden stellen wir die einzelnen Themengebiete vor.

Mikrocontroller

TÖNNIS TRITTLER, LISA MIRLINA

Mikrocontroller werden in der heutigen Welt zwar häufig benutzt, aber kaum einer weiß wirklich etwas mit diesem Wort anzufangen. Im Prinzip ist er wie ein kleiner Computer, nur ist seine Leistung wesentlich geringer. Trotzdem wird der Mikrocontroller sehr häufig in technischen Gegenständen, wie beispielsweise einer Computermouse oder einem Auto, verwendet. Er besteht aus einem Steuerwerk, einem Rechenwerk, einem Speicher und Anschlüssen bzw. Schnittstellen. Im Steuerwerk werden die einzelnen Befehlszeilen eines Programms abgearbeitet. Im Rechenwerk werden alle Rechen-

operationen ausgeführt. Der Speicher besteht aus folgenden Elementen:

ROM Aus dem ROM-Speicher können nur Daten gelesen, aber nicht gelöscht oder bearbeitet werden. Daten bleiben hier erhalten, auch wenn der Mikrocontroller gerade nicht an eine Stromversorgung angeschlossen ist. Hier wird das auszuführende Programm gespeichert.

RAM Der RAM-Speicher hingegen kann vom Programm aus beliebig oft überschrieben werden, er funktioniert aber nur mit Stromversorgung. Er wird auch Arbeitsspeicher genannt. Hier werden die Variablen abgelegt.

Die Anschlüsse bestehen aus Ports und deren Pins sowie einer seriellen Schnittstelle. Dies sind alles Bauteile, mit deren Hilfe der Mikrocontroller mit der Außenwelt kommunizieren – also Daten empfangen und versenden – kann.

In unserer Akademiezeit benutzten wir einen 8-Bit-Mikrocontroller. Ein Prozessor versendet beziehungsweise empfängt immer nur einzelne Ziffern hintereinander. Diese einzelnen Ziffern nennt man in der Digitaltechnik *Bits*. Ein Bit kann den Wert 0 (unwahr) oder 1 (wahr) annehmen. Acht Bits werden zu einem *Byte* zusammengefasst. Unser Mikrocontroller wird 8-Bit-Controller genannt, da er immer acht Bit – also ein Byte – auf einmal verarbeitet.

Bau der Teststrecke

DOMINIK SCHWAHN

Schon am Eröffnungswochenende versuchten wir uns erstmals am Löten. Wir übten uns im Umgang mit dem LötKolben, indem wir auf kleinen Platinen Bahnen aus Lötzinn löten. Nachdem wir die Übungsphase „bestanden“ hatten, durften wir uns in Zweierteams an das Löten der Microcontrollerplatine heranwagen. Dazu erklärten uns Kevin und Michael, wie diese Platine aufgebaut sein sollte und auf was wir achten mussten, sodass wir am Ende des Eröffnungswochenendes sechs funktionsfähige Mikrocontrollerplatinen fertiggestellt hatten. Außerdem machten wir uns am Eröffnungswochenende auch schon Gedanken, welche Art

von Sensoren wir für die Messung an unserer zukünftigen Teststrecke verwenden wollen und wie diese aufgebaut sein sollte.



Das Grundgerüst unserer Teststrecke

In den ersten Tagen der Sommerakademie gingen wir auf unser Projektziel ein und erstellten einen Plan, was genau zu tun war. Danach bildeten wir zwei Teams, die jeweils unterschiedliche Aufgaben übernahmen. Eine Gruppe konzentrierte sich auf das Programmieren, die andere auf den Aufbau der Teststrecke und der Sensorplatinen. Als unsere Controllerplatinen bereits fertig waren, fehlten uns noch die Sensoren für die Messungen. Für die ausgewählten Sensoren bauten wir auf einem Steckbrett jeweils eine kleine Testschaltung. Ein Steckbrett ist eine Art Platine, auf der man die Bauteile miteinander verbinden kann, ohne sie verlöten zu müssen, was den Vorteil hat, dass man die Bauteile danach nochmals verwenden kann.

Nach verschiedenen Tests entschieden wir uns letzten Endes dafür, dass Lichtschranken die passenden Sensoren für unsere Messwerterfassung seien. Sie sind zwar schwierig zu verbauen, aber für uns waren sie geeignet, da sie sehr genau und zuverlässig arbeiten. Wir erstellten acht passende Sensorplatinen. Auf jeder Platine verlöteten wir eine Lichtschranke, mehrere Widerstände und eine Buchse (Halterung) für unsere sogenannten „Rainbow Cables“. Diese

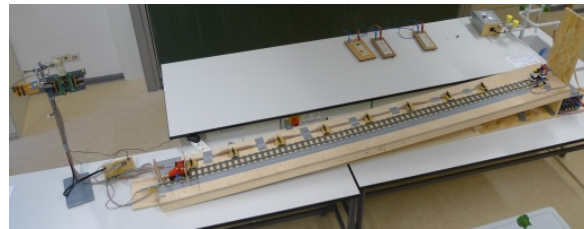
Kabel haben zehn Adern, also zehn getrennte Leitungen. Acht davon sind für die Datenübertragung (je Ader ein Bit) und die beiden übrigen Adern sind für die Stromversorgung zuständig. Nebenher beschäftigten wir uns mit dem Aufbau unserer Teststrecke.

Wir schraubten Legoschienen auf eine Holzplatte, die Kevin mit seinem Großvater in den Tagen vor der Akademie zu einer schiefen Ebene verbaut hatte. Des Weiteren mussten wir uns überlegen, wie wir den Winkel der schiefen Ebene messen können, damit wir später die Steigung der Teststrecke verändern und die Daten dann auch mit in die errechnete Beschleunigung des Autos einfließen lassen konnten. Auch brauchten wir den Winkel, um die theoretisch erreichbare Geschwindigkeit berechnen zu können. Dann brachten wir noch einen Elektromagneten am oberen Ende der Teststrecke an, um das Starten des Wagens zu automatisieren. Dies erreichten wir durch das Deaktivieren des Elektromagneten, woraufhin der Wagen nicht mehr festgehalten wird und losfährt.

Da der Mikrocontroller jedoch nicht genügend Energie für den Elektromagneten bereitstellen kann, benötigten wir eine zusätzliche Ansteuerung. Diese Schaltung besteht aus Transistoren, Widerständen und einer weiteren Buchse. Außerdem befindet sich dort auch der Input (Eingang) für die externe Stromversorgung des Magneten, sowie der Output (Ausgang), an dem der Magnet angeschlossen war. Somit waren unsere Hauptplatinen fertig. Nun benötigten wir noch eine Art Verteilerplatine. Mit dieser Platine verbanden wir alle Kabel der Sensoren, den Anschluss des Potentiometers und den Anschluss für unseren Elektromagneten. Außerdem erstellten wir auf der Verteilerplatine auch eine Schaltung für die Interrupts. Dazu wurde jeder Ausgang eines Sensors mit einem Eingang unseres Interruptbausteins verbunden. So liefen letztendlich acht Kabel von den einzelnen Sensoren, eine Interruptleitung, eine Elektromagnetsteuerleitung und eine Schiebepotentiometerleitung zu unserem Mikrocontroller.

Die Teststrecke war vor unserer Software fertig, sodass der Aufbaugruppe genügend Zeit blieb, ein bisschen mit der Teststrecke zu experimentieren – beziehungsweise zu spielen. Dabei

wurde uns schnell klar, dass wir noch einen Weg finden mussten, den Wagen am Ende der Teststrecke abzubremsen. Zuerst versuchten wir das mithilfe eines Luftballons. Dies funktionierte aber nicht, sondern führte zu einem Entgleisen des Wagens. Dann hatten wir die Idee, die Räder des Wagens mithilfe einer weiteren Schiene zu bremsen. Der Wagen fuhr so in eine Spalte, die sich immer mehr verengte und ihn somit sanft abbremsste.



Die fertige Teststrecke mit Sensoren, Elektromagnet, Mikrocontroller und 7-Segment-Anzeige

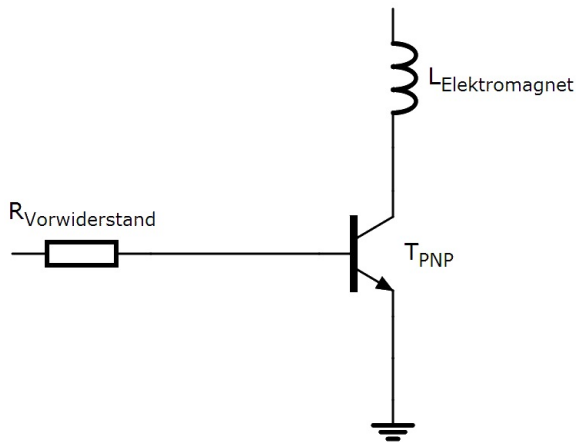
Zuletzt brauchten wir noch einen ganzen Kurs-tag, um den Versuchsaufbau zu testen, teilweise zu ändern und zu verbessern, bis die Teststrecke schließlich voll funktionsfähig war. Wir brachten nun unsere Teststrecke in unseren Präsentationsraum und bauten sie dort wieder auf, womit die Arbeit des Teststreckenaufbau-Teams beendet war. Nun konnte unser Experiment bei den Präsentationen anschaulich vorgeführt werden.

Transistoren

ALISSA KERN

Transistoren sind sehr wichtige elektrische Bauelemente. Sie sind die Grundbausteine von Prozessoren, also Recheneinheiten im Computer. Statt einzelner Transistoren in je einem eigenen Gehäuse werden zunehmend Chips verwendet, auf denen mehrere 100 Millionen Transistoren gemeinsam angeordnet sind. Der Name Transistor ist ein Kurzwort vom englischen *Transfer varistor*, was ihn als „durch Strom/Spannung steuerbaren Widerstand“ beschreibt. Bei unserer Teststrecke haben wir sie für den Halte-Elektromagneten benötigt. Dieser braucht nämlich so viel Strom, dass wir ihn nicht direkt an den Mikrocontroller anschließen konnten. Deshalb

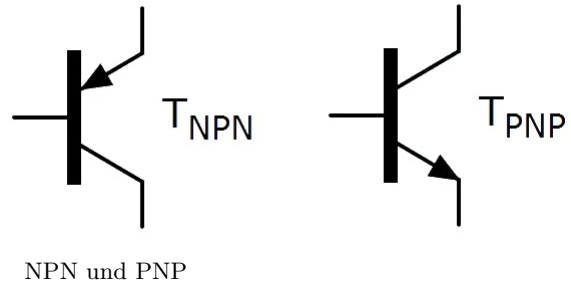
mussten wir einen Transistor als elektrischen Schalter einbauen.



Ansteuerung des Elektromagneten durch den Mikrocontroller

Allgemein werden Transistoren in zwei grundsätzliche Funktionsprinzipien unterteilt: Die Bipolartransistoren und die Feldeffekttransistoren (FETs). Wir haben uns hauptsächlich mit den Bipolartransistoren beschäftigt, da sie in der Digitaltechnik als elektrische Schalter verwendet werden. Sie sind aus drei übereinandergelegten speziell gefertigten Metallen hergestellt, sogenannten Halbleiterschichten. Diese sind mit drei metallischen Anschlüssen versehen, welche aus dem Gehäuse herausführen. Die drei Anschlüsse heißen Kollektor (C), Basis (B) und Emitter (E). Kollektor und Emitter sind an den beiden äußeren Halbleiterschichten, die Basis an der mittleren befestigt. Die Basis ist somit auch der Steuereingang des Transistors. Es wird je nach Polung zwischen NPN- und PNP-Transistoren unterschieden. Ein kleiner Stromfluß auf der Basis kann einen großen Stromfluß auf der Kollektor-Emitter-Strecke ermöglichen und somit als elektrischer Schalter dienen. Generell kann Strom vom Kollektor zum Emitter nur dann fließen, wenn die Basis positiver (bei NPN-Transistoren) bzw. negativer (PNP-Transistoren) als der Emitter ist.

Damit der entstehende Basisstrom nicht zu groß ist, darf die Basis nicht direkt mit dem Mikrocontroller verbunden werden, da man sonst die Basis-Emitter-Strecke kurzschließt. Deshalb muss man einen geeigneten Basiswiderstand benutzen.



Abgesehen von den „normalen“ Transistoren gibt es aber auch andere Transistortypen wie den Fototransistor. Dieser wird an der Basis nicht mit Strom, sondern mit Licht gesteuert. Er schaltet also, wenn er beleuchtet wird. Verwendet wird dieser Transistortyp beispielsweise in Lichtschranken.

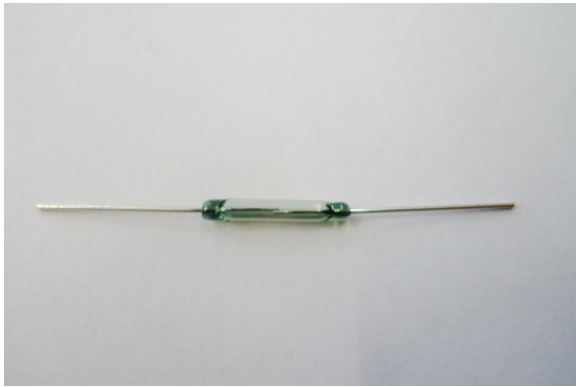
Sensoren

SIMON FEHLING

Um Messwerte mit einem Mikrocontroller zu erfassen, werden Sensoren benötigt. Die folgenden drei sind digitale Sensoren, d. h. sie können entweder eine logische 0 – also eine Spannung von 0 V – oder eine logische 1 – also eine Spannung von 5 V – ausgeben. Die folgenden drei Sensoren hatten wir in der Vorauswahl, um damit den vorbeifahrenden Wagen zu erkennen.

1. Reedkontakt

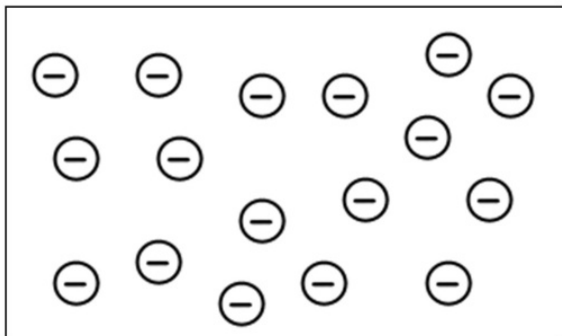
Ein Reedkontakt besteht aus einem Glasröhrchen, in dem sich zwei Kontaktdrähte befinden. Die Enden der Kontaktdrähte führen aus dem Glasröhrchen hinaus und bilden somit die beiden Anschlüsse des Reedkontakts. Die anderen beiden Enden der Kontaktdrähte liegen im Inneren des Glasröhrchens nah beieinander. Im Normalzustand berühren sie sich nicht. Kommt allerdings ein Magnet in die Nähe des Reedkontakts, werden die beiden Enden im Glasröhrchen zusammengezogen und stellen einen Kontakt her, sodass Strom durch den Reedkontakt fließen kann. Weil der Reedkontakt nur zwei Anschlüsse hat, ist er sehr einfach zu verbauen, hat aber den Nachteil, dass der Magnet die Kontaktdrähte nur von bestimmten Positionen aus aneinander ziehen kann.



Reed-Kontakt

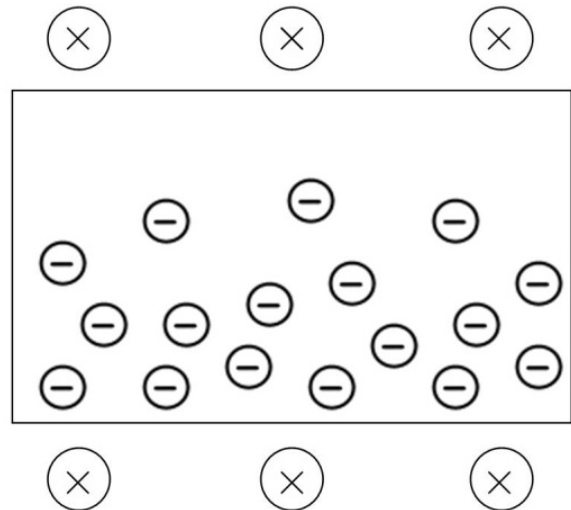
2. Hallsensor

Ein Hallsensor ist ein sehr kleiner Sensor, der sich den Hall-Effekt zu Nutze macht. Dieser basiert auf der Beobachtung, dass ein Magnet in der Nähe eines elektronendurchflossenen Leiters die Elektronen im Leiter leicht ablenkt. So entsteht zwischen dem oberen und dem unteren Rand des Leiters eine messbare Spannung (Hallspannung).



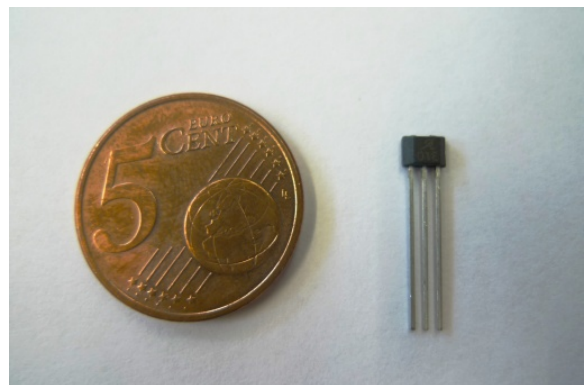
Elektronendurchflossener Leiter ohne Magnetfeld. Die Elektronen bewegen sich nach rechts und sind gleichmäßig verteilt.

Im Hallsensor spielt sich dieser Effekt im Hallgenerator ab. Da die dort entstehende Spannung sehr gering ist, wird sie verstärkt, bevor sie an den Schmitt-Trigger weitergegeben wird. Dieser entscheidet, ob die Spannung groß genug ist. Wenn ja, gibt er eine logische 1 aus, sonst eine 0. Dieser Wert wird an einen Transistor weitergegeben, der einen externen Stromkreis schließt, wenn eine logische 1 anliegt. Der Hallsensor hat den Vorteil, dass er deutlich genauer als der Reedkontakt ist. Es ist allerdings zu be-



Elektronendurchflossener Leiter in einem in die Zeichenebene gerichteten Magnetfeld. Die Elektronen werden nach unten abgelenkt.

achten, dass er nur schaltet, wenn der Magnet richtig gepolt ist.

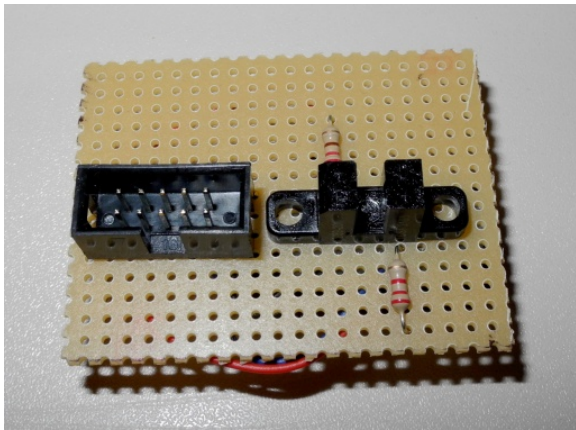


Hallsensor im Größenvergleich

3. Lichtschranke

Eine Lichtschranke besteht aus zwei Bauteilen, die über zwei getrennte Stromkreise versorgt werden. Das eine Bauteil ist eine Leuchtdiode, die Lichtstrahlen im Infrarotbereich aussendet. Das andere Bauteil ist ein Fototransistor, der einen Stromkreis schließt, wenn infrarotes Licht darauf fällt. Die beiden Bauteile sind durch eine Lücke voneinander getrennt. Im Normalzustand kann das Licht der Leuchtdiode durch die Lücke auf den Fototransistor fallen. Wird die Lichtschranke allerdings unterbrochen, in-

dem beispielsweise ein Plättchen in die Lücke zwischen den beiden Bauteilen gehalten wird, so ist auch der Stromkreis am Transistor unterbrochen, weil kein Licht mehr auf den Fototransistor fällt. Die Lichtschranke hat den Vorteil, dass man die Zeit ermitteln kann, die das Plättchen des Autos in der Schranke verbracht hat. Mit dieser „Verdunklungszeit“ lässt sich später die Beschleunigung berechnen. Die Lücke der Lichtschranke ist sehr schmal, weshalb man die Lichtschranke präzise einbauen muss.



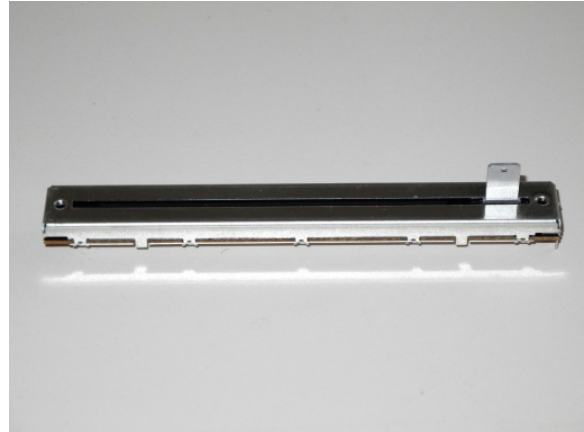
Lichtschranke auf Adapterplatine

Schiebepotentiometer

Zur Bestimmung des Steigungswinkels unserer Teststrecke, welchen wir für die Berechnung der theoretischen Geschwindigkeit brauchten, war ein analoger Sensor geeigneter, da er nicht nur eine logische 1 und eine logische 0 (also entweder 0 V oder 5 V), sondern beliebige Spannungen zwischen 0 V und 5 V ausgeben kann. Ein solcher analoger Sensor ist beispielsweise das Schiebepotentiometer. Bei diesem Sensor verändert sich je nach Position des Schieberegler die ausgegebene Spannung. Das Schiebepotentiometer ist ein regelbarer Widerstand. Er teilt die Spannung und liefert somit einen stufenlosen Wert zwischen 0 V und 5 V. Diese Spannung muss allerdings erst wieder in einen digitalen Wert umgewandelt werden, damit der Mikrocontroller sie verarbeiten kann. Das geschieht in einem Analog-Digital-Wandler.

Um nun durch das Schiebepotentiometer auf den Steigungswinkel unserer Teststrecke zu kommen, bestimmten wir im Voraus für die

einzelnen Steigungswinkel den Wert, den das Schiebepotentiometer beim jeweiligen Winkel ausgibt. In unserem Programm ordneten wir dann einfach den vorher bestimmten Werten die Steigungswinkel zu, sodass der Winkel direkt in Excel angegeben werden konnte.



Schiebepotentiometer

Logikgatter

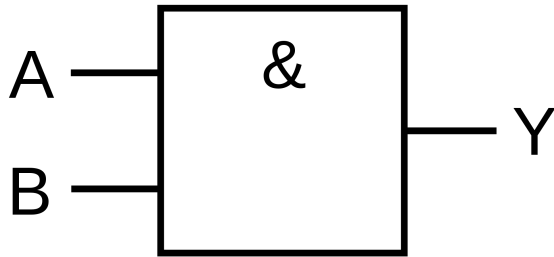
JELLE KÜBLER

Im Alltag benutzen wir häufig logische Sätze wie zum Beispiel: „Um die Wäsche zu waschen, brauche ich Wasser UND Seife!“, „Um etwas zu bezahlen, brauche ich eine Kreditkarte ODER Bargeld!“, „Wenn es dunkel ist, ist es NICHT hell!“.

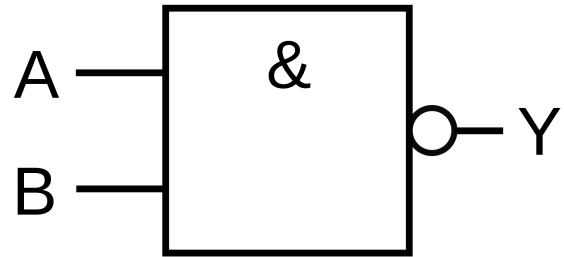
Diese logischen Aussagen beschreiben einen Sachverhalt. Somit kann man ihnen – im Gegensatz zu Fragesätzen, Ausrufen, Wünschen, etc. – einen Wahrheitswert zuordnen, um mit ihnen die Frage nach der Wahrheit sinnvoll zu stellen. Während der ersten Tage der Akademie haben wir uns mit Logikgattern beschäftigt. Das sind elektronische Bausteine, die ein oder mehrere Eingangssignale – logisch – zu einem Ausgangssignal verarbeiten. Wir haben uns mit verschiedenen Gattern beschäftigt.

Das AND-Gatter (UND)

Am Ausgang dieses Gatters erhält man nur eine logische 1, wenn an *beiden* Eingängen logische 1en anliegen.



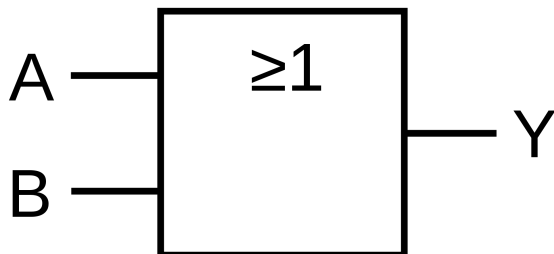
Schaltbild eines AND-Gatters



Schaltbild eines NAND-Gatters

Das OR-Gatter (ODER)

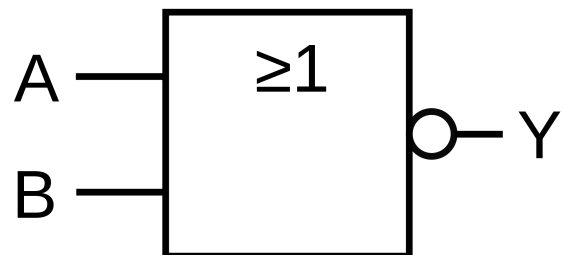
Wenn an *mindestens* einem der beiden Eingänge eine logische 1 anliegt, dann liegt am Ausgang auch eine logische 1 an.



Schaltbild eines OR-Gatters

Das NOR-Gatter (ODER, NICHT)

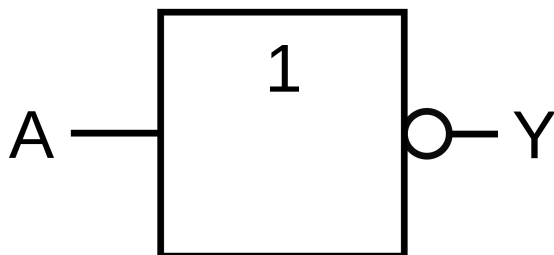
Wenn an einem der beiden Eingänge eine logische 1 anliegt, dann liegt eine logische 1 vor, die durch das NOT-Gatter in eine logische 0 invertiert wird.



Schaltbild eines NOR-Gatters

Das NOT-Gatter (NICHT)

Dieses Gatter invertiert den am Eingang anliegenden Wert. Das heißt, dass aus einer logischen 0 eine 1 wird oder aus einer logischen 1 eine 0 wird.



Schaltbild eines NOT-Gatters

Das NAND-Gatter (UND, NICHT)

Dieses Gatter erzeugt nur eine logische 1, wenn an beiden Eingängen logische 1en anliegen. Diese wird jedoch durch das NOT-Gatter in eine logische 0 invertiert.

Es gibt noch viele weitere Gatter, wir beließen es allerdings bei den genannten.

An den Eingängen der Logikgatter liegen elektrische Spannungen an. Diese repräsentieren den logischen Zustand als 0 und 1. Alle möglichen Ausgangswerte der Logikgatter und die dazugehörigen Eingangswerte, werden in einer sogenannten Wahrheitstabelle aufgelistet. In der Wahrheitstabelle des AND-Gatters steht beispielsweise, dass eine 0 und eine 1 als Eingangswerte zu einer logischen 0 als Ausgangswert führen. In einem NAND-Gatter wird (bei gleichen Eingangswerten) die 0 noch invertiert, und in der Wahrheitstabelle steht als Ausgangswert eine logische 1. In der Wahrheitstabelle des OR-Gatters steht für die Eingangswerte 0 und 1 eine logische 1 als Ausgangswert. Für dieselben Werte im NOR-Gatter steht als Ausgangswert eine logische 0, da das Ergebnis des OR-Gatters noch invertiert wird.

Auch in unserer Teststrecke haben wir einige Logikgatter eingebaut. Da wir acht Lichtschranken auf der Teststrecke angebracht hatten und

E1	E2	AND	OR	NAND	NOR
1	1	1	1	0	0
1	0	0	1	1	0
0	1	0	1	1	0
0	0	0	0	1	1

Wahrheitstabelle für die Gatter AND, OR, NAND sowie NOR anhand der Eingänge E1 und E2

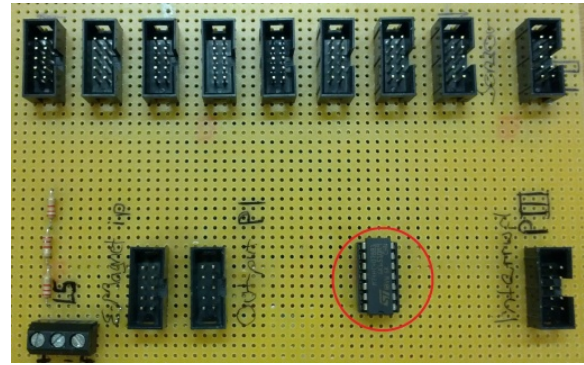
der Mikrocontroller erkennen musste, wenn eine von ihnen durch den Wagen unterbrochen wird, brauchten wir ein OR-Gatter (ODER), damit sich das Signal – egal welche Lichtschranke unterbrochen war – am Logikgatter änderte. Aus zwei Gründen haben wir jedoch kein einfaches OR-Gatter verwendet, sondern ein NOR-Gatter (ODER, NICHT). Zum einen kann man heute keine Logikgatter mehr kaufen, in die kein NOT-Gatter integriert ist. Das heißt jedes Gatter hat zwei Ausgänge, bei einem NOR-Gatter hätte man also einen normalen Ausgang (OR) und einen invertierten (NOR). Der zweite Grund, warum wir ein NOR-Gatter brauchten, ist, dass das Unterbrechen der Lichtschranke einen Interrupt am Mikrocontroller auslösen sollte. Mit einem einfachen OR-Gatter würde das Ausgangssignal beim Unterbrechen der Lichtschranke von einer logischen 0 auf eine logische 1 wechseln und hätte eine „steigende Flanke“ ($0 \rightarrow 1$ = steigende Flanke), da die am Ausgang anliegende Spannung von zwischen 0 V und 0,8 V auf über 2 V steigt. Da ein Interrupt an unserem Mikrocontroller nur durch eine „fallende Flanke“ ausgelöst werden kann, brauchten wir ein NOR-Gatter, damit das Ausgangssignal von einer logischen 1 auf eine logische 0 wechselt ($1 \rightarrow 0$ = fallende Flanke).

Zahlensysteme

ANNIKA BUTLER

Es gibt viele verschiedene Arten, Zahlen darzustellen. Wir Menschen verstehen die Zahl 138 im Dezimalsystem, das heißt, wir rechnen $138 = 1 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 8 \cdot 10^0$.

Ein Computer versteht Zahlen im Dualsystem, er „sieht“ die Zahl 1011 (= 11 im Dezimalsystem) als $1 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$.



Das NOR-Gatter (Mitte unten) auf der Verteilerplatine.

Umwandlung von dezimal nach dual

Es ist für die Programmierung wichtig, Dezimalzahlen in Dualzahlen – auch binäre Zahlen genannt – umwandeln zu können. Es gibt zwei Varianten, wie man die Zahlen umrechnen kann.

Bei der ersten Methode wird geschaut, welche größtmögliche Zweierpotenz von der Dezimalzahl subtrahiert werden kann. Ist es möglich die Zahl zu subtrahieren, ohne einen negativen Wert zu erhalten, setzt man eine 1, wenn nicht eine 0.

816	−512 (2^9)	1
304	−256 (2^8)	1
48	−128 (2^7)	0
48	−64 (2^6)	0
48	−32 (2^5)	1
16	−16 (2^4)	1
0	−8 (2^3)	0
0	−4 (2^2)	0
0	−2 (2^1)	0
0	−1 (2^0)	0

Umrechnung von dezimal 816 in binär mit erster Methode

Die binäre Zahl, die man erhält, ist 1100110000, was der Dezimalzahl 816 entspricht.

Eine zweite Methode zur Umwandlung einer Dezimalzahl in eine Dualzahl ist das Teilen der Dezimalzahl durch zwei. Wenn die Zahl nach der Teilung einen Rest hat, wird eine 1 gesetzt. Gibt es keinen Rest, setzt man eine 0. Bei der Division durch zwei sind logischerweise

nur 1 oder 0 als Rest möglich. Das Ergebnis muss noch von unten nach oben gelesen werden, damit die Dualzahl stimmt.

$$\begin{array}{r|l}
 816 : 2 = 408 & 0 \\
 408 : 2 = 204 & 0 \\
 204 : 2 = 102 & 0 \\
 102 : 2 = 51 & 0 \\
 51 : 2 = 25,5 & 1 \\
 25 : 2 = 12,5 & 1 \\
 12 : 2 = 6 & 0 \\
 6 : 2 = 3 & 0 \\
 3 : 2 = 1,5 & 1 \\
 1 : 2 = 0,5 & 1
 \end{array}$$

Umrechnung von dezimal 816 mit zweiter Methode

Umwandlung von dual nach dezimal

Im Gegenzug können Binärzahlen auch in Dezimalzahlen umgewandelt werden. Das funktioniert, indem man jede Ziffer mit der zur jeweiligen Stelle gehörenden Zweierpotenz multipliziert.

Beispiel: Umwandlung der Dualzahl 1001 in eine Dezimalzahl.

$$1001 = 1 \cdot (2^3) + 0 \cdot (2^2) + 0 \cdot (2^1) + 1 \cdot (2^0) = 1 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1 = 9$$

Rechnen im Dualsystem

Folgende Regeln gelten bei der Addition:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0 \text{ mit Übertrag } 1$$

$$\begin{array}{r|l|l}
 & 0 & 1 & 1 & 0 & & 6 \\
 + & 0 & 0 & 1 & 1 & & 3 \\
 & 1 & 1 & & & & \\
 \hline
 = & 1 & 0 & 0 & 1 & & 9
 \end{array}$$

Beispiel für binäre Addition

Folgende Regeln gelten bei der Subtraktion:

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

$$0 - 0 = 0$$

$$0 - 1 = 1 \text{ mit Übertrag } 1$$

$$\begin{array}{r|l|l}
 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & & 23 \\
 - & & 1 & 0 & 1 & 1 & & 11 \\
 & 1 & & & & & & \\
 \hline
 = & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & & 12
 \end{array}$$

Beispiel für binäre Subtraktion

Darstellung negativer Zahlen im Dualsystem

Negative Dualzahlen werden im sogenannten 2er-Komplement dargestellt. Um das 2er-Komplement zu bilden, werden zuerst die Ziffern 1 und 0 vertauscht, sie werden also komplementiert. Dabei ist es wichtig zu erwähnen, dass jede Zahl im 2er-Komplement mit der vollen Anzahl an Ziffern geschrieben wird – bei unserem 8-Bit-Mikrocontroller also 8 Ziffern – und die vorderste Ziffer als Vorzeichen gilt. Positive Dualzahlen haben immer eine 0 als erste Ziffer, negative Zahlen eine 1.

Die Umwandlung von +13 in -13 kann beispielsweise wie folgt erreicht werden.

Komplementierung: 0000 1101 (13) wird zu 1111 0010

Zu dieser Zahl muss nun 1 addiert werden, sodass -13 binär als 11110011 dargestellt wird.

$$\begin{array}{r|l|l}
 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 + & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 \hline
 = & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1
 \end{array}$$

Addition von 1 zur Bildung des 2er-Komplements von +13

Man sieht, dass -13 bei gleicher Vorgehensweise wieder zu +13 wird.

Zunächst invertiert man 1111 0011 und erhält 0000 1100. Anschließend addiert man 1 dazu, sodass das Ergebnis 0000 1101 tatsächlich +13 ergibt.

$$\begin{array}{r|l|l}
 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\
 + & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 \hline
 = & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1
 \end{array}$$

Addition von 1 zur Bildung des 2er-Komplements von -13

Darstellung von Zahlen im Hexadezimalsystem

Beim Programmieren werden allerdings nicht nur Dualzahlen, sondern häufig auch Hexadezimalzahlen verwendet. Im Hexadezimalsystem (16er-System) wird jede Stelle von 0 bis F (entspricht der 15) gezählt.

hex	dez	hex	dez
0	0	10	16
1	1	11	17
2	2	12	18
3	3	13	19
4	4	14	20
5	5	15	21
6	6	16	22
7	7	17	23
8	8	18	24
9	9	19	25
A	10	1A	26
B	11	1B	27
C	12	...	...
D	13	1F	31
E	14	20	32
F	15	21	33

Zählen im Hexadezimalsystem

Datentypen und Operatoren

JOHANNA DINKEL

Datentypen

Um Variablen in einem Programm zu definieren, stehen in der Programmiersprache C unterschiedliche Datentypen zur Verfügung. Jeder Datentyp hat einen unterschiedlichen Bedarf an Speicherplatz. Bei den Datentypen unterscheidet man in Datentypen für natürliche Zahlen (beispielsweise unsigned short) und Datentypen für ganze Zahlen (beispielsweise short).

Operatoren

Ein Programm besteht aus einer Reihe von Anweisungen, die der Mikrocontroller Schritt

Name	Speicherbedarf	Wertebereich
char	1 Byte	−128 bis +127
unsigned char	1 Byte	0 bis 255
short	2 Byte	−32768 bis +32767
unsigned short	2 Byte	0 bis 65535
long	4 Byte	−2 Mrd. bis +2 Mrd.
unsigned long	4 Byte	0 bis 4 Mrd.

Aufstellung verschiedener Datentypen

für Schritt abarbeitet. Für mathematische Berechnungen werden sogenannte Operatoren verwendet. In der Programmiersprache C gibt es verschiedene Arten von Operatoren. Die Operatoren, die wir in den zwei Wochen gelernt und verwendet haben, waren die Rechenoperatoren samt Modulo, die Bit-Operatoren und die Schiebeoperatoren.

Rechenoperatoren

Unter den Rechenoperatoren, auch arithmetische Operatoren genannt, versteht man die Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division von in ganzen Zahlen. Natürlich verwendet man beim Programmieren keine Wörter, sondern einzelne Zeichen, wie sie auch in der Mathematik verwendet werden. Für die Addition steht ein +, für die Subtraktion ein -, für die Multiplikation ein * und für die Division ein /.

Modulo (mod)

Der Modulo-Operator beschreibt den Rest der Division ganzer Zahlen. Bei einer solchen Division entsteht als Ergebnis ein Divisionsergebnis und ein Divisionsrest. Das Modulo liefert genau diesen Rest. Dieser Operator kann nur ganze Zahlen verarbeiten und im Programm wird hierfür das Prozentzeichen % geschrieben. Beispiel: $9 \bmod 4 = 1$

in C: $9 \% 4$

dies entspricht $9 : 4 = 2 \text{ Rest } 1$

Bit-Operatoren

Mit den Bit-Operatoren kann man einzelne Bits manipulieren. Dabei werden zwei Operanden bitweise verknüpft. Die gängigsten Bit-Operatoren sind das AND (&) und das OR (|). Beim Bit-Operator AND ist das Ergebnis-Bit 1, wenn die Operanden-Bits beide 1 sind. Ansonsten ist das Ergebnis 0. Beim Bit-Operator OR ist das Ergebnis-Bit 1, wenn mindestens eines der Operanden-Bits 1 ist.

Beispiel: $0000\ 0111 \& 1000\ 0100 = 0000\ 0100$
 $0000\ 0111 | 1000\ 0100 = 1000\ 0111$

Darüber hinaus haben wir noch das exklusiv ODER bzw. XOR (^) verwendet. Damit das Ergebnis-Bit 1 wird, müssen die beiden Operanden-Bits unterschiedlich sein, d. h. entweder 1 und 0 oder 0 und 1.

Beispiel: $0000\ 0111 \wedge 1000\ 0100 = 1000\ 0011$

Als letzten Bit-Operator verwendeten wir die Bit-Umkehrung (~). Das heißt, dass alle Nullen zu Einsen werden und umgekehrt.

Beispiel: $\sim 5_{10} (= \sim 00000101_2 = 11111010_2)$

Schiebeoperatoren

Die Schiebeoperatoren, die wir uns angeschaut haben, waren der Bit-Shift nach links (<<) und der Bit-Shift nach rechts (>>). Das heißt, dass eine Zahl um n Stellen nach links oder rechts verschoben wird. Wenn eine ganze positive Zahl um n Bits nach links verschoben wird, entspricht das einer Multiplikation mit 2^n .

Beispiel: $5 << 3 \rightarrow 40$

Binär: $0000\ 0101 << 3 \rightarrow 0010\ 1000$

Wenn eine ganze positive Zahl um n Bits nach rechts verschoben wird, entspricht das einer Division durch 2^n .

Beispiel: $112 >> 2 \rightarrow 28$

Binär: $0111\ 0000 >> 2 \rightarrow 0001\ 1100$.

C-Code vs. Assembler

JOHANNES GALINSKY

C und Assembler sind Programmiersprachen. Jeder Mikrocontroller oder Computer, welcher letztendlich auch nur aus mehreren Mikrocontrollern besteht, versteht nur Assembler. Da Assembler aber sehr aufwändig ist, hat man die

Hochsprachen erfunden. C ist eine davon. Ein Compiler (=„Übersetzer“) wandelt das Programm vor der Ausführung in Assembler um.

Natürlich haben die beiden Sprachen ihre Vor- und Nachteile. Der größte und wichtigste Vorteil von C-Code ist, dass er der menschlichen Sprache näher ist, wodurch er übersichtlicher ist und die Arbeit erleichtert. Eine kurze Rechenoperation, die in C beispielsweise gerade mal eine halbe Zeile lang ist, kann in Assembler mehrere Seiten in Anspruch nehmen. Es gibt viele vorgefertigte Programmblöcke (Bibliotheken), die man benutzen kann, um sich Arbeit zu ersparen. Allerdings ist C dafür weniger maschinennah und durch die Übersetzungen des Compilers werden manchmal unnütze Programmzeilen eingefügt, welche Speicherplatz rauben und das Programm verlangsamen.

Bei Assembler ist der große Vorteil, dass es am maschinennächsten ist. Dadurch sind die geschriebenen Programme deutlich schneller, und ein effizientes Nutzen der Hardware ist möglich. Die Arbeit des Systems lässt sich wesentlich besser nachvollziehen, wodurch man dann Details besser und leichter optimieren kann. Die in Assembler geschriebenen Programme verbrauchen in der Regel auch weniger Speicherplatz.

Allerdings entstehen bei der Nutzung von Assembler auch eine Reihe von Nachteilen. Der Code nimmt schnell gigantische Ausmaße an und wird extrem unübersichtlich, was wiederum die Entwicklung von reinen Assembler-Programmen sehr aufwändig macht. Das Programm ist an die Architektur der Hardware gebunden, das heißt, beim Ändern der Hardware muss das Programm neu bzw. umgeschrieben werden. Bei einem anderen Mikrocontroller muss man eventuell erst einen neuen Befehlsatz erlernen.

Eine Zeile wie

```
a=b/c;
```

sieht in Assembler wesentlich komplizierter aus.

Aufgrund der verschiedenen Vor- und Nachteile haben wir uns im Kurs zuerst Assembler angeschaut und erlernt, aber letztendlich in C programmiert.

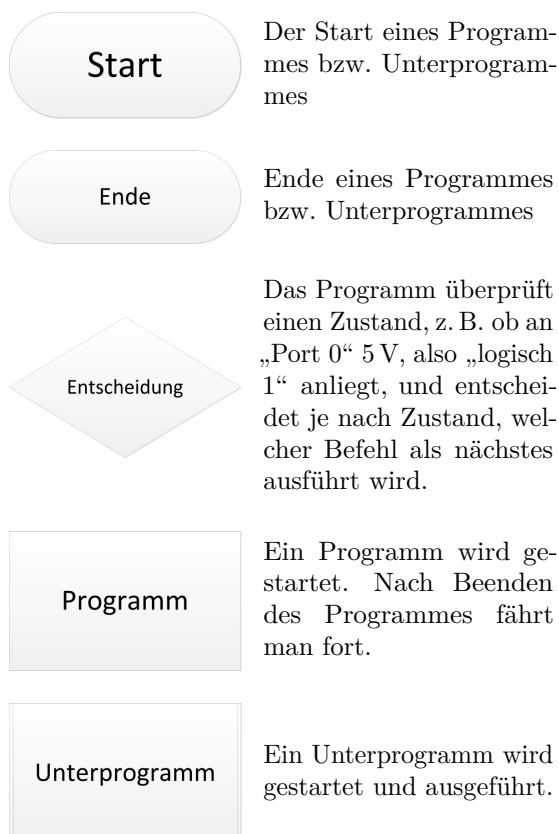
C:0x0933	AB49	MOV	R3,0x49
C:0x0935	AA48	MOV	R2,0x48
C:0x0937	A947	MOV	R1,0x47
C:0x0939	A846	MOV	R0,0x46
C:0x093B	AF0B	MOV	R7,0x0B
C:0x093D	AE0A	MOV	R6,0x0A
C:0x093F	AD09	MOV	R5,0x09
C:0x0941	AC08	MOV	R4,0x08
C:0x0943	1209BB	LCALL	C:09BB

... 50 weitere Zeilen vervollständigen die einfache C-Anweisung $a=b/c$.

Programmablaufplan

TÖNNIS TRITTLER

Nachdem wir das ganze Programm geschrieben hatten, mussten wir für die Abschlusspräsentation und die Dokumentation noch einen Weg finden, das Programm den Zuschauern und Lesern auf eine anschauliche und informative Weise vermitteln zu können. Wir wählten hierfür den Programmablaufplan, kurz PAP. Ein PAP besteht im Wesentlichen aus folgenden Elementen:



——— Pfeil ——— Verbindung zum nächsten Element.

Am Beispiel des Zustands „Messen“ kann man die verschiedenen Elemente erklären. Mit dem Icon „Start“ beginnt der Zustand „Messen“. Das Programm fragt danach wieder und wieder bei Sensor 0 ab, ob er aktiviert ist. Dieses andauernde Abfragen nennt man Polling. Sobald Sensor 0 aktiviert ist, speichert der Mikrocontroller die vergangene Zeit seit dem Start. Sobald der Sensor 0 nicht mehr aktiviert ist, speichert der Mikrocontroller die Zeit des Austritts. Dieses Vorgehen wird noch mit sieben weiteren Sensoren wiederholt. Danach endet der Zustand „Messen“ mit dem „Ende“-Icon.

Interrupts

JOHANNES GALINSKY

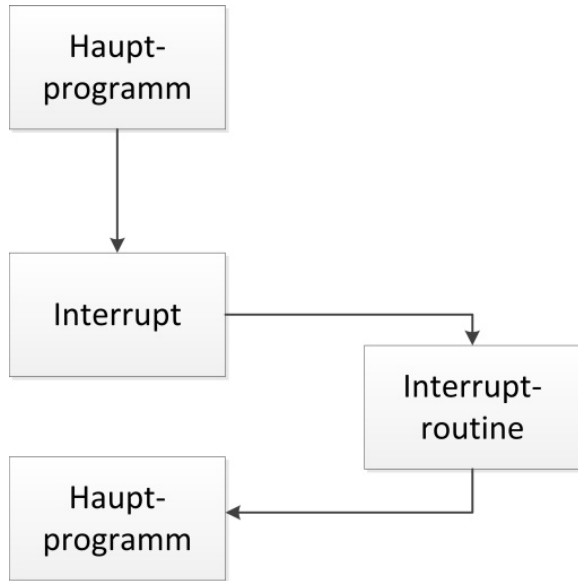
Interrupts braucht man, wenn man wissen will, ob bestimmte Pins ihren Wert ändern, dies aber nicht ständig im Programm kontrollieren will, da es Zeit raubt oder zu aufwändig in der Programmierung ist. Interrupts sind praktisch, da sie den normalen Programmablauf kurz unterbrechen. So können in der Interrupt-Routine dringende Ereignisse bearbeitet werden.

Immer wenn ein bestimmtes Ereignis eintritt, kann ein Interrupt ausgelöst werden. In diesem Fall unterbricht der Mikrocontroller das, was er gerade macht, und führt bestimmte Programmzeilen aus. Wenn diese dann fertig ausgeführt wurden, kehrt der Mikrocontroller zu seiner ursprünglichen Programmzeile zurück und führt dort das ursprüngliche Programm weiter aus.

Interrupts werden durch bestimmte Bits freigegeben, damit kein ungewollter Interrupt ausgelöst wird. Es gibt verschiedene Arten von Interrupts. Je nach Interrupt werden bestimmte Programmzeilen ausgeführt. Je nach Bauart des Mikrocontrollers kann während eines Interrupts kein neuer Interrupt ausgelöst werden, oder nur ein Interrupt mit höherer Priorität, aber keiner mit niedrigerer.

Nachfolgend eine Aufstellung der wichtigsten Interrupts und wie sie ausgelöst werden.

Externer Interrupt wird durch Ändern eines externen Signals an einem bestimmten Pin



Unterbrechung des Programmablaufs durch eine Interrupt-Routine

– bei uns die Lichtschranken – ausgelöst.

Serieller Interrupt Auslösung durch Empfangen oder Senden von Daten an der seriellen Schnittstelle.

Timer-Interrupt wird ausgelöst, sobald eine bestimmte Zeit abgelaufen ist oder im Counter-Modus eine bestimmte Anzahl gezählt wurde. Wir haben ihn für die Zeitmessung verwendet.

AD-Wandler-Interrupt Auslösung, sobald der Analog-Digital-Wandler mit einer Umwandlung fertig ist. Bei uns wird er für die Winkelmessung verwendet.

Timer

LISA MIRLINA

Der Timer ist ein Teil der Hardware eines Mikrocontrollers. Er nimmt ein oder auch mehrere Zählregister darin ein. In diesen Registern speichert er einen Wert, also eine Zahl, und erhöht diesen Wert fortlaufend um eins. Das Fachwort beim Programmieren für das Erhöhen ist „inkrementieren“.

Der Timer kann unterschiedliche Funktionen übernehmen. Als Timer, beziehungsweise Zeitzähler oder Zeitgeber, erhöht er den Wert nach jedem Takt um eins, arbeitet also wie eine Uhr.

In diesem Fall kann man die Genauigkeit des Quarzes (= Taktgeber im Mikrocontroller) nutzen und so den Timer unabhängig vom restlichen Programmablauf hochzählen lassen. Als sogenannter Counter, oder auch Zähler, erhöht er den Wert nach jedem externen Signal um eins und kann so bestimmte Ereignisse zählen, wie zum Beispiel das Betätigen eines Schalters. Bei unseren ersten Übungen mit dem Timer beim Programmieren verwendeten wir die Funktion des Zählers. Wir schrieben ein Programm, durch das sich bei jeder Betätigung eines Schalters die Zahl auf einer Anzeige immer um eins erhöhte. Später verwendeten wir ihn aber in unserem physikalischen Experiment als Zeitgeber. Er maß die Zeit, die zwischen dem Losfahren des Wagens und dessen Ankunft bei den einzelnen Zwischenstationen vergangen war. Diese konnte schließlich auf einer Anzeige ausgegeben werden.

Der Mikrocontroller, den wir verwendeten, besitzt drei verschiedene Timer: Timer 0, Timer 1 und Timer 2, welche sich durch ihre verschiedenen Modi und Einstellungen voneinander unterscheiden. Jeder Timer besteht aus zwei 8-bit-Registern (THx und TLx). In einem bestimmten Modus kann man diese zusammen als einen 16-bit Timer verwenden. Zunächst wird in diesem Fall das TLx-Register inkrementiert, bis es bei seinem Endwert, der bei einem 8-bit-Register bei 255 liegt, angekommen ist.

Daraufhin findet ein so genannter Überlauf statt. Der Maximalwert des Registers ist also erreicht. Bei weiterem Inkrementieren würde der Wert wieder auf null zurückfallen. Deshalb wird nun das THx-Register um eins erhöht, das andere dabei wieder auf null gesetzt und wieder wie davor fortlaufend inkrementiert, sodass wieder und wieder Overflows des TLx-Registers und Erhöhungen des THx-Registers stattfinden. Das passiert so lange, bis sich auch im THx-Register ein Überlauf ereignet. Sofern der Mikrocontroller passend eingestellt wurde, kann jetzt ein Interrupt stattfinden.

Bei unserem Experiment verwendeten wir einen anderen Modus, den „Auto-Reload“. Bei diesem wurde nur das TLx-Register erhöht und im THx-Register gleichzeitig der Reload-Wert

gespeichert, bei dem das TLx-Register nach einem Überlauf wieder anfangen sollte. Mithilfe dieses Modus kann man den Timer also nicht nur von 0–255 zählen lassen, sondern auch von 6–255, was bei Zeitmessungen sehr von Vorteil sein kann. Zählt er nämlich von 6 bis 255, dann zählt er vor einem Überlauf 250 mal hoch. Da der Timer mit einer Frequenz von 1 MHz zählt, vergehen pro Überlauf 250 μ s.

Der Timer besitzt noch zwei Steuerregister, nämlich das TMOD und das TCON. TMOD steht für Timer Modus und TCON für Timer Control. Im Register TMOD kann man auswählen, ob man die Anwendung als Timer oder als Counter verwenden und welchen Modus man nutzen möchte. Im Register TCON dagegen wird der Startbefehl für den Timer gegeben.

Der Teil des Programms, der sich mit dem Timer befasste, beginnt mit

```
void timer () interrupt 1 {zaehler++; }
```

Diese Programmzeile definiert den Befehlstyp des Timers und legt fest, dass bei jedem Überlauf die Variable „zaehler“ um 1 inkrementiert werden soll. Der Timer zählt also jede $\frac{1}{4}$ Millisekunde um eins hoch. Zwei weitere Programmzeilen stellten die einzelnen Modi ein, legten den Reloadwert fest und starteten den Timer.

Serielle Schnittstelle

VINCENT SCHMIDT

Die serielle Übertragung braucht man, um Informationen auszutauschen. Bei der seriellen Übertragung werden die Bits, anders als bei der parallelen Übertragung, nacheinander übertragen.

Eine Übertragung beginnt mit einem Startbit, einer logischen 0. Es folgen acht (manchmal auch neun) Datenbits, welche das eigentliche Zeichen bilden. Danach wird ein Bit zur Kontrolle der gesendeten Daten übertragen, gefolgt von einem Stoppbit. Schließlich beginnt das Ganze wieder von vorne, bis es keine Daten mehr zu übertragen gibt. Eine logische 0 wird mit einer Spannung von +3 V bis +15 V übertragen, eine logische 1 mit einer Spannung von –3 V bis –15 V.

Das Stoppbit ist immer eine logische 1. Es können ein normal langes Stoppbit, ein verlängertes Stoppbit oder zwei Stoppbits übertragen werden. Zusammen mit dem Startbit ermöglicht das Stoppbit, dass das Senden und das Empfangen synchron läuft.

Um zu überprüfen, ob es einen Übertragungsfehler gegeben hat, gibt es ein Kontroll-Bit, die sog. Parität. Es gibt folgende Paritäten: gerade Parität (even parity), ungerade Parität (odd parity), immer-1-Parität (mark parity), immer-0-Parität (space parity) und keine Parität (none parity). Es werden die gesendeten Einsen gezählt, die Summe soll gerade oder ungerade sein. Wenn also die Zahl 76 übertragen werden soll, also binär 01001100, ist die Summe der Einsen 3, also ungerade. Demnach wird als Paritätsbit eine 0 übertragen, da, wie oben schon genannt, eine ungerade Parität verwendet wird. Wenn die Zahl jedoch 77, 01001101, wäre, gäbe es vier übertragene Einsen, folglich wäre das Paritätsbit 1. Der Nachteil ist jedoch, dass die Parität nur einen Fehler erkennt, aber keinen verbessern kann. Zum Beispiel ist bei ungerader Parität die Summe der Einsen 6. Der Empfänger erkennt also, dass es einen Fehler gegeben hat. Allerdings kann der Empfänger nicht wissen, wenn er 1011110 empfangen hat, ob die Zahl 10110110 oder 10101110 heißen sollte.

Außerdem ist für die serielle Übertragung die Baudrate wichtig. Ein Baud (Bd) entspricht einem Bit pro Sekunde und hat die Dauer eines Taktes. Je länger das Übertragungskabel ist, desto kleiner ist die maximale Baudrate. Sehr oft wird eine Baudrate von 9600 (9600 Bits pro Sekunde) verwendet, wobei das Kabel bis zu ca. 150 m lang sein kann.

Ein serielles Übertragungskabel besteht aus einer GND-Leitung und aus TxD- und RxD-Leitungen. GND bedeutet „ground“, legt das Masse-Potential fest und ist oft mit dem Minuspol der Spannungsquelle verbunden. Beide Spannungsquellen bei einer seriellen Übertragung sind mit dem Minuspol an GND angeschlossen, sodass beide dasselbe Bezugspotential haben. TxD bedeutet „Transmit Data“, die Leitung geht also vom Endgerät zum Übertragungsgerät, während die Leitung RxD („Recei-

ve Data“) vom Übertragungsgerät zum Endgerät führt.

Um Daten mit einer seriellen Schnittstelle übertragen zu können, braucht man zusätzlich zur Schnittstelle ein Hardwareelement, den sogenannten MAX232, denn der Mikrocontroller verträgt solche hohen Spannungen nicht. Der MAX232 ist ein Pegelkonverter, der die Spannung auf +10 V zu verdoppelt und auf –10 V invertiert. Er wandelt ein TTL-Signal (bei unserem Mikrocontroller: 0–5 V; 0 V entspricht einer logischen 0, 5 V einer logischen 1) in ein RS232-Signal um, das der PC versteht, indem er das Signal auf höhere Pegel umsetzt und invertiert. Genauso funktioniert das auch rückwärts.

ASCII

VINCENT SCHMIDT

ASCII bedeutet „American Standard Code for Information Interchange“ und hat die Grundidee, dass jede Zahl einem Zeichen entspricht. Da es ein 7-bit-Code ist, gibt es 128 Ziffern, wobei manche Ziffern sogenannten „nicht druckbare Zeichen“ entsprechen (die ersten 32). Andere Ziffern stehen für Zeichen wie #, !, -, \$, &, %, (,), usw. Buchstaben gibt es auch, sowohl klein als auch groß, aber ohne ä, ö, ü und ß, da es ja der „American Code“ ist.

Dezimal	Hexadezimal	Zeichen
33	0x21	!
34	0x22	"
...	...	...
48	0x30	0
49	0x31	1
50	0x32	2
...	...	...
65	0x41	A
66	0x42	B
67	0x43	C
...	...	...
97	0x61	a
98	0x62	b
99	0x63	c
...	...	...

Beispiel für druckbare Zeichen

Natürlich findet man auch nichtdruckbare Zeichen wie Leerzeichen und Tab in der Tabelle.

Dezimal	Hexadezimal	Zeichen
2	0x02	Start vom Text
9	0x09	horizontaler Tab
27	0x1B	Escape
32	0x20	Leerzeichen

Beispiele für nicht druckbare Zeichen

Man verwendet ASCII beispielsweise, um Zeichen auf einem LC-Display (liquid crystal display) anzuzeigen. In C kann man die Kodierung von ASCII direkt nutzen. Zum Beispiel ist „char x=72“ das gleiche wie „char x='H'“ oder „char x=0x48“. Mit entsprechenden Befehlen kann man z. B. einem LC-Display das senden, was angezeigt werden soll. Es gibt Tabellen (wie oben schon genannt), mit denen man das ASCII-Zeichen für die entsprechenden Zahlen (sowohl dezimal, binär als auch hexadezimal) findet.

Man benötigt ASCII, weil man Texte schreiben möchte, Zeichen aber nicht binär speichern kann, sondern nur Zahlen.

Ergebnisse der Teststrecke

NATHANAEL PFANNER

Nach einer Woche harter Arbeit war unsere Teststrecke und die Programmierung so weit, dass die Zeit für das Hinunterfahren des Wagens angezeigt werden konnte. Zu unserer großen Freude funktionierte dies auf Anhieb fast reibungslos. Dennoch wollten wir noch weitergehen, sodass die gemessene Zeit auf dem Computer (in Excel) angezeigt wird. Dafür mussten wir ein weiteres Programm schreiben. Damit beschäftigte sich ein kleiner Teil unseres Kurses, der – mit Hilfe unseres Kursleiters Michael – das Programm in C# erstellte. Als nach einigen Stunden und etlichen Verbesserungen das Programm endlich fertig gestellt war, warteten alle gespannt auf die große Premiere.

Als das Programm geöffnet wurde, erschien ein Fenster mit einem Button „Starte Messung“. Sobald dieser angeklickt wurde, begann nach einem Countdown die Testfahrt. Nach der

Testfahrt klickte man auf „Messdaten Empfangen“, wodurch der Computer die Daten vom Mikrocontroller empfing. Jetzt fehlte nur noch ein Button, der gedrückt werden musste und zwar „Starte Excel“, wodurch sich ein Fenster mit Excel öffnete, das die Messdaten der Lichtschranken auf die tausendstel Sekunde genau anzeigte.

Damit man aber nicht nur Zahlen sieht, stellen wir die Messergebnisse auch in einem Diagramm dar. In diesem Diagramm sind die Durchfahrtsgeschwindigkeiten des Wagens bei den einzelnen Lichtschranken in Meter pro Sekunde angegeben. Um zu überprüfen, ob unsere Messwerte realistisch waren, berechneten wir mithilfe des Neigungswinkels die theoretische Geschwindigkeit. Das war jedoch nicht ganz so einfach wie gedacht, denn zuerst mussten wir die verschiedenen Starthöhen und die dazugehörigen Winkel bestimmen, wofür wir den Satz des Pythagoras verwendeten. Damit konnten wir jedoch noch nicht die theoretische Geschwindigkeit berechnen. Deshalb gaben uns unsere Kursleiter noch eine physikalische Einführung in die Kinematik (Bewegungslehre). Dies war unser zweiter großer Theorietag, nachdem wir den ersten ganz gut überstanden hatten.

Dieser Theorietag begann mit der Frage nach den sieben SI-Basiseinheiten. Für die Geschwindigkeitsberechnung benötigten wir davon die Zeit, die Länge und die Masse. Mit diesen Einheiten wiederholten wir einige Formeln, unter anderem für die Geschwindigkeit und die Bewegungsgesetze. Diese Formeln inklusive der Berechnung von Winkeln wurden dann so zusammengesetzt, dass eine große Formel entstand, in die man nur noch die Werte einsetzen musste. Die Formel enthielt auch, wie sich ein Körper verhält, wenn er eine schiefe Ebene hinunterfährt bzw. rutscht. Das ist eine Kombination aus der Normalkraft, die im rechtem Winkel von der Ebene wirkt, der Schwerkraft und der Hangabtriebskraft, die parallel zur schiefen Ebene besteht.

Als alles fertig war, wir die Formel vereinfacht hatten und schließlich das Ergebnis mit den passenden Zahlen ausgerechnet hatten, verglichen wir die berechnete Geschwindigkeit und

die tatsächliche Geschwindigkeit im Diagramm. Dabei fiel jedoch auf, dass die Werte nicht übereinstimmten und wir dachten zuerst, dass wir einen Fehler gemacht hatten, denn die beiden Kurven wichen voneinander ab. Nach kurzem Überlegen wurde uns klar, warum die zwei Geschwindigkeiten nicht gleich waren – wir hatten weder die Reibung noch den Luftwiderstand in unserer Rechnung berücksichtigt. Außerdem führten wir den Versuch mit Legospielzeug durch, wodurch klar war, dass nicht alles hundertprozentig stimmen konnte. Im Grunde waren sich die beiden Kurven im Diagramm jedoch sehr ähnlich, nur dass die tatsächliche Geschwindigkeit geringer als die berechnete Geschwindigkeit war. Beide Kurven hatten den gleichen Anstiegswinkel, weshalb wir sehr zufrieden mit dem Ergebnis waren.

Gegen Ende hatte unser Countdown – dank Kevin – sogar noch das Sprechen gelernt. Das heißt, er zählte von Drei bis Null herunter und ließ dann das Auto mithilfe des Elektromagneten los.

Exkursion

DANIELA KROMER

Eines Tages verkündeten Kevin und Michael uns die frohe Botschaft, dass wir nicht am Exkursionsmontag in Adelsheim sitzen, sondern nach Stuttgart zum Institut für Mikroelektronik (IMS Chips) gehen würden. So liefen wir also am Montag früh zum Bahnhof. Mental mussten wir uns noch darauf vorbereiten, wieder in die richtige Zivilisation zu gehen, doch dafür würden wir bei den knapp zwei Stunden Zugfahrt noch genügend Zeit finden. Einige hatten sich da jedoch zu früh gefreut: Michael bot Zugunterricht an – für Freiwillige – also ließen sich drei von uns wirklich bis zum Stuttgarter Bahnhof mit Wissen über Mikrocontroller und Computer berieseln – ob sie sich das so vorgestellt hatten? Das bleibt wohl offen, es wurde aber gemunkelt, dass es ganz interessant gewesen sei. In Stuttgart angekommen, hieß es nur noch: „Ihr habt jetzt zwei Stunden Freizeit – wir treffen uns um halb eins wieder hier.“

So rasten dann alle Dreiergruppen los – machten Powershopping oder Lebensmittelvorrats-

kauf, aber trafen letztenendes doch alle mehr oder weniger zufällig bei McDonalds zum Mittagessen wieder aufeinander. Mit der S-Bahn (wobei hier anzumerken ist, dass die Überlegungen zum Unterschied zwischen S- und U-Bahn in Stuttgart zu keinem wirklichen Ergebnis kamen) ging es dann zum Unigelände und von dort – sportlich wie wir sind – zu Fuß über einige Umwege zum IMS. Dort wurden wir von Herrn Futterer, der uns später auch die Einführung gab, freundlich empfangen. Hier muss ich nun doch noch die wahnsinnig bequemen Stühle im Seminarraum erwähnen – das waren wirklich die tollsten Stühle, auf denen ich je gesessen bin! Wir bekamen eine kleine Einführung in die Institutsgeschichte und aktuelle Fakten zum Betrieb.

Danach gab uns Herr Balazs eine Wiederholung der verschiedenen Logikgatter (AND, OR und NOT), und zur Übung durften wir noch auf Steckbrettern mit den Gattern verschiedene Schaltungen ausprobieren, die in einem Heftchen erklärt waren. Schließlich kam das eigentlich Interessante unseres Besuches: Die Führung am Reinraum entlang und zum „Verpacken“ der winzigen Chips in ihre Gehäuse.

Dem IMS steht ein 750 m^2 großer Reinraum zur Verfügung, also ein Raum, in dem nur eine wahnsinnig geringe Anzahl an Fremdpartikeln enthalten ist. Hier wird alles rund um die Chipfertigung an sich gemacht. Zuerst braucht man sozusagen einen Boden für den Chip. Dieser besteht aus Silizium. Dieser Träger wird im IMS auch selbst hergestellt indem man Silizium so schmilzt, dass man Siliziumrohmassestangen mit dem Durchmesser von 6 cm hat (es gibt durchaus auch hier verschiedene Größen – bis zu 24 cm). Diese Stangen werden dann zugesägt, sodass hauchdünne Siliziumplatten entstehen. Darauf werden so viele Chips wie möglich aufgebracht (man muss beachten, dass ein Chip nur ungefähr $4 \times 4\text{ mm}$ groß ist).

Ein Chip besteht aus über 100 Millionen Transistoren. Diese werden in den unteren zehn Schichten des Chips angebracht. Das funktioniert so, dass man auf die Siliziumplatte eine Metallschicht sprüht. Darauf wird dann ein Lack gegeben, der nicht löslich ist. Der Lack wird nun an den Stellen entfernt, an denen



Reinraum

später kein Metall der unteren Schicht sein soll. Dieses Lackentfernen macht man mithilfe von selbst hergestellten Masken. Diese Masken sind wie ein Stück Glas, auf dem die Stellen schwarz gemacht wurden, auf denen der Lack später erhalten bleiben soll. In einer der vielen riesigen Maschinen im Reinraum wird nun eine solche Maske über einen Wafer gelegt und dann wird dieser durch die Maske hindurch belichtet. Wafer werden die Siliziumplatten mit den angefangenen Chips darauf, in diesem Fall eine Siliziumplatte mit einer Metallschicht und einer Lackschicht darüber, genannt. So wird der Lack an den Stellen entfernt, an denen die Maske durchlässig war, an denen also später kein Metall sein soll. Nun wird der Wafer in eine Säure gelegt, die das Metall an den Stellen wegätzt, an denen es nicht durch den Lack geschützt ist.

Dieser Vorgang wird mehrmals übereinander wiederholt, sodass in ca. 10 Schichten, die insgesamt weniger als einen Mikrometer dick sind

einige 10 Millionen Transistoren entstehen. In den nächsten ca. 6 Schichten werden diese nun mithilfe von Halbleiterbahnen so verbunden, dass wir in unserem Chip Logikgatter haben. Nach dieser reichlich komplizierten Chipfertigung folgt dann der nicht weniger komplizierte Schritt, den Chip in ein Gehäuse zu setzen und dann die Anschlüsse vom Chip nach außen an das Gehäuse zu führen, sodass wir dort möglichst viele winzig kleine Drahtfüßchen haben. Das passiert allerdings nicht mehr im Reinraum. Auf dem Weg zurück vom Reinraumgebäude zum Seminarraum waren einigen die Fragezeichen förmlich ins Gesicht geschrieben. Die meisten Fragen sollten sich bei interessanten Diskussionen und Nachbesprechungen in der Akademie jedoch schnell klären. Nach einem Gruppenbild vor dem IMS ging es dann wieder zurück zum Bahnhof, von wo aus wir größtenteils vor uns hin dösend wieder zurück nach Adelsheim fuhren. Nach etwas Zugverspätung mussten wir beim Hochlaufen zum Eckenberg-Gymnasium auch noch bangen, dass noch etwas zu Essen für uns übrig ist, doch es musste abends glücklicherweise keiner hungrig ins Bett gehen. Stattdessen fielen wir in dieser Nacht mit viel neuem Wissen und der tollen Erfahrung einer Reinraumbesichtigung zufrieden und todmüde in unsere Betten.

Danksagung

TEILNEHMER DES KURSES

Zum Schluss wollen wir, die Kursteilnehmer, uns ganz herzlich bedanken. Zunächst einmal bei den Menschen, die es für uns möglich gemacht haben, an der Akademie teilnehmen zu können, sowie bei der Akademieleitung.

Doch vor allem möchten wir unseren Kursleitern Michael und Kevin und unserer Mentorin Wenke danken! Kevin, Michael, Wenke, auch wenn mancher von uns zu Beginn des Kurses nicht glauben konnte, sich irgendwann für Digitaltechnik begeistern zu können, ihr habt uns alle vom Gegenteil überzeugt! Dank euch hatten wir zwei informative Wochen, deren Inhalte wir so schnell nicht wieder vergessen werden. Ihr wart immer verständnisvoll, hilfsbereit, motiviert und freundlich, die perfekten Kursleiter und die perfekte Mentorin!

DANKE!



Unser Kurs vor dem Institut für Mikroelektronik Stuttgart (IMS Chips)

Kurs 3 – Verkehrsproblemen auf der Spur



Vorwort

JOHANNA LUDWIG

Endlich Sommerferien! – und schon geht's los in den Urlaub. Doch wer kennt die folgende Situation nicht: Kaum sitzt man im Auto, steht man auch schon im ersten Stau, da es anscheinend auch noch andere sehr eilig hatten, an ihrem Urlaubsziel anzukommen.

Doch anstatt sich am Strand zu sonnen, machten sich in diesem Sommer 12 junge Verkehrsexperten auf den Weg zu einem deutlich näher gelegenen Urlaubsziel, Adelsheim, um sich in einem zweiwöchigen Mathematikkurs mit der mathematischen Modellierung von Verkehrssituationen zu beschäftigen und sowohl die Entstehung von Staus als auch deren mögliche Verhinderung zu ergründen.

Das hört sich für den außenstehenden Beobachter jetzt vielleicht nach viel Arbeit an und

scheint wenig mit erholsamen Ferien zu tun zu haben. Doch auch der Spaßfaktor kam nicht zu kurz: In den versüßten Tee-Pausen gab es immer etwas zum Lachen, bis nach 2 1/7 Kannen Tee alle wieder neue Kraft und Motivation geschöpft hatten und es weiterging. Auch die Kursleiter und die Schülermentorin hatten immer ihren Spaß, was sich vor allem dann äußerte, wenn sie sich wieder mal überlegten, wie man die Kursinhalte auch musikalisch vermitteln könnte.

Und so hatte der Mathekurs sein Ziel erreicht: Zwei ereignisreiche Wochen Ferien mit vielen neuen Erfahrungen und vor allem ganz ohne lästige Staus ...

Unser Kurs

Till Armbruster Till war stets gut gelaunt, was wohl auch daran liegen könnte, dass er während der Sommerakademie seinen Geburtstag feierte. Trotz seiner fröhlichen Art vergaß er nie den Blick fürs Wesentliche und brachte den ein oder anderen etwas zu lebhaften Kursteilnehmer wieder zur Ruhe. Er brachte sich sehr engagiert in die Kursarbeit ein und bereicherte durch seine Ideen unsere Diskussionen maßgeblich. Beim Sportfest war er einer unserer „Punktgaranten“, auch wenn es am Ende für unseren Kurs nicht ganz so erfolgreich verlief . . .

Christopher Biel Christopher haben wir als einen sehr aufgeweckten, enthusiastischen und stets wissbegierigen Menschen kennengelernt. Durch seine fröhliche Art hat er uns oft zum Lachen gebracht. Jenes hat sich sehr gut auf unser Kursklima ausgewirkt, das im Übrigen außergewöhnlich toll war. Niemand im Kurs wollte so dringend sein Wissen mit den anderen teilen wie Christopher. Dies bescherte uns sehr rasch voranschreitende Stunden.



Julian Kubon Julian war einer der Ruhigeren in unserem Kurs, doch stets aufmerksam und immer am Denken. Wenn etwas nicht klar war, fragte er ganz selbstverständlich nach und hat ein paar Mal unsere „Zweieinsiebtel-Teekannen“-Pause für Gespräche mit Damián geopfert. Bei gemeinsamen Diskussionen bewahrte er stets einen klaren Kopf und brachte des Öfteren sinnvolle Einwände.

Rebekka Lang Fuentes Rebekka war immer gut gelaunt und sehr nett. Sie lachte gern und viel und steckte uns damit immer an. Auch wenn der Kursinhalt manchmal schwer war, verbreitete sie gute Laune und sorgte dafür, dass das Lachen nicht zu kurz kam. In den Pausen übte sie manchmal ihre Theaterrolle mit uns, sodass wir sie dann am Ende fast auswendig konnten, aber natürlich nicht so gut wie Rebekka.



Arne Morlok Arne war begeistert von der Mathematik. Im Kurs hat er immer motiviert und engagiert mitgearbeitet und hat vor allem in den Gruppenarbeiten starke Leistungen erbracht. Arne ist ein sehr offener und fröhlicher Mensch, was man auch außerhalb des Kurses in den KüAs sehen konnte. Nachmittags bewies er sein schauspielerisches Talent in der Theater-KüA und abends sah man ihn des Öfteren beim Tanzen.

Alexander Rall Alexander war immer mit viel Elan bei der Sache. Er brachte neue Ideen und Ansichtsweisen ein. Auch konnte er sehr gut erklären, was für viele den Alltag während des Kurses erleichterte. Nicht nur im Kurs, auch außerhalb war Alexander sehr aktiv: Besonders ragte er in der Sport-KüA heraus und war auch beim Tischtennis Spielen während der Pausen immer dabei. Manchmal mit so viel Eifer, dass er sogar noch nach dem Ende des Spiels mit seiner Zimmerwand weiter übte.

Carina Rupp Obwohl Carina kurz vor der Akademie noch in Australien war, war ihre Müdigkeit wegen des Zeitwechsels nicht zu be-

merken. Der kommunikativen, hilfsbereiten und vor allem sympathischen Carina fielen immer neue kreative Ideen ein, wie zum Beispiel das Tragen vom Namensschildchen am Fußgelenk, das übrigens so wasserdicht war, dass es sogar unter der Dusche nicht nass wurde. Ihre ansteckende gute Laune, die man nicht nur daran bemerkte, dass sie ihre Stereoanlage anschaltete, zeigte sie, indem sie immer offen für alle und alles war.

Lucía Schmid Lucía war immer gut gelaunt und hat sich stets wach und engagiert im Kurs beteiligt. Lucía schaffte es, jedem die Aufgaben und Lösungen so zu erklären, dass auf einmal alles ganz einfach erschien und verzweifelte nie, wenn die Rufe HÄH? und WIE? durch den Raum schallten. Außerdem muss noch dazu gesagt werden, dass ohne Lucía die Abende am Berg- und Abschlussfest nie so toll verlaufen wären.



Sara Schulz Sara war eine sehr ausgeglichene und witzige Kursteilnehmerin, die uns während des Kurses viel Spaß bereitete. Ihre Neugier brachte Sara dazu, immer alles perfekt verstehen zu wollen, und so konnte sie auch anderen weiterhelfen. Sara engagierte sich nicht nur im Kurs, sondern auch mit der Gitarre in der akademieeigenen Band.

Melissa Wannenmacher Melissa war während des Kurses eher ruhiger, aber dennoch immer aufmerksam. Wenn wir einmal vor Problemen standen, fielen ihr oft wichtige Dinge auf, die wir noch nicht bedacht hatten. Und sobald es dann hieß „2 1/7-Teekannepause“ konnte man Melissa als eine sehr

lustige und offene Person kennenlernen, die durch ihre Art schnell auch den Rest des Kurses zum Lachen brachte.

Dorothea Weinmann Hatte jemand ein Problem konnte er getrost zu Dorothea kommen. Mit fast unmenschlicher Geduld erklärte sie mathematische Probleme oder hatte einfach nur ein offenes Ohr. Für keine Arbeit war sie sich zu schade und sie half, wo sie konnte. Man kann ohne zu lügen sagen, dass Doro eine tragende Säule in unserem Kurs war, wobei sie sich auch sonst in der Sport- und Tanz-KüA einbrachte.

Lenard Zillessen Lenard war im Mathematikurs immer der, der für gute Laune sorgte und eine gelassene Stimmung in den manchmal etwas hektischen und stressigen Kursalltag brachte. Oft lenkte er mit seinem breiten Wissen unseren Mathematikurs auf den richtigen Weg, indem er viele Dinge genauer untersuchte und dann bei Unklarheiten Fragen stellte. Auch half er gerne weiter, wenn man nicht mehr genau wusste, worüber man gerade sprach.



Unsere Kursleiter

Damián Gvirtz Damián ist und bleibt einer der besten Kursleiter der Akademie. Mit seinem mathematischem Fachwissen und seinen kleinen Gesangs- und Tanzeinlagen beeindruckte und belustigte er alle Teilnehmer. Er ließ sich immer gern bereitwillig auf ein Gespräch mit uns Teilnehmern ein und teilte sein breites Wissensspektrum

Johanna Ludwig Unsere Schülermentorin Johanna hat immer für gute Stimmung während der Kurse gesorgt. Meistens hat sie das Geschehen aufmerksam aus den hinteren Reihen beobachtet, um an den passenden Stellen eine schlaue oder auch lustige Bemerkung zu machen. „Leute kommt, wir müssen was schaffen!“, hat sie immer gesagt, wenn wir mal wieder unsere Teepause überzogen hatten. Trotzdem war sie sehr beliebt bei uns. Und wenn sie mal etwas müde wirkte, dann lag das bestimmt an der Tatsache, dass man sie immer noch spät im Kursraum gesehen hat, wie sie den nächsten Kurs vorbereitete.

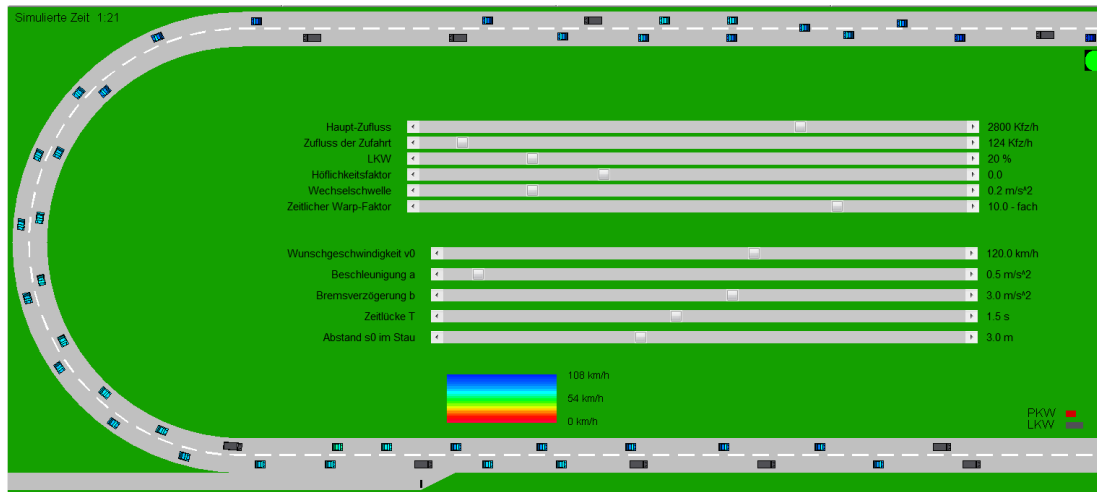
DAMIÁN GVIRTZ, JOCHEN REDER

Nachdem sich beim Eröffnungswochenende herausstellte, dass die Teilnehmer des Mathekurses eine sehr motivierte und kreative Gruppe waren, die sich spontan und kommunikativ auf alle angebotenen mathematischen Fragestellungen stürzte, entschieden wir uns für den „harten“ Weg für unsere zwei Kurswochen im Sommer: Zum Einstieg zwei Tage Vorlesung mit Übungen zu den Themen „Naive Mengenlehre“, „Funktionen“ und „Differenzierbarkeit und Ableitung“ – für Mittelstufenschüler keine leichte Kost! Und der Kurs stieg ein! Unser erstes Ziel, nämlich das Änderungsverhalten von Funktionen mathematisch zu erfassen und zu verstehen, wurde weitgehend erreicht und konnte danach auf konkrete Verkehrssituationen angewendet werden.

Mikrosimulation

In unserem Kurs beschäftigten wir uns mit verschiedensten Verkehrssituationen an unterschiedlichen Orten. Da allerdings nicht alle Situationen vorstellbar oder in der Realität häufig zu beobachten sind, benötigten wir in unserem Kurs eine präzise Simulation dieser Situationen, die wir auf der Internetseite www.traffic-simulation.de/ger fanden.

50



die entstehende Verkehrssituation genauestens zu betrachten und untersuchen.

Die Simulation ermöglicht den Nutzern neben dem Einstellen von verschiedenen Parametern einen Wechsel zwischen unterschiedlichen Stellen der Verkehrsprobleme. In unserem Kurs nutzten wir meistens die Zufahrtssimulation, um dort das Verkehrsgeschehen zu betrachten und zu erklären. Die wichtigsten Parameter dieses Applets sind hier aufgelistet.

Die wichtigsten Parameter

Haupt-Zufluss Gibt an, wie viele Kfz/h die Hauptzufahrt passieren

Zufluss der Zufahrt Gibt an, wie viele Kfz/h die Nebenzufahrt passieren

LKW Gibt den LKW-Anteil in Prozent an

Zeitlücke Gibt den zeitlichen Abstand an, den die Fahrer zu ihrem Vordermann einhalten sollten

Wechselschwelle Gibt an, wie groß der eigene Vorteil beim Spurwechsel sein muss

Höflichkeitsfaktor Gibt an, wie stark dabei der Nachteil der anderen Autofahrer gewichtet wird

Zeitlicher Warp-Faktor Gibt an, wie stark die Zeit gerraft ist

Sonstige Funktionen der Simulation

Neben den bereits genannten Funktionen bietet die Simulationen noch viele andere Mög-

lichkeiten, das simulierte Verkehrsgeschehen zu betrachten:

Autos und LKW werden in der Simulation verschieden dargestellt. Um schnell fahrende Kfz von langsameren zu differenzieren, sind die PKW je nach Geschwindigkeit in verschiedenen Farben dargestellt. Dabei steht rot für niedrige Geschwindigkeiten, blau für hohe. (LKW werden immer grau abgebildet.)

Eine weitere Funktion der Simulation ist ebenso interessant und informativ: In einem ausgewählten Applet (Ringstraße) kann die Simulation dem Nutzer verschiedene Daten liefern, die im Verkehrsgeschehen der Simulation gemessen und ausgewertet werden und schließlich für den Nutzer in Diagrammen veranschaulicht sind. Ein Beispiel dafür ist das Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm, welches die Simulation mithilfe der Betrachtung eines speziellen Autos (des „blauen Autos“) gewinnt.

Anwendung der Simulation

In der ersten Abbildung der Simulation sieht man die Straße mit geringem Verkehrsaufkommen. Wenn man die Simulation mit den so eingestellten Faktoren weiterlaufen lässt, entsteht kein Stau. Da sich die Parameter in der Realität in der Regel ständig ändern, können wir nun einige verstellen, sodass sich langsam ein Stau bildet. Wir stellen bei diesem Beispiel die Zuflüsse, die Wunschgeschwindigkeit etwas höher und die Wechselschwelle, die Beschleunigung und die Zeitlücke T etwas niedriger ein.



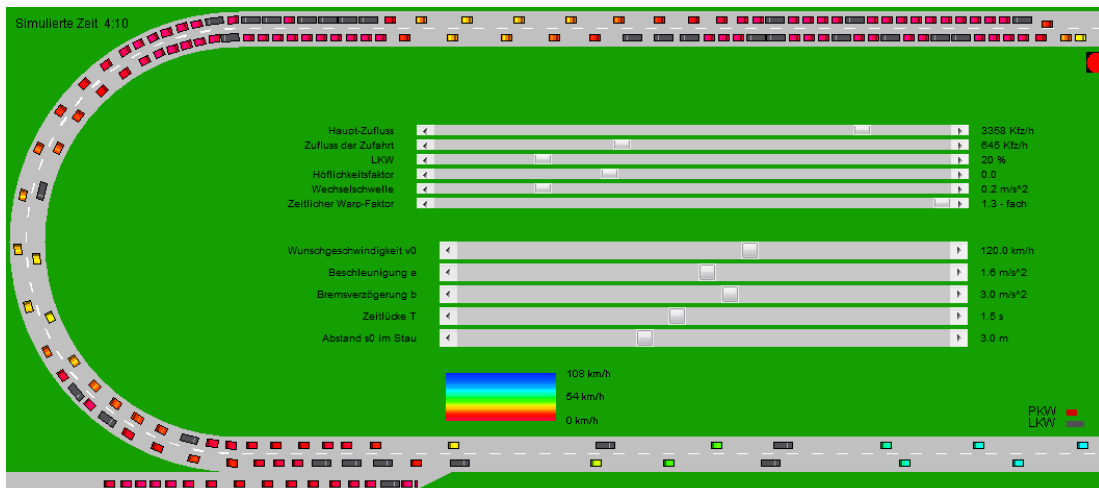
Nach 3:36 simulierten Minuten erkennt man, wie in der zweiten Abbildung zu sehen, einen Stau, der von der Zufahrt bis in die Kurve reicht. An diesem Beispiel sieht man, dass die Ursachen des Staus das erhöhte Verkehrsaufkommen, das Einfädeln der Fahrzeuge aus der Zufahrt, die erhöhte Geschwindigkeit und die niedrige Beschleunigung sind.

Bei diesem Programm kann man auch die Stauwellen sehr gut erkennen (siehe dritte Abbildung). Sie wandern nach hinten, d. h. dass sich der Staukopf immer weiter nach hinten verschiebt, Autos am Stauende hinzukommen und die Autos, die als erstes am Staukopf waren und den Stau mitverursacht haben, schon von der Staustelle weggefahren sind. Je länger die Fahrzeuge, desto schneller wandert die Stauwelle nach hinten. Weil man als Fahrer einen Sicherheitsabstand von etwa 1,8s einhalten sollte, und wenn man nun von einer

Durchschnittslänge von 4,5 m und einem Abstand von 3 m ausgeht, so ergibt sich für den Staukopf eine Geschwindigkeit von 15 km/h entgegen der Fahrtrichtung. Fahren die Autos am Staukopf nicht schnell genug weg (Beschleunigung a niedrig), so wird der Stau länger.

Mit dieser Simulation haben wir uns verschiedene Beispiele überlegt, um somit den „Stau aus dem Nichts“ zu überprüfen. Man kann ihn eigentlich nicht „Stau aus dem Nichts“ nennen, da ja viele verschiedene Parameter zum Stau beitragen können und sich der Stau nicht ohne Ursache bildet. Wenn man nämlich mehr LKW hinzuführt, bildet sich der Stau schneller. Ist der Parameter „LKW“ aber auf 100%, bildet sich kein starker Stau, weil die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen den fahrenden LKW klein ist.

Die Simulation stellt Verkehrsvorgänge schlüssig dar, jedoch ist es schlichtweg unmöglich,



das Fahrverhalten jedes einzelnen Autofahrers zu modellieren. Ein weiterer Kritikpunkt an der Simulation ist, dass sie die Reaktionszeit nicht einbezieht.



Anhand der Simulation konnten wir erkennen, dass auch der einzelne Autofahrer durch sein Fahrverhalten den Verkehr beeinflussen kann. Hierbei spielen das Spurwechseln und das Einfädeln eine große Rolle. Ob aber viele oder weniger Fahrzeuge an einem Tag auf der Straße fahren, kann man als einzelner Autofahrer nicht alleine ändern.

Herleitung von Ableitungen

TILL ARMBRUSTER, LENARD
ZILLESSEN

Um Änderungsverhalten im Verkehr wie Bremsverzögerung und Beschleunigung besser verstehen zu können, erarbeiteten wir uns grundlegendes Wissen zur Differentialrechnung. Dazu mussten wir mit der grundlegenden Mathematik beginnen. Hierfür starteten wir mit der Naiven Mengenlehre.

Naive Mengenlehre

Eine Menge ist eine wohldefinierte, ungeordnete Ansammlung von Objekten. „Wohldefiniert“ bedeutet, dass die Objekte unwidersprüchlich in der Menge enthalten und dabei „ungeordnet“, also ohne feste Struktur, sind.

Wenn x in einer Menge M enthalten ist, dann schreibt man $x \in M$ (sprich „ x Element M “). Ist das Objekt x nicht in der Menge M enthalten, schreibt man $x \notin M$.

$O = \{x \in M | \dots\}$ bedeutet, dass jedes Element x in der Menge O ist, welches in der Menge M enthalten ist und die hinter dem Strich stehenden Anforderungen erfüllt. $\mathbb{N}$ beschreibt die unendliche Menge der natürlichen Zahlen, genauso beschreiben $\mathbb{Z}$, $\mathbb{Q}$ und $\mathbb{R}$ die unendlichen Mengen der ganzen, der rationalen und der reellen Zahlen.

Beispiele

- $\{r, g, b\}$ ist eine dreielementige Menge, die r , g und b enthält. $\{r, g, b\} = \{r, g, b, r\}$. Dies zeigt, dass r , egal wie oft es in der Menge M vorhanden ist, nur ein Element in der Menge darstellt.
- $\{x \in \mathbb{N} | x < 3\}$ enthält alle natürlichen Zahlen, die kleiner als 3 sind, also $\{1, 2\}$.



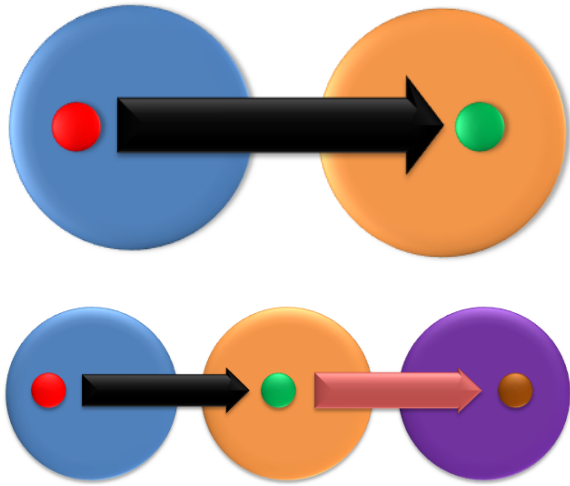
Funktionsbegriff

Eine Funktion ist eine Abbildung einer Zahlenmenge A (Definitions Menge) in eine Zahlenmenge B (Bildmenge). Die Funktion ordnet jedem Element $a \in A$ ein eindeutiges Element $b \in B$ zu. Man schreibt

$$f : A \rightarrow B, a \mapsto b$$

Für den Funktionswert b , auf den das Element a abgebildet wird, schreibt man $f(a)$.

Man kann Funktionen auch verketteten. Das bedeutet, man nimmt die Bildmenge B und setzt sie als neue Definitionsmenge ein. Dann muss man jedoch eine andere Funktion (beispielsweise $g : B \rightarrow C$) verwenden. Mit $b = f(a)$ und $c = g(b)$ kann man sagen, dass $c = g(f(a))$.



Grenzwertbegriff

$$\lim_{x \rightarrow x_0} f(x) = c$$

bedeutet, dass sich der Funktionswert $f(x)$ beliebig nahe an den festen Grenzwert c annähert, sofern man x gegen den festen Wert x_0 laufen lässt. „lim“ steht für lateinisch Limes (Grenze). Durch den Grenzwert kann man nicht wohldefinierte Funktionswerte genau berechnen, falls dieser existiert.

Beispiel

$\frac{x}{x}$ ist für $x = 0$ nicht wohldefiniert und für alle anderen Werte gleich 1. Benutzt man nun jedoch den Grenzwert, so erhält man für $x = 0$ einen wohldefinierten Wert als Fortsetzung:

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x}{x} = \lim_{x \rightarrow 0} 1 = 1$$

Stetigkeit

Eine Funktion $f : A \rightarrow B$ heißt (lokal) stetig in $a \in A$, wenn:

$$\lim_{x \rightarrow a} f(x) = f(a)$$

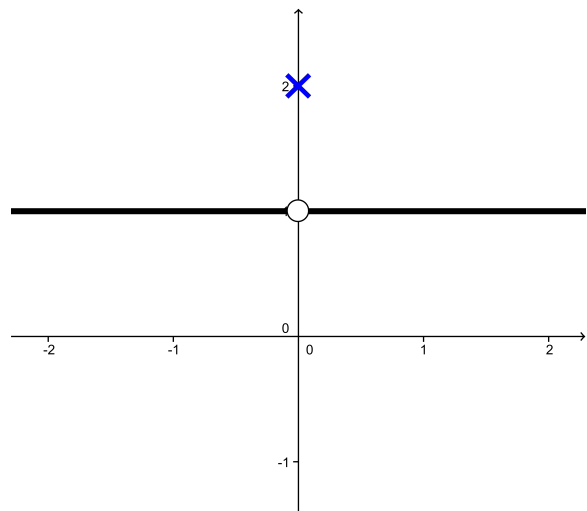
Die Funktion heißt (global) stetig, wenn sie in allen $a \in A$ stetig ist. Das bedeutet, dass jeder Punkt auf dem Graphen von jeweils beiden Seiten annäherbar sein muss. Damit wird beschrieben, dass die Funktion an keiner Stelle endet oder einen Sprung macht.

Beispiele

- $f(x) = x$ ist stetig, da es eine proportionale Funktion ist, an der man sich an jeden Punkt problemlos beidseitig annähern kann, weil sie bekanntermaßen an keiner Stelle aufhört oder springt.
- $f(x) = \begin{cases} 2, & \text{wenn } x = 0 \\ 1, & \text{sonst} \end{cases}$ ist in $x = 0$ unstetig, da der Funktionswert von x (y -Wert) immer 1 ist, außer an der Stelle $x = 0$. In Limes-Schreibweise:

$$\lim_{x \rightarrow 0} f(x) = 1$$

Bei 0 ist der Funktionswert aber 2 ($\neq 1$), also springt der Graph an dieser Stelle, ohne einen sauberen Übergang zu machen. Deshalb sagt man, die Funktion ist in 0 unstetig.



Differenzierbarkeit

Eine Funktion $f : A \rightarrow B$ heißt differenzierbar in $a \in A$, wenn:

$$\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x) - f(a)}{x - a}$$

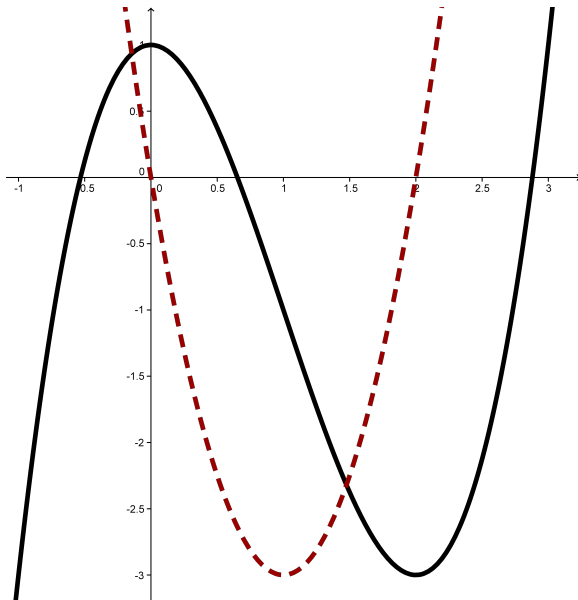
existiert. Dieser Grenzwert heißt Ableitung von f bei a . Sie wird bezeichnet als $f'(a)$ oder $\frac{df}{dx}(a)$.

Veranschaulichung von Ableitungen

Die Ableitung einer Funktion beschreibt die Steigung der Funktion an der Stelle $a \in A$.

Der Differenzenquotient $\frac{f(x)-f(a)}{x-a}$ beschreibt die mittlere Änderungsrate/Steigung der Funktion f zwischen a und x . Lässt man x gegen a laufen, so bekommt man die momentane Änderungsrate bei a , auch Ableitung an der Stelle a genannt. Dafür braucht man den Grenzwert, da der Differenzenquotient für $x = a$ nicht wohldefiniert ist. Bildlich gesprochen wird eine Tangente an die Funktion an der Stelle a angelegt und deren Steigung errechnet, indem man diese durch Sekantensteigungen annähert.

Wenn man das für alle $a \in A$ macht, würde man eine zweite Funktion $f'(x)$ erhalten, welche für jeden beliebigen x -Wert die Steigung der Funktion als Ableitungsfunktion darstellt. Grafisch sieht eine Ableitung wie in der folgenden Abbildung aus.



Wenn eine Funktion differenzierbar ist, kann man die gesamte Ableitungsfunktion meistens auch mit bestimmten Regeln, die wir hier aufgrund ihrer Komplexität nicht beweisen wollen, genau berechnen.

Hier jedoch eine kurze Übersicht über die Regeln:

Summenregel: Sind f und g in a differenzierbar, so gilt

$$(f+g)'(a) = f'(a) + g'(a)$$

Produktregel: Sind f und g in a differenzierbar, so gilt

$$(f \cdot g)'(a) = f'(a) \cdot g(a) + f(a) \cdot g'(a)$$

Faktorregel: Sei f in a differenzierbar. Wenn $g(x) = c \cdot f(x)$, dann gilt

$$g'(a) = c \cdot f'(a)$$

Potenzregel: Wenn $f(x) = x^n$, dann gilt

$$f'(x) = nx^{n-1}$$

Kettenregel: wenn $f : A \rightarrow B$, $g : B \rightarrow C$ zwei Funktionen sind, gilt:

$$(g \circ f)'(a) = f'(a)g'(f(a))$$

Quotientenregel: Sind f und g in a differenzierbar und $g(a) \neq 0$, so

$$(f/g)'(a) = \frac{g(a)f'(a) - f(a)g'(a)}{g(a)^2}$$



Als Beispiel der Beweis der Summenregel:

$$\begin{aligned} (f+g)'(a) &= \lim_{x \rightarrow a} \frac{(f+g)(x) - (f+g)(a)}{x-a} \\ &= \lim_{x \rightarrow a} \frac{(f(x) + g(x)) - (f(a) + g(a))}{x-a} \\ &= \lim_{x \rightarrow a} \left(\frac{f(x) - f(a)}{x-a} + \frac{g(x) - g(a)}{x-a} \right) \\ &= f'(a) + g'(a) \end{aligned}$$

Tempolimits

SARA SCHULZ

Wir beschäftigten uns mit folgendem, realen Problem: Ein Auto fährt mit überhöhter Geschwindigkeit von 50 km/h in einer 30 km/h-Zone; dann läuft 15 m vor dem Auto ein Kind



auf die Straße. Nun war die Frage, ob das Auto noch rechtzeitig vor dem Kind zum Stillstand kommt.

Bevor der Autofahrer überhaupt reagiert, vergeht die sogenannte Schrecksekunde. In dieser Zeit fährt das Auto mit gleichbleibender Geschwindigkeit weiter. Somit haben wir dann die Strecke, die das Auto in der Schrecksekunde zurücklegt: $50 \text{ km/h} = 13,9 \text{ m/s}$, d. h. das Auto legt in der Schrecksekunde knapp 13,9 Meter zurück und fängt erst 1,1 Meter vor dem Kind an, überhaupt zu bremsen. Erst danach beginnt der Bremsvorgang mit der Bremsverzögerung 8 m/s^2 , das heißt dass das Auto in einer Sekunde die Geschwindigkeit 8 m/s verliert. Dann suchen wir die Zeit, die das Auto bis zum Stillstand benötigt. Dafür nutzen wir folgende Formel:

$$v = v_0 - at$$

wobei v_0 die Ausgangsgeschwindigkeit (bei uns 50 km/h) und v die gewünschte Geschwindigkeit 0 km/h beschreibt. Dann setzen wir die bekannten Werte in die Formel ein:

$$0 \text{ km/h} = 50 \text{ km/h} - 8 \text{ m/s}^2 \cdot t$$

Diese Formel lösen wir dann nach t auf und erhalten: $t = \frac{13,9 \text{ m/s}}{8 \text{ m/s}^2}$. Damit bekommen wir die Zeit t für den Abbremsvorgang heraus, welche $1,7361 \text{ s}$ beträgt. Daher dauert es ab erkennen der Gefahr bis zum Stillstand des Autos $2,7361 \text{ s}$, da man die Schrecksekunde noch hinzuzählen muss.

Wir wissen (1): $v_0 - at = v(t) = s'(t)$, daraus schließen wir (2): $s(t) = v_0 t - \frac{1}{2} at^2 + s_0$ wobei s_0 die Strecke, die in der Schrecksekunde

zurückgelegt wird, beschreibt. In diese Formel müssen wir dann nur noch die Werte einsetzen:

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

$$s(t) = 13,9 \text{ m/s} \cdot 1,7361 \text{ s} - \frac{1}{2} 8 \text{ m/s}^2 \cdot (1,7361 \text{ s})^2 + 13,9 \text{ m}$$

$$s(t) = 38,03 \text{ m} - 29,95 \text{ m} + 13,9 \text{ m}$$

$$s(t) = 25,97 \text{ m}$$

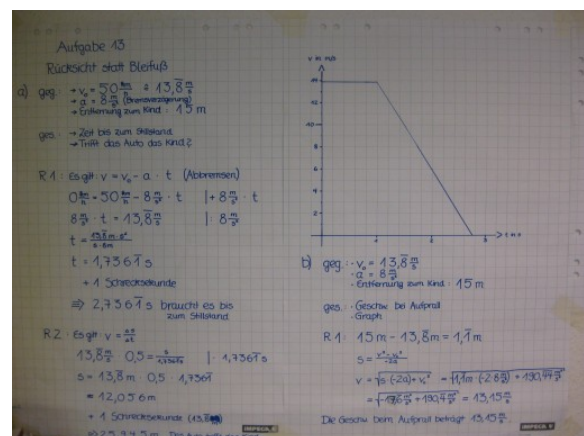
Ab dem Erkennen der Gefahr bis zum Stillstand des Autos werden noch $25,97 \text{ m}$ zurückgelegt, das Kind wird getroffen.

Interessant ist, mit welcher Geschwindigkeit das Kind ($s = 15 \text{ m}$) getroffen wird. Aus (1) und (2) folgt:

$$s - s_0 = \frac{v^2 - v_0^2}{-2a}$$

$$v = \sqrt{(s - s_0)(-2a) + v_0^2} = 13,15 \text{ m/s}$$

Das Auto hat noch fast die Startgeschwindigkeit, 50 km/h , als es das Kind trifft.



Nach diesem Ergebnis stellte sich für uns die Frage, ob der Zusammenstoß verhindert werden hätte können, wenn das Auto ordnungsgemäß 30 km/h gefahren wäre: $30 \text{ km/h} = 8,3 \text{ m/s}$

Bis auf den einen Parameter, die Geschwindigkeit ändert sich kein Wert. Analog zu oben folgt mit dem neuen Geschwindigkeitswert: der Bremsweg beträgt $4,34 \text{ Meter}$, der Reaktionsweg $8,3 \text{ Meter}$, die Strecke bis zum Stillstand des Autos beträgt $12,64 \text{ Meter}$, das Auto kommt

rechtzeitig zum Stehen, das Kind wird nicht angefahren.

Diese Aufgabe zeigt deutlich, dass ein Tempolimit sinnvoll ist.



Modellierung der Straßenkapazität

ARNE MORLOK, ALEXANDER RALL

Herleitung

Wir haben uns überlegt, wie wir die Kapazität K einer Straße in Abhängigkeit zur Geschwindigkeit v darstellen können. Dazu haben wir uns zuerst ein paar Größen definiert. Wir haben festgelegt, dass

$$K = \frac{n}{t}$$

d. h. die Kapazität einer Straße ist gleich der Anzahl der Autos pro Zeit. Außerdem definieren wir die Verkehrsdichte als

$$\rho = \frac{1}{r}$$

wobei r den Raum beschreibt, den ein Auto einnimmt. Die Anzahl der Autos lässt sich auch ausdrücken als

$$\frac{\text{Gesamtstrecke}}{\text{Raum eines Autos}}$$

Dies entspricht der Schreibweise s/r , was wir zu ρs umformen können, da wir ja wissen, dass $1/r = \rho$ ist. Wenn wir nun in die ursprüngliche

Gleichung statt n nun ρs einsetzen erhalten wir:

$$K(v) = \frac{\rho s}{t}$$

Dies kann man auch als ρv schreiben (bei konstanter Geschwindigkeit gilt $v = s/t$). ρv entspricht $1/r \cdot v$, was sich auch als v/r schreiben lässt. So haben wir für die Kapazität K in Abhängigkeit der Geschwindigkeit

$$K(v) = \frac{v}{r}$$

Um den Raum zu berechnen, den ein Auto einnimmt, also den Sicherheitsabstand (wenn ein Auto schlagartig bremst, muss gewährleistet sein, dass der darauffolgende Fahrer genug Zeit hat um zu reagieren, zu bremsen und dann vor dem Auto zum Stillstand zu kommen) und die Fahrzeuglänge, muss natürlich der Bremsvorgang einbezogen werden. Dazu schauten wir uns die Geschwindigkeit in Abhängigkeit von der Bremszeit t_B bei einer gleichmäßig beschleunigten Bewegung an:

$$v = at_B$$

(wobei a in diesem Fall die Bremsverzögerung beschreibt). Diese Funktion entspricht der Ableitung des Bremsweges. Durch die Ableitungsregeln können wir deshalb rückschließen, dass die Funktion des Bremsweges

$$s = \frac{1}{2}at_B^2$$

sein muss.



Diese Funktion beschreibt allerdings nur den Bremsvorgang, nicht aber die Strecke die der

Fahrer zurücklegt, solange er registriert, dass er jetzt bremsen muss. Diese „Schreckmeter“ werden beschrieben als die Geschwindigkeit zum Zeitpunkt des „Registrierens“ mal die Zeit t_S , die der Fahrer bis zum Abbremsen benötigt. So ergibt sich:

$$s = \frac{1}{2}at_B^2 + vt_S$$

Natürlich muss man auch noch die Fahrzeuglänge mit einbeziehen, weswegen wir die Konstante l hinzufügen.

$$r = \frac{1}{2}at_B^2 + vt_S + l$$

Wenn wir diesen Term jetzt für r einsetzen, erhalten wir:

$$K(v) = \frac{v}{r} = \frac{v}{\frac{1}{2}at_B^2 + vt_S + l}$$

Durch erweitern mit $2a$ folgt:

$$K(v) = \frac{2av}{a^2t_B^2 + 2avt_S + 2al}$$

dies lässt sich dann auch wieder schreiben als

$$K(v) = \frac{2av}{v^2 + 2avt_S + 2al}$$

(da $a = v/t_B$)

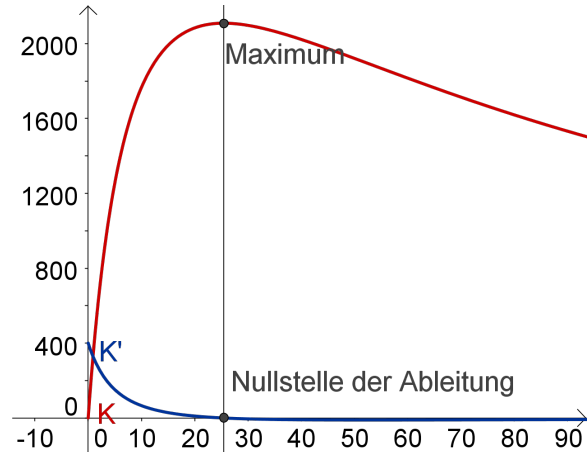
Veranschaulichung mit Geogebra

Da wir nun herausfinden wollten, für welche Geschwindigkeit sich die maximale Kapazität einer Straße ergibt, zeichnen wir uns die Funktion als Graphen. Dazu benutzten wir das Programm Geogebra. Danach bestimmten wir das Maximum dieser Funktion, mit Hilfe der Ableitung (blaue Funktion).

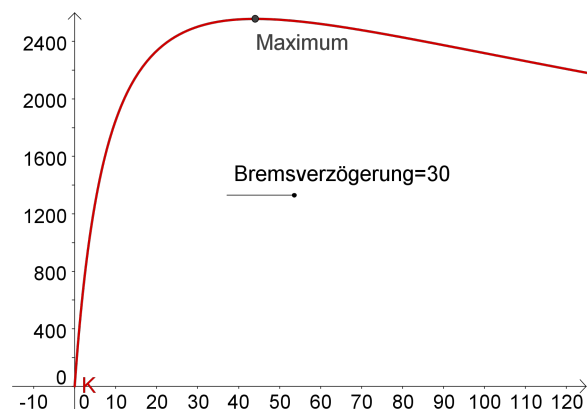
Man kann erkennen, dass die Nullstelle der Ableitung das Maximum der eigentlichen Funktion ist. Wir gingen davon aus, dass

- $a = 10 \text{ m/s}^2$ (Bremsverzögerung)
- $l = 5 \text{ m}$ (Fahrzeuglänge)
- $t_S = 1 \text{ s}$ (Reaktionszeit)

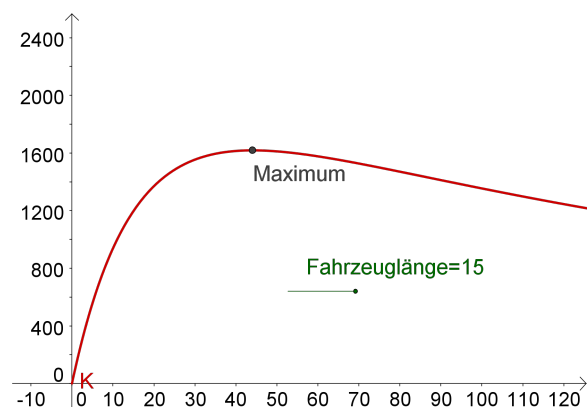
Mit diesen Werten erhielten wir ein Maximum von 2019 Fahrzeugen für eine Geschwindigkeit von 25,46 km/h.



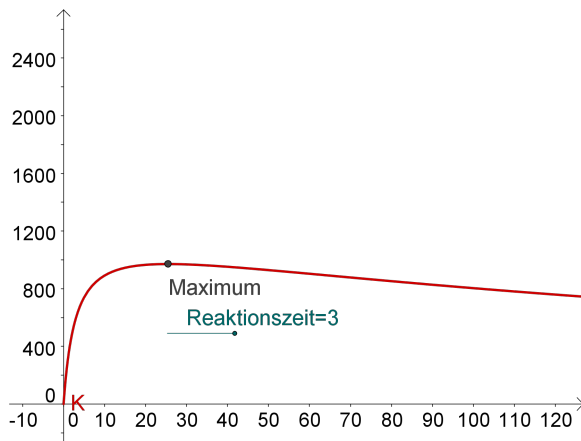
Uns interessiert nicht nur die maximale Kapazität einer Straße, sondern uns interessiert auch, was mit dem Maximum der Funktion passiert, wenn man die verschiedenen Konstanten (Bremsverzögerung a , Fahrzeuglänge l , Reaktionszeit t) verändert. Dabei fanden wir heraus, dass:



- bei erhöhter Bremsverzögerung das Maximum der Funktion erst bei einer höheren Geschwindigkeit erreicht wird und dass die maximale Kapazität der Straße größer ist.



- bei einer erhöhten Fahrzeuglänge das Maximum bei einer höheren Geschwindigkeit eintritt und dass die maximale Kapazität der Straße sinkt.
- bei einer erhöhten Reaktionszeit sich die maximale Kapazität einer Straße verringert, jedoch verändert sich nicht die Geschwindigkeit, für die die maximale Kapazität erreicht wird.



Wenn man die Funktion $K(v)$ nun nach den von uns hergeleiteten Gesetzen ableitet, kann man die oben beobachteten Zusammenhänge mathematisch erklären:

$$\begin{aligned}
 K'(v) &= \frac{(v^2 + 2avt_S + 2al)2a}{(v^2 + 2avt_S + 2al)^2} \\
 &\quad - \frac{(2av(2v + 2at_S + 0))}{(v^2 + 2avt_S + 2al)^2} \\
 &= \frac{2av^2 + 4a^2vt_S + 4a^2l - 4av^2 - 4a^2t_Sv}{(v^2 + 2avt_S + 2al)^2} \\
 &= \frac{-2av^2 + 4a^2l}{(v^2 + 2avt_S + 2al)^2} \\
 &= -2a \frac{v^2 - 2al}{(v^2 + 2avt_S + 2al)^2}
 \end{aligned}$$

Wenn man das Maximum bestimmen will, also $K'(v) = 0$ setzt, dann ist es hinreichend und notwendig, den Zähler auf 0 zu bringen (der Nenner ist immer positiv):

$$v^2 - 2al = 0 \Leftrightarrow v = \sqrt{2al}$$

Die Lage des Maximums hängt nur von a und l ab.



Falschannahmen

Das Modell zeigt, dass die maximale Kapazität einer Straße durch höhere Geschwindigkeiten nicht beliebig groß werden kann. Aber es überschätzt den Sicherheitsabstand, da das vordere Fahrzeug nie schlagartig auf 0 abbremst, sondern auch einen Bremsweg benötigt.

Man könnte nun vermuten: Da die maximale Kapazität einer Straße bei einer sehr geringen Geschwindigkeit erreicht wird, kommt man auch mit einer niedrigen Geschwindigkeit schnell an sein Ziel. Das stimmt aber nicht! Man kommt natürlich mit einer höheren Geschwindigkeit schneller an einen bestimmten Ort als mit einer niedrigen. Dieses Modell liefert keine Auskünfte über die Zeit, die man benötigt. Es gibt lediglich Auskunft über die maximale Kapazität einer Straße.

Makroskopische Größen

CHRISTOPHER BIEL, DOROTHEA WEINMANN

Im vorigen Abschnitt betrachteten wir die Kapazität einer Straße in statischer Abhängigkeit von der Geschwindigkeit. Nun beschäftigen wir uns mit der Änderung dieser und anderer Größen nach der Zeit und Strecke.

Kontinuitätsgleichung

Wir hatten einen Straßenabschnitt mit der Länge $x_2 - x_1$ und wollten die Veränderung der Anzahl der Autos n herausfinden. n ist wie



schon vorher hergeleitet wurde:

$$n = \rho s$$

Da die Strecke $s = x_2 - x_1$ beträgt, ist

$$n = \rho(x_2 - x_1)$$

Die Ableitung von n kann man nun mithilfe der Produktregel ausrechnen. Sie ist demnach:

$$n' = \frac{d\rho}{dt}(x_2 - x_1) + \frac{d(x_2 - x_1)}{dt}\rho$$

Dabei sind $\frac{d\rho}{dt}$ und $\frac{d(x_2 - x_1)}{dt}$ keine Brüche, sondern eine Schreibweise für die Ableitung der Dichte ρ nach der Zeit t bzw. die Schreibweise für die Ableitung der Strecke $x_2 - x_1$ nach t . Außerdem ergibt der Teil nach dem „+“ (also $\frac{d(x_2 - x_1)}{dt}$) 0, da sich der Messbereich $x_2 - x_1$ nicht mit der Zeit verändert. Dieser Teil fällt deshalb weg.

Die Veränderung von n kann man auch einfach dadurch bestimmen, dass man in einer vorgegebenen Zeit die einfahrenden Autos an der Stelle x_1 , ebenso wie die verlassenden Autos an der Stelle x_2 zählt. Als Formel sieht das folgendermaßen aus:

$$n' = \frac{dn}{dt} = K(x_1, t) - K(x_2, t)$$

Da beide Formeln die Veränderung von n sind, kann man sie folgendermaßen gleichsetzen:

$$n' = \frac{d\rho}{dt}(x_2 - x_1) = K(x_1, t) - K(x_2, t)$$

Jetzt teilen wir durch $(x_2 - x_1)$, damit $\frac{d\rho}{dt}$ alleine steht:

$$\frac{d\rho}{dt} = \frac{K(x_1, t) - K(x_2, t)}{x_2 - x_1}$$

Um den Grenzwert bestimmen zu können, setzen wir ein „-“ vor den Bruch und vertauschen im Zähler den Minuenden und Subtrahenden:

$$\frac{d\rho}{dt} = -\frac{K(x_2, t) - K(x_1, t)}{x_2 - x_1}$$

Nun kann man x_2 gegen x_1 laufen lassen:

$$\frac{d\rho}{dt} = -\frac{dK}{dx}$$

Dies ist die Kontinuitätsgleichung, mithilfe derer man makroskopische Größen vergleichen kann. Makroskopische Größen beinhalten im Gegensatz zu mikroskopischen Größen mehr als einen Wert. Die Kontinuitätsgleichung ist außerdem eine partielle Differentialgleichung, da unterschiedlich abgeleitet wird: ρ wird nach der Zeit abgeleitet und K nach der Strecke. Wenn die Verkehrsdichte ρ steigt, so sinkt die Kapazität K .



Fahrstreifenreduktion

Oft fällt auf, dass wenn z. B. auf einer Autobahn zwei Fahrstreifen zu einem zusammengeführt werden, der Verkehr (kurz) vor der Fahrstreifenreduktion langsamer fließt als danach. Dies kann man mit der Kontinuitätsgleichung beweisen: Hier ist

$$\rho = \rho_d I$$

und

$$K = K_d I$$

ρ_d und K_d sind die Verkehrsdichte, bzw. die Kapazität gemittelt auf einen Fahrstreifen. I ist die Anzahl der Fahrstreifen. Dies setzen wir

jetzt in die Kontinuitätsgleichung ein:

$$\begin{aligned}\frac{d\rho_d I}{dt} &= -\frac{dK_d I}{dx} \\ \frac{d\rho_d}{dt} I &= -\left(\frac{dK_d}{dx} I + \frac{dI}{dx} K_d\right) \\ &= -\frac{dK_d}{dx} I - \frac{dI}{dx} K_d \\ \frac{d\rho_d}{dt} I + \frac{dK_d}{dx} I &= -\frac{dI}{dx} K_d\end{aligned}$$

Wir gehen davon aus, dass die Verkehrsdichte, also ρ , im Gleichgewicht ist. Deshalb gilt für ihre Ableitung $\frac{d\rho_d}{dt} I = 0$.

$$\frac{dK_d}{dx} I = -\frac{dI}{dx} K_d$$

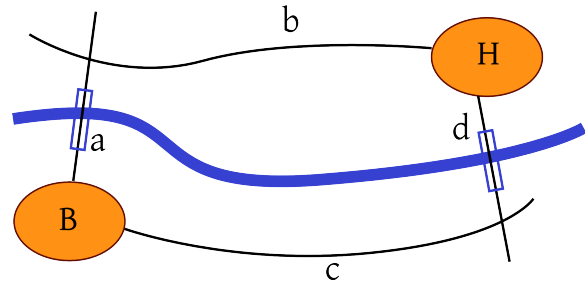
Die Ableitung dI/dx ist negativ, weil die Anzahl der Fahrstreifen um 1 geringer wird. Deshalb ist die rechte Seite der Gleichung positiv, da K_d positiv ist (Autos bewegen sich vorwärts). Nun kann man durch I teilen. So sieht man, dass die Ableitung von K_d nach x positiv ist, also die Kapazität nach der Fahrstreifenreduktion größer ist.



Braess-Paradoxon

CARINA RUPP

Schon am Eröffnungswochenende beschäftigten wir uns mit einer sehr interessanten Fragestellung. Bringen Entlastungsstrecken auch wirklich Entlastung? Während der Sommerakademie kamen wir dann noch einmal auf diese Frage zurück und versuchten an Hand eines Beispiels eine Antwort zu erhalten.



In unserem Beispiel ging es um zwei Städte, Bienenstadt (B) und Hummelsheim (H). Jeden Tag fahren 1000 Autofahrer von Bienenstadt nach Hummelsheim. Sie können zwischen zwei verschiedenen Routen wählen. Entweder sie fahren zuerst über die Brücke a und dann über die Schnellstraße b oder sie fahren zuerst über die Schnellstraße c und überqueren dann den Fluss über die Brücke d. Zur Vereinfachung nannten wir unsere a-b-Fahrer x und unsere c-d-Fahrer y . Nun können wir schon eine einfache Gleichung aufstellen:

$$x + y = 1000$$

An den Brücken kommt es immer wieder zu Stauungen, während auf den Schnellstraßen der Verkehr gut fließt. Aus Erfahrung weiß man, dass man für beide Schnellstraßen jeweils 15 Minuten braucht. Ein weiterer gegebener Erfahrungswert ist, dass man für die Brücken jeweils die Autofahrer, die pro Stunde die Brücke überqueren wollen, durch 100 teilen muss. Wenn also x Autofahrer die Brücke überqueren, dann in $\frac{x}{100}$ Minuten. Wenn man unter 100 Fahrer pro Stunde hat, dann beträgt die Fahrzeit stets eine Minute. Wir sind außerdem davon ausgegangen, dass sich die Fahrer auskennen und dass sie so schnell wie möglich ans Ziel kommen möchten. Das heißt, sobald sie sehen, dass die andere Route doch schneller ist, dann wechseln sie zu dieser.

Auf diese Weise bildet sich ein sogenanntes Nash-Gleichgewicht. Mit einem Nash-Gleichgewicht drückt man aus, dass kein einzelner der Beteiligten einen Anreiz hat, seine Strategie zu ändern, wenn die anderen bei ihrer Wahl bleiben. Aus diesem Grund kann man sagen, dass man hier, wie der Name schon sagt, ein stabiles Strategieggleichgewicht hat. Auch könnte man sagen, dass in einem Nash-Gleichgewicht alle Beteiligten sich perfekt auf die anderen



Beteiligten anpassen.

Dazu kann man noch eine zweite Gleichung aufstellen:

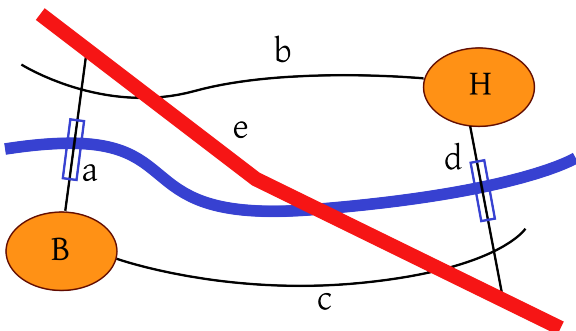
$$\frac{x}{100} + 15 = \frac{y}{100} + 15$$

Mit dieser Gleichung stellen wir dar, dass die Fahrtdauer über beide Strecken gleich ist. Jetzt haben wir ein sogenanntes lineares Gleichungssystem. Wenn wir dieses umformen, erfahren wir, dass über beide Strecken 500 Fahrer fahren, also genau die Hälfte. Jetzt können wir genau ausrechnen, wie lange man von Hummelsheim nach Bienenstadt braucht:

$$\frac{500}{100} + 15 = 20$$

Man braucht also 20 Minuten von Hummelsheim nach Bienenstadt.

Wir wissen jetzt, wie lange wir von H nach B brauchen, doch eigentlich wollten wir uns mit Entlastungstrecken beschäftigen. Jetzt haben wir in unserem Beispiel eine solche Entlastungstrecke gebaut. Die gebaute Autobahn geht quer durch das Tal und wird bei uns e genannt.



Wir haben immer noch unsere a-b-Fahrer und unsere c-d-Fahrer. Dazu kommen jetzt noch

unsere Autobahnfahrer, die über a-e-d fahren müssen. Also erst über die Brücke a, dann über die Autobahn e und danach nochmal über die Brücke d. Diese Autobahnfahrer nennen wir z. Für die Autobahn wird ein Erfahrungswert von 7,5 Minuten angegeben. Da wir wieder mit 1000 Autofahrern rechnen, sieht unsere erste Gleichung schon etwas komplizierter aus:

$$x + y + z = 1000 \quad (1)$$

Jetzt brauchen wir, wie vorhin, noch eine zweite Gleichung, um die Fahrzeit zu berechnen. Dabei müssen wir bedenken, dass nun die Autobahnfahrer z über beide Brücken wollen. Außerdem soll die Fahrzeit ja für alle Fahrer gleich sein. Also:

$$\frac{x+z}{100} + 15 = \frac{y+z}{100} + 15 = \frac{x+z}{100} + \frac{y+z}{100} + 7,5$$

In dieser Gleichung haben wir jetzt 3 Unbekannte. Aus dieser großen Gleichung können wir auch einfachere Gleichungen machen.

$$\frac{x+z}{100} + 15 = \frac{y+z}{100} + 15 \quad (2)$$

und

$$\frac{x+z}{100} + 15 = \frac{x+z}{100} + \frac{y+z}{100} + 7,5 \quad (3)$$

Jetzt kann man diese drei Gleichungen so weit vereinfachen, sodass am Ende diese Gleichungen da stehen:

$$x + y + z = 1000 \quad (1')$$

$$x = y \quad (2')$$

$$y + z = 750 \quad (3')$$

Da x und y identisch sind, kann man in (1') das x durch ein y ersetzen:

$$2y + z = 1000$$

Danach löst man einfach die beiden übrigen Gleichungen nach z auf und setzt sie danach gleich:

$$z = 1000 - 2y$$

$$z = 750 - y$$

$$\Rightarrow 1000 - 2y = 750 - y$$

Wenn man jetzt nach y umformt, erhält man:

$$y = 250$$

Da $y = 250$ ist, muss auch $x = 250$ gelten. Das heißt, dass $z = 500$. Über die neue Autobahn fahren jetzt 500 Fahrer und je 250 über die alten Fahrvarianten. Der Verkehr hat sich jetzt auf 3 verschiedene Routen aufgeteilt. Kann man in diesem Fall auch davon ausgehen, dass man nun schneller ans Ziel kommt? Wenn wir jetzt in unsere Gleichung (3) unsere Zahlen einsetzen, sieht das so aus:

$$\frac{750}{100} + 15 = \frac{750}{100} + 15 = \frac{750}{100} + \frac{750}{100} + 7,5$$

Wenn man diese Gleichung nun ausrechnet, erhält man für jede Strecke eine Fahrzeit von 22,5 Minuten! Das Verwunderliche bei diesem Beispiel ist, dass man durch die neu gebaute Autobahn die Fahrzeit um 2,5 Minuten erhöht. Das Problem dieser Entlastungsstrecke ist, dass die Autobahn nicht die Brücken, sondern die Schnellstraßen entlastet, die aber keine Entlastung benötigen. Dieses Anwendungsbeispiel ist sehr paradox, weshalb es auch, da sich der Verkehrsmathematiker Dietrich Braess damit beschäftigt hat, Braess-Paradoxon genannt wird.



Dieses doch sehr theoretische Beispiel konnte man auch schon in größeren Städten beobachten. Zum Beispiel brachte in Stuttgart der Umbau der Straßen rund um den Schlossplatz nur noch mehr Stau. Ein weiteres Beispiel wäre auch New York. Dort wurde eine „Entlastungsstrecke“ wegen Umbauten vorübergehend gesperrt und auf einmal kam man schneller ans Ziel. Heute ist das Phänomen bekannt und wird auch immer bedacht.

Exkursion

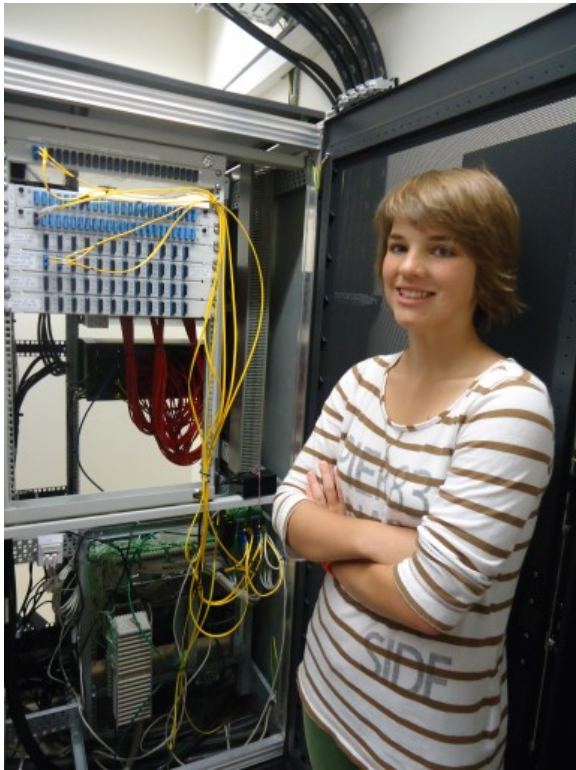
LUCÍA SCHMID, MELISSA
WANNENMACHER

Jedes Jahr haben alle Kurse die Möglichkeit, eine Exkursion zu machen, die die Kursinhalte vertieft oder erweitert. Dabei können auch Einblicke in die praktische Anwendung des behandelten Stoffs gegeben werden. Den Mathematikurs, der sich dieses Jahr mit Verkehrsmathematik beschäftigt hat, führte diese Exkursion nach Heidelberg zu Herrn Dr. Krüger, einem Verkehrsingenieur des Heidelberger Amts für Verkehrsmanagement. Die Exkursion hatte abgesehen vom interessanten Vortrag und dem Einblick in einen richtigen „Verkehrscomputer“ den Vorteil, dass sowohl Damián, unser Kursleiter, als auch Johanna, unsere Schülermentorin, in Heidelberg wohnen und sich hervorragend im Straßennetz der Stadt auskennen. Zumal diese nicht zögerten den schnellsten Weg zum Subway oder zur besten Eisdiele der Stadt einzuschlagen.



Aber nun der Reihe nach: Nach einer einstündigen Zugfahrt von Adelsheim, die ohne größere Strapazen verlief abgesehen von Flecken schmelzender Schokolade auf den T-Shirts mancher Personen, kamen wir gut gelaunt wegen des schönen Wetters und in Erwartung eines lehrreichen und lustigen Tages in Heidelberg an. Unser Ziel war das Amt für Verkehrsmanagement Heidelberg. Der Vortragsraum befand sich im fünften Stock. Und es lohnte sich, nicht nur wegen des erfrischenden Wassers, das wir bekamen, sondern viel mehr wegen des Vortrags, während welchem der Körper entspannen konnte. Von Grund auf wurde uns erklärt,

was an einer Kreuzung so alles passiert und was zu beachten ist, wenn man Rot-, Rotgelb-, Gelb- oder Grünzeit bei den Ampeln einstellt. Auch wie die weißen Striche auf die Straße gezeichnet sind, ist genau durchdacht. Komplexer wurde es, als sich das Ganze ändern sollte, je nachdem ob nun eine oder zwei Kontaktschleifen zur Wahrnehmung der Autos auf einer zur Kreuzung führenden Straße hinzukommen.



Auch Fußgängerampeln sind zusätzlich ein Faktor, der in die Berechnungen mit einbezogen werden muss. Wir erfuhren zum Beispiel, dass nicht die Grünzeit einer Fußgängerampel der maximalen Zeit zum Überqueren der Straße gleichgesetzt werden muss, sondern die Zwischenzeit, das heißt die Zeit zwischen dem Farbwechsel der Fußgängerampel und dem der Autoampel. Auch erfuhren wir, dass ein neues Konzept in Planung ist, welches Bussen langes Warten an Ampeln ersparen soll. Über Funk soll der Bus signalisieren, dass er sich der Kreuzung nähert. So ist es möglich, dass die Ampel für den Bus zur richtigen Zeit grün ist, was zu einer Optimierung des Fahrplansystems führen soll. Der Vortrag hat uns sehr beeindruckt, bzw.: Er regte zum Träumen an: Was würde ich an der Stelle dieses Verkehrstechni-

kers machen ...? Dann bekamen wir unsere wohlverdiente Mittagspause, die wir zum Krafttanken nutzten. Auf der Wiese am Ufer des Neckars ruhten wir uns aus. Doch auch hier war Spannung geboten: Zwei Polizisten zogen ein schweres Tau an Land, jedoch hielten sie bald darauf inne (vielleicht aus Angst vor dem, was sich am Ende des Seils befinden mochte) und kontaktierten ihre Kollegen.

Zurück im Verkehrsamt erhielten wir Einblicke in die Computer, die Heidelberg ein sicheres Straßennetz errechnen. Wo wir vor lauter Kabeln den Computer nicht mehr sahen, half ein Vortrag das Durcheinander zu entwirren: Wie funktionieren die Berechnungen, was wird überhaupt berechnet und wie wird es umgesetzt und wer repariert es, wenn mal was ausfällt. An dieser Stelle sind wir bei einem Siemens-Mitarbeiter angelangt, der den Vortrag gehalten hat und der uns all diese Fragen auf verständliche Art und Weise näher brachte und dabei auch das visuelle Lernen nicht zu kurz kommen ließ: Überall durften wir reinschauen und natürlich Fragen stellen. In einem weiteren Vortrag konnten wir am Computer mehrere Ampeln des Stadtgebiets Heidelberg mit ihren verschiedenen Farbzeiten beobachten. Dieses System war jedoch so komplex aufgebaut, dass wir es gar nicht richtig erfassen konnten.



Schließlich gingen wir noch an eine große Kreuzung, um uns das Ganze in der Praxis anzuschauen: acht Ampeln, die so koordiniert werden müssen, dass sich niemand in die Quere kommt. Hinzu kommt dann noch, dass dieses gesamte System darauf reagieren muss, wenn ein Fußgänger auf den Ampelknopf drückt, wo-

bei sich das gar nicht unbedingt immer auf den restlichen Straßenverkehr auswirken muss. Dies bot uns eine Erklärung dafür, dass die Wartezeit bei den uns bekannten Ampeln sich nicht immer verkürzt durch das Drücken. Nebenbei bemerkten wir, wie viel Strom an so einer Kreuzung verbraucht wird. 30 Lampen (vier Straßen mit je zwei Ampeln, die für die Fußgänger je zwei, für die Autofahrer je drei Lampen beinhalten), von denen immer sechzehn brennen, müssen schließlich mit Strom versorgt werden. Nach und nach wird zum Glück auf LED umgerüstet, um Energie zu sparen.



Extra für uns wurde auch der Sicherungskasten dieser Kreuzung aufgeschlossen und erklärt. Wir konnten sehen welche Ampel welche Farbe zeigte, ohne sie zu betrachten. Hier werden die Fehler gesucht, wenn mal etwas nicht so läuft, wie es sein sollte, was aber nur in sehr seltenen Ausnahmefällen passiert. Denn auch viel Wert wird auf die Wartung der Anlagen gelegt. Mit den Informationen, die nach den vielen Stunden Vortrag nun in unseren Köpfen rumschwirrten, durften wir noch einmal in kleineren Gruppen Heidelberg erkunden.

Man kann sehen, dass wir uns nicht vor Herausforderungen versteckt haben (auch nicht bei



der Rückfahrt).

Zurück auf dem Gelände der Akademie besuchten wir wieder unsere gewohnten KüA-Schienen, die uns neben den anspruchsvollen Kursstunden einen Ausgleich darboten.

Herzlichen Dank an die Akademie und Johanna, Jochen und Damián, sowie den Sponsoren, die uns diesen wunderbaren Ausflug ermöglicht haben.

Schlusswort

JULIAN KUBON, ALEXANDER RALL

In den zwei Wochen der Sommerakademie haben wir in unserem Kurs viele unterschiedliche, einmalige Erfahrungen gesammelt, die uns das ganze Leben begleiten werden und die wir uns sicherlich auch noch in vielen Jahren gerne wieder ins Gedächtnis rufen werden. Neben den vielen sozialen Kontakten und zwischenmenschlichen Erfahrungen die wir im Verlauf der Akademie gesammelt haben, konnten wir unser mathematisches Verständnis in vielerlei Hinsicht erweitern. Die oft sehr komplexe Kursarbeit zwang uns Teilnehmer, den nötigen Durchhaltewillen zu erbringen und lehrte uns, selbst in sehr schwierigen Situationen einen kühlen Kopf zu bewahren.

Auch in unseren „Zweieinsiebtel-Teekannenspausen“ konnten wir uns gegenseitig austauschen, viel über die anderen erfahren und die sozialen Kontakte festigen.

Besonders bedanken möchten wir uns bei unseren Kursleitern Jochen und Damián, die immer

mit viel Begeisterung und Freude unseren Kursalltag maßgeblich geprägt haben.

Auch unserer Schülermentorin Johanna gilt besonderer Dank, sie sorgte mit ihrer herzlichen und stets ausgeglichenen Art dafür, dass wir stets ein gutes Kursklima hatten und trotz aller Anstrengungen der Spaß nicht zu kurz kam.

Abschließend möchten wir uns noch bei Herrn Dr. Jürgen Krüger bedanken, der für eine gelungene Exkursion zum Amt für Verkehrsmanagement in Heidelberg sorgte.



Kurs 4: Medizin – Blut und Kreislaufsystem: Schutz und Ernährung unseres Körpers



Einleitung

ALEXANDRA SCHANZ

Im wahrsten Sinne mit „Herz und Verstand“ setzte sich unser Medizinkurs mit dem Thema „Schutz und Ernährung unseres Körpers“ auseinander. Bereits am Eröffnungswochenende wurden wir von unseren Kursleitern in wichtige Details wie dem Aufbau des Herzens und der Blutgefäße eingewiesen. Der gelungene Nachbau des Herzkreislaufsystems mithilfe von Pumpen aus Herz-Lungen-Maschinen ließ die Vorfreude und Neugier auf die Sommerakademie noch wachsen. Um den komplexen Sachverhalten besser gerecht zu werden, bildeten wir Expertengruppen, die sich mit den Themen Blutzellen, Blutplasma, Blutdruck und Lunge beschäftigten. Während der Sommerakademie war immer wieder das Wissen der einzelnen

Gruppen gefragt, und wir unterstützen uns gegenseitig.

Mit Spannung und Ungeduld erwartet wurde unsere Exkursion zum Heidelberger Uniklinikum, wo wir den Chirurgen bei einigen Herzoperationen über die Schulter schauen durften.

Charakterisierung der Leiter und Teilnehmer

ALLE ZUSAMMEN

Jana Brüßler Es gibt nichts, das sie nicht weiß – das ist jedenfalls unsere Meinung. Durch ihre organisierte Ader kam unser Akademiekreislauf gut ins Fließen. Sie sorgte sich sehr um den Schlaf ihrer Kursteilnehmerinnen, was der Grund für unsere frühmorgendliche Motivation war. Durch ihren Überblick auf

die kommenden Aufgaben konnte sie uns immer zum richtigen Zeitpunkt wieder zu unserem eigentlichen Kursthema zurückführen, auch wenn wir ausnahmsweise einmal nicht ganz bei der Sache waren. Falls mal eine starke Hand benötigt wurde, war Jana stets zur Stelle und half uns, die schweren Pumpen zu tragen. Ihre kreative Seite lebte sie in der Küche aus, wenn sie mit uns Pralinen für unsere Exkursion machte.

Maria Solovey Trotz langer Abschweifungen kam sie immer wieder zum Thema zurück und wir wussten danach immer mehr als zuvor. Sie teilte ihr Wissen sehr großzügig mit uns. Die drei Stunden Theorie am ersten Abend des Eröffnungswochenendes waren nur ein kleiner Teil ihrer lehrreichen Theoriestunden, die uns gut auf unser mögliches Medizinstudium vorbereiteten. Dies lag zum Teil auch daran, dass sie immer mal wieder vergaß, dass wir alle noch zur Schule gehen: „Hattet ihr das im Studium schon?“ Auch wenn sie für die eineinhalb Jahre, die sie erst in Deutschland lebt, sehr gut Deutsch spricht, kam es ab und zu zu witzigen Verwechslungen, vor allem bei den T-Killerzellen.

Durch ihre gute Laune und ihr großes Tanztalent brachte sie immer Abwechslung in unseren Kursalltag.

Jonathan Walter Seit dem Sporttag ist er sicher ganz stolz auf uns, da wir sein Trauma des Sporttages durch unseren hervorragenden zweiten Platz (zwei Punkte Abstand zum ersten Platz) beendeten (sein Genetik-Kurs wurde vor zwei Jahren letzter). Er sorgte dafür, dass keiner von uns an Unterernährung starb, denn er versorgte uns regelmäßig mit Süßigkeiten. Allerdings trug er keine bleibenden Schäden davon, da er die zusätzlichen Kalorien durch seinen regelmäßigen Weg zum AL-Büro und wieder zurück abtrainierte. Allerdings hat er deshalb immer unsere Schokoladenseite fotografiert, da er uns immer in den ungünstigsten Augenblicken ablichtete, vor allem beim Essen. Seine Theorieeinheiten blieben immer beim eigentlichen Thema und waren sehr übersichtlich gestaltet.

Rebekka Angenendt Sie war Expertin für osmotischen Druck, obwohl es dafür eigentlich gar keine Expertengruppe gab. Der Kurs bestätigte sie, später Medizin zu studieren, weshalb sie auch gerne ihr Wissen über Facebook teilt, da sie regelmäßig online ist. Durch ihren Karlsruher Slang hörte man sie schon aus weiter Entfernung und auf Bildern wurde sie auch sofort erkannt, was hauptsächlich an ihrem typischen Rebekka-Blick lag. Auch ihre Lieblingstiere, die Diabetikermäuse, nahmen an unserem Kursgeschehen des öfteren teil. Durch ihre Teilnahme an der Theater-KüA konnte sie uns in stressigen Zeiten durch ihren typischen Spruch: „Jill/Chill, die Polizei hat angerufen!“ immer wieder beruhigen.

Alexander Fuhrmann In einem stillen Moment sammelt er seine Kräfte und dann, wie aus dem Nichts ... TORNADO-KICK! Seine Kung-Fu-Panda-Superkräfte brachten immer wieder Power in unseren Kursalltag. Auch die anderen Akademieteilnehmer/-innen konnten in den Genuss seiner morgendlichen Fitness-KüA kommen. Seine Power steckte er auch in die Werbung für Waffelröllchen, damit auch die anderen Kursteilnehmer von seiner Energie angesteckt werden. Er setzte sich sehr für die Demokratie in unserem Kurs ein: „Stimmen wir ab, ob wir abstimmen!“ und die Expertengruppen lagen ihm sehr am Herzen.

Lea Gottschalk Motiviert, organisiert, engagiert oder kurz: THE BOSS. Lea nahm im Kurs alle organisatorischen Dinge in die Hand, um den anderen Teilnehmern den Akademiealltag zu erleichtern. Dafür stand ihr ihr bester Freund Laptop TOSHI BA stets zur Seite, ohne den sie kaum anzutreffen war. Ein leises Tippen durchbrach so gewöhnlicher Weise die stille Konzentration und man wusste sofort: Miss Perfect besiegte mal wieder das Chaos im Kurs. Auch ihre kraftvolle Stimme war überall zu hören. Wenn sie nicht gerade am Lagerfeuer sang, überzeugte sie mit ihrer Löwenstimme sowohl im Chor als auch in der Akademieband Diversion. So war sie überall unter dem Namen „die Königin der Löwen“ bekannt.

Jan Hofmann „So, Leute: wir erzählen euch jetzt mal was über Jan Hof(ff)mann!“ So oder so ähnlich hätte Jan jetzt diesen Text begonnen – natürlich auf Schwäbisch! Er war der unbesiegbare Teetrinker. Deshalb gewann er auch das Teebattle gegen Simon. Durch seine diversen sportlichen Betätigungen wurde er auch THE MACHINE genannt. Auch der kursbekannte übermäßige Süßigkeitenkonsum konnte dadurch ausgeglichen werden. Seine Stimmungsschwankungen hatten große Auswirkungen auf die allgemeine Technik: „LAAAAAAAANGWEILIG – BÄÄÄM!“ (der Notausschalter wurde als Langweilig-Buzzer missbraucht). Durch qualifizierte Zustimmung brachte er den Kurs weiter: „JA, JA, JA, ... JA!“ Aber natürlich war er trotzdem immer konzentriert bei der Arbeit.

Alexander Huber Unser jüngster Teilnehmer startete schon beim Eröffnungswochenende auf Wolke 1, denn er testete als Erster das neu entwickelte Wolken-Lern-Prinzip. Durch seine ordentliche und organisierte Art konnte er trotz einem Jahr weniger Schule sein gesamtes Wissen im Kurs einbringen. Auch in seinen Präsentationen glänzte er mit einer ansteckenden Bewegungsfreiheit, auch Wackel-Dackel-Syndrom genannt. Sein großer Ehrgeiz führte dazu, dass auch seine Präsentationen perfekt sein mussten, weshalb es während der Proben der Präsentation in gehäufte Weise zu Gefühlskundgebungen kam.

Robin Jeck Robin, der Boss der Quizrunden, motivierte uns stets mit seinem stillen Grinsen. Er stimmte uns immer zu und selbst wenn wir mit Fragen zu ihm kamen gab er uns immer das Gefühl richtig zu liegen. Als geprüfter Bärenzähler hatte er die Fähigkeit, selbst in stressigen Situationen stets die Ruhe zu bewahren. Wir, die ihn darum beneideten, konnten dies nur wie folgt kommentieren: „LIKE A BOSS MAN!“

Elisabeth Lesch Durch ihr breites Fachwissen konnte sie mit hochqualifizierten Beiträgen den Kurs weiterbringen. Ihre Lernmotivation zeigt sich darin, dass sie während der Schule noch Anglistik studiert. Selbst beim

Sportfest zeigte sich ihre große Motivation, als sie unkontrolliert mit Gummistiefeln um sich warf und tatkräftig mithilfe den Physikkurs beim Autoziehen zu schlagen. Auch bei der berühmt-berüchtigten Bärenzähler-Sekte war sie ganz vorne mit dabei und hatte dadurch die große Aufgabe das Geheimnis zu bewahren.

Simon Oesterle Simon konnte sein Wissen immer wieder in den Kurs „einspeisen“. Er war das Gegenteil von Jan, dem Ja-Sager (obwohl er sich am Teebattle leidenschaftlich beteiligte), konnte dadurch allerdings größere Fehler in den Präsentationen vermeiden. Im Stress der Präsentationsvorbereitungen passierten auch ihm kleinere Fehler, die zur allgemeinen Erheiterung führten: „B-Lymphozyten produzieren Erreger!“ (normalerweise wehren sie Erreger ab, allerdings produzierten sie an diesem Tag ausnahmsweise Erreger).

Alexandra Schanz Unsere Blutpuffer- und PowerPoint-Spezialistin war immer fleißig am Arbeiten und gilt als Erfinderin des Wortes ROSINIERT: „Irgendwie sehen die Erythrozyten ... ääähm ... ROSINIERT aus?“ In naher Zukunft wird sie für dieses Wort sicherlich ein Patent erwerben und sich dafür einsetzen, es im Duden abzudrucken. Auch wenn die Präsentationen sie außer Atem brachten, konnte sie durch ihre spezielle Atemtechnik immer wieder neue Kraft schöpfen, um das ganze professionell zu beenden.

Anna-Celina Schmid Ihr Lebensraum ist: der Sportplatz. Trotzdem nahm sie sich auch ab und zu Zeit, im Kursraum zu erscheinen, was aber hauptsächlich an der guten Aussicht auf die Sportanlagen lag. Wenn sie nicht gerade an der Sport-KüA teilnahm, trainierte sie ihre Ausdauer. Diese Ausdauer kam immer wieder im Kurs zum Ausdruck, indem sie kontinuierlich ihre gute Laune kundtat. Im Kurs war sie stets „auf Zack“ und brachte sich mit guten Argumenten in die alltäglichen Diskussionen ein.

Melanie Sturm ÄÄÄÄHHHHMM – gefühlte zweihundert Mal benutzte sie dieses Wort in ihrer Präsentation und betonte dieses

auch noch überdeutlich. Sie trieb uns mit ihrer positiv-dominanten Art voran und zweckentfremdete ihr Namensschild dauerhaft. Des Weiteren war sie die Initiatorin für unseren HUA-Motivationsspruch, welchen wir regelmäßig beim Sporttag kundtaten. Diese große Menge an Energie, die für diesen Spruch nötig war, sammelte sie beim Schnitzeessen. Ihr herzliches Lachen steckte uns an und brachte viel gute Laune in unseren Kursalltag.

Sarina Weiß Sarina reagierte sehr sensibel auf Luftumschwünge in Operationssälen. Alle anderen Kursmitglieder hielten Ausschau nach ihr, letztendlich fanden wir sie eine Etage tiefer in Bodennähe. Ihr positiver Einfluss spiegelte sich in unserem Arbeitsverhalten wieder und langwierige Lachanfälle konnten selbst bei der Essensaufnahme nicht beendet werden. Auch ihr riesiger Ritter-Sport-Vorrat von ihrem „DÄÄÄÄ-DÄÄÄÄ“ (für Normalsterbliche: Patenonkel) konnte ihre Lachanfälle nicht beeinflussen.

Aufbau des Herzens

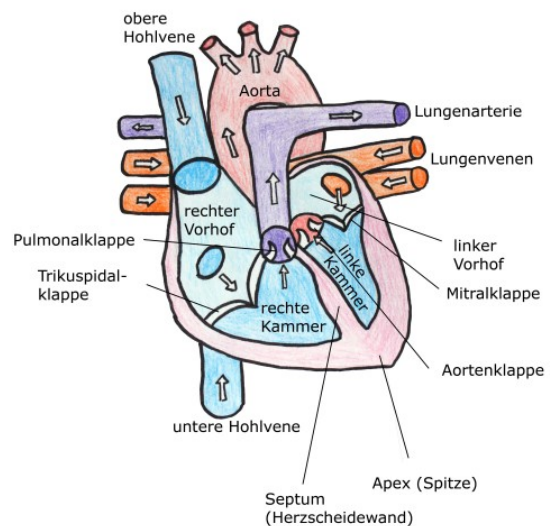
ROBIN JECK

Das Herz pumpt Sauerstoff und Nährstoffe durch den gesamten Körper. Fünf bis sechs Liter in der Minute, das entspricht 8000 Liter am Tag und das alles von einem Organ, das durchschnittlich nur 300 Gramm wiegt. Dabei wird das Blut sowohl durch den Lungen- als auch den Körperkreislauf gepumpt, wozu das Herz in zwei Hälften unterteilt ist, eine linke und eine rechte.

Die linke Herzhälfte, in der Grafik rechts, hat die Aufgabe, den Körperkreislauf zu versorgen, während die rechte Hälfte das Blut in den Lungenkreislauf pumpt. Jede Hälfte ist in einen Vorhof und eine Kammer geteilt. Das durch die Venen ins Herz einströmende Blut gelangt zunächst in die Vorhöfe. Von dort fließt es weiter in die darauffolgende Herzkammer und in die davon ausgehenden Arterien. Vorhöfe, Kammern und Arterien sind durch die Herzklappen voneinander getrennt, welche einen Rückstrom des Blutes verhindern.

Das Herz selbst ist in verschiedenen Schichten aufgebaut:

Um das Herz herum liegt ein schützendes Gewebe, der Herzbeutel (Perikard), welcher das ganze Organ umgibt. Die äußerste Schicht des Herzens selbst ist das Epikard. Darunter befindet sich eine Fettschicht, in der die Herzkranzgefäße liegen. Diese, auch Koronargefäße genannt, versorgen den Herzmuskel mit Blut, sodass er arbeiten kann. Unter dem Epikard liegt der eigentliche Herzmuskel, das Myokard. Nach innen werden die Kammern und Vorhöfe des Herzens vom Endokard ausgekleidet, zu dem auch die Herzklappen gehören.



Aufbau des Blutkreislaufsystems

JAN HOFMANN

Der Blutkreislauf besteht aus zwei unterschiedlichen Kreisläufen, dem Lungenkreislauf (kleiner Kreislauf) und dem Körperkreislauf (großer Kreislauf). Beim *Lungenkreislauf* wird von der rechten Herzhälfte das sauerstoffarme Blut in die Lungenarterie gepumpt. Die Aufgabe der Lunge ist nun, das sauerstoffarme Blut, das nur noch 17 % Sauerstoff besitzt, und dessen Kohlenstoffdioxidgehalt von 0,03 % auf 4 % angestiegen ist, mit dem Sauerstoff aus der Luft anzureichern, welche eine Sauerstoffkonzentration von 21 % hat. Die Wände der Alveolen (Lungenbläschen) sind hauchdünn, deshalb können die Sauerstoff- und Kohlenstoffdioxid-Mo-

leküle hindurchdiffundieren. Die gesamte Oberfläche der 300 Millionen Alveolen beträgt 80 bis 120 m². Der Antrieb für den Gasaustausch ist der Konzentrationsunterschied der Atemgase zwischen Alveolen und Blut. Zum Ausgleich dieser Konzentration wandern Teilchen von der hohen Konzentration zur niedrigen, diesen Vorgang bezeichnet man auch als Diffusion. Sauerstoffmoleküle treten deshalb aus den Alveolen in das Blut über. Das Gleiche passiert auch mit dem Kohlenstoffdioxid, das vom Blut in die Alveolen gelangt und anschließend ausgeatmet wird.

Das sauerstoffreiche Blut gelangt über die Lungenvene zurück in die linke Herzhälfte, und von dort aus wird es in den *Körperkreislauf* (großer Kreislauf) gepumpt. Das sauerstoffreiche Blut gelangt über die Aorta in die Arterien, Arteriole und Kapillargefäße (Haargefäße), dies sind immer dünner werdende Gefäße. In den Kapillargefäßen findet daraufhin wieder der Gasaustausch statt, was bedeutet, dass das Blut den Sauerstoff abgibt und das Kohlenstoffdioxid des Gewebes aufnimmt, dieses sauerstoffarme Blut fließt nun wieder über die Venolen und Venen zurück zum Herzen.

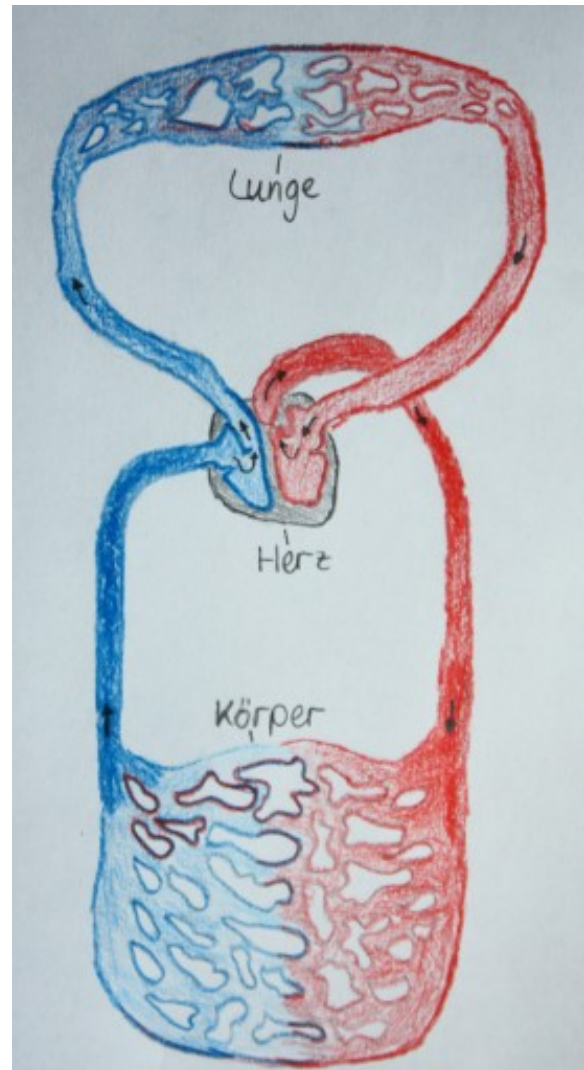
Aufbau der Blutgefäße

REBEKKA ANGENENDT

Es gibt zwei Arten von Blutgefäßen, die arteriellen Gefäße und die venösen Gefäße. Jedes Blutgefäß hat drei Schichten die unterschiedlich stark ausgeprägt sind.

Die *Tunica Intima* ist die innerste Schicht einer Blutgefäßwand und hat direkten Kontakt zum Blut. Dort befindet sich eine einfache Schicht aus Endothelzellen, die als erstes mit Substanzen zur Dilatation (Ausdehnung) und Konstriktion (Zusammenziehen) des Gefäßes in Kontakt kommen. Diese Endothelzellen sind durch eine dünne Membran aus Proteinen, der Basallamina, vom Bindegewebe der Tunica Intima getrennt. Die Tunica Intima der Venen besitzt so genannte Venenklappen, damit das Blut nicht wieder nach unten zurückfließt. Diese öffnen und schließen sich in regelmäßigen Abschnitten.

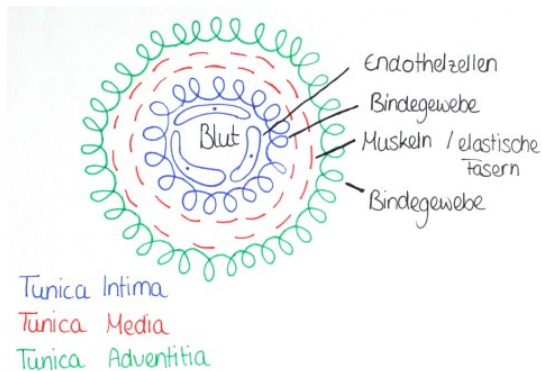
Die *Tunica Media* ist die mittlere Schicht der Blutgefäßwand. Sie besteht hauptsächlich aus



elastischen Fasern, sowie glatter Muskulatur (Muskulatur, welche Organe steuert und nicht bewusst einsetzbar ist). Vor allem bei den (muskulären) Arterien ist diese Schicht stark ausgeprägt, da sie die Aufgabe hat, den Blutdruck zu regulieren. In den Gefäßwänden der Venen, sind die Muskelfasern kaum vorhanden. So können sie die Pumpleistung, die benötigt wird um das Blut aus den Gliedmaßen wieder ins Herz zu befördern, nicht alleine leisten. Durch Bewegungen der umliegenden Skelettmuskulatur und der Arterien werden die Venen zusammengedrückt.

Die äußerste Schicht wird *Tunica Adventitia* genannt. Ihr Hauptbestandteil ist lockeres Bindegewebe, welches zur Verankerung mit der Umgebung dient. Größere Blutgefäße enthalten in dieser Schicht auch feine Blutgefäße zur Versorgung der Gefäßwand. Kleinere Gefäße

können durch das im Inneren fließende Blut versorgt werden.



Modell des Blutkreislaufsystems

ALEXANDER FUHRMANN

Zur besseren Veranschaulichung hatten wir die Aufgabe, ein Modell zu konstruieren, das den Blutkreislauf des Menschen darstellte. Dieses haben wir speziell für die Zuschauer angefertigt, damit unsere Präsentation über den Blutkreislauf verständlich ist.

Wir bekamen für die Erstellung des Modells besondere Schläuche, zwei Pumpen und ein Gerät, das Luft pumpen konnte. Aus diesen Materialien sollten wir ein Modell entwickeln, das wie das menschliche Blutkreislaufsystem arbeiten sollte. Die Pumpen benutzten wir jeweils als rechte und linke Herzhälfte, das Blut war bei uns rotgefärbtes Wasser und die Schläuche simulierten die Blutgefäße. Wir haben die Schläuche so zusammengesteckt, dass sie von der einen Pumpe, in dem Fall der rechten Herzhälfte, in die andere Pumpe, in dem Fall linke Herzhälfte, führten. An dem Schlauch, der zur zweiten Pumpe führte, haben wir das Gerät angeschlossen, das die Lunge simulieren sollte und Luftbläschen im Wasser erzeugte. So konnten wir zeigen, dass sauerstoffarmes Blut in die Lunge gepumpt, dort mit Sauerstoff angereichert wird und sauerstoffreich in die linke Herzhälfte fließt.

Danach haben wir weitere Schläuche zusammengesteckt, die aus der zweiten Pumpe in einen Behälter voll Wasser führten. Mit diesem Behälter simulierten wir einen Gasaustausch. Dort floss das Wasser mit den Bläschen hinein

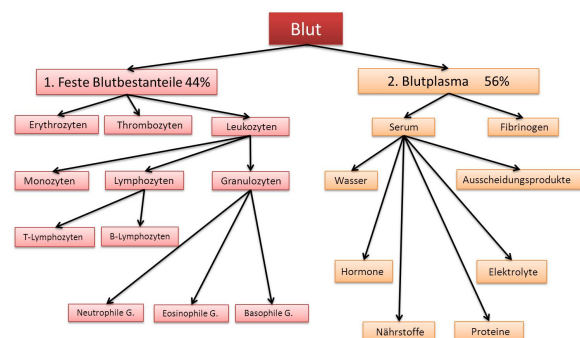
und ein anderer Schlauch saugte es dann ohne diese Bläschen wieder auf. So stellten wir sauerstoffarmes Blut dar. Der Schlauch ohne Luftbläschen war an ein Blutdruckmessgerät angeschlossen und führte dann wieder in die erste Pumpe zurück. Mit diesem Modell konnten wir bei der Präsentation den Zuschauern ein ungefähres Bild des Blutkreislaufes vermitteln. Die Schläuche und die ausrangierten Pumpen aus Herz-Lungen-Maschinen wurden uns freundlicherweise von der Universitätsklinik in Heidelberg zur Verfügung gestellt. Mit ihrer Unterstützung gelang es uns, ein recht anschauliches Modell zu konstruieren. Dadurch wurde unsere Präsentation viel deutlicher gestaltet.

Ein ähnliches Verfahren wird auch bei Operationen angewandt. Es wird benutzt, um ein Herz während einer Herzoperation für kurze Zeit ersetzen zu können.

Das Blut

ELISABETH LESCH, ALEXANDRA SCHANZ

Im Blutkreislauf eines Menschen zirkulieren 4–6 Liter Blut, die 7–8 % des gesamten Körpergewichts ausmachen. Wie wichtig das Blut für den Körper ist, sieht man beispielsweise bei hohem Blutverlust: Die Organe versagen wegen der Mangelversorgung bereits beim Verlust der Hälfte des Blutes. Auf der Graphik sind alle Blutbestandteile übersichtlich dargestellt.



Eine Aufgabe des Blutes ist der Transport von Nährstoffen, Stoffwechselendprodukten (wie zum Beispiel Harnstoff und CO_2) und regulatorischen Substanzen wie zum Beispiel den Hormonen. Das Blut regelt außerdem über verschiedene Regelkreise die Körpertemperatur,

den Blutdruck, den Wasser- und Elektrolythaushalt, die Immunabwehr und es hält den pH-Wert durch Puffersysteme konstant. Mit bloßem Auge (makroskopisch) unterscheidet man sauerstoffreiches Blut, das hellrot erscheint, und sauerstoffarmes Blut, das dunkelrot aussieht. Das Blut stellt ein flüssiges Gewebe dar, das bedeutet, es ist ein Gewebe, in dem die Zellen in der Flüssigkeit schwimmen. Es besteht zu 44 % aus festen, zellulären Bestandteilen und zu 56 % aus dem flüssigen Blutplasma.

Alle *zellulären Bestandteile* des Blutes werden im roten Knochenmark aus Stammzellen gebildet. Den größten Anteil bilden *die roten Blutkörperchen, die Erythrozyten*. Sie sind runde, in der Mitte eingedellte scheibenförmige Zellen, die keinen Zellkern besitzen. Ihr wichtigster Bestandteil ist das Hämoglobin und ihre Lebensdauer beträgt 3–4 Monate. Die Aufgaben der Erythrozyten sind der Transport des Sauerstoffes (O_2) von der Lunge zu den Körperzellen und der Kohlendioxidtransport (CO_2) von den Körperzellen zurück zur Lunge. Die Erythrozyten sind die Träger der einzelnen Blutgruppen.

Ebenfalls zellkernlos sind *die Blutplättchen, die Thrombozyten*. Sie sind die kleinsten zellulären Bestandteile des Blutes, haben eine unregelmäßige Form und erfüllen eine wichtige Funktion bei der Einleitung der primären Blutgerinnung.

Im Gegensatz zu den Erythrozyten und Thrombozyten besitzen *die weißen Blutkörperchen, die Leukozyten*, einen Zellkern und erscheinen kugelförmig. Im Körper haben sie wichtige Aufgaben in der Immunabwehr. Die Leukozyten werden unterteilt in Monozyten, Lymphozyten und Granulozyten.

Die *Monozyten* machen ungefähr 3–8 % der Leukozyten aus. Sie können sich amöboid fortbewegen, das heißt, sie können in fließenden Kriechbewegungen bei Bedarf die Blutgefäße verlassen und ins Gewebe austreten. Hier haben sie ihre Aufgabe als Makrophagen (große Fresszellen) in der spezifischen und unspezifischen Immunabwehr.

20–40 % der gesamten Leukozyten fallen auf die *Lymphozyten*, die an der spezifischen Immunabwehr unseres Körpers beteiligt sind. Man unterscheidet zwischen T- und B-Lymphozyten. Während die *T-Lymphozyten* die Zellmembra-

nen der Körperzellen auf Fremdkörper kontrollieren und kranke von gesunden Zellen unterscheiden können, bilden die *B-Lymphozyten* Antikörper gegen artfremde Eiweiße.

Die *Granulozyten* haben eine Lebensdauer von 8–14 Tagen, sie zirkulieren aber nur ungefähr 24 Stunden im Blut bis sie abgebaut werden. Ihre wichtigste Aufgabe besteht in der Abwehr von Infektionen bei der unspezifischen Immunabwehr. Durch ihr unterschiedliches Färbeverhalten im Blutausstrich unterscheidet man neutrophile, basophile und eosinophile Granulozyten, die im Unterpunkt unspezifische Immunabwehr genauer erklärt werden.

Das *Blutplasma* besteht zu 90 % aus Wasser und zu 10 % aus gelösten Stoffen. Das sind die Eiweiße, die Elektrolyte, die Nährstoffe, die Vitamine, die Spurenelemente, die Hormone und die Ausscheidungsprodukte. Trennt man vom Blutplasma den Gerinnungsfaktor *Fibrinogen* ab, so erhält man das fast klare *Blutserum* (siehe Abbildung), das nicht mehr gerinnen kann. Das Fibrinogen ist ein Plasmaprotein, welches bei einer Verletzung eines Blutgefäßes durch eine umfangreiche Kaskade aktiviert wird. Weitere Plasmaproteine sind Albumine und Globuline. Die *Globuline* spielen eine wichtige Rolle bei der Immunreaktion als Antikörper und werden deshalb auch Immunglobuline genannt.

Albumine machen 56 % der Plasmaproteine aus und haben wichtige Funktionen. Eine davon ist der Transport von wasserunlöslichen (hydrophoben) Stoffen. Dies wird durch die amphiphilen Eigenschaften der Albumine ermöglicht. Sie haben einen hydrophilen (wasserliebenden) und einen hydrophoben (wasserabweisenden) Molekülteil. Bei der Interaktion mit dem zu transportierenden Stoff richtet sich der hydrophile Teil des Albumins nach außen, zum Wasser, der hydrophobe Teil richtet sich nach innen und umschließt den Stoff. Eine weitere Aufgabe haben die Albumine bei der Aufrechterhaltung des kolloidosmotischen Drucks. Unter dem kolloidosmotischen Druck versteht man den Anteil am osmotischen Druck in den Gefäßen, der durch die Anzahl der größeren Teilchen (Kolloide, hier: Proteine) erreicht wird. Osmose bezeichnet den Übertritt von Wasser von einer weniger konzentrierteren Lösung zu einer

konzentrierteren Lösung durch eine halbdurchlässige (semipermeable) Membran. Die großen Albumine können die Gefäße – im Unterschied zu den Wassermolekülen – nicht verlassen, deshalb halten sie Wasser zurück und sorgen so für einen optimalen Druck. Die Albumine erfüllen als Puffersystem eine weitere wichtige Aufgabe. Neben diesem Proteinpuffer verfügt das Blut über drei weitere Puffer (Kohlensäure-Bicarbonat-, Hämoglobin- und Phosphat-Puffer). Sie regeln den pH-Wert des Blutes, der in engen Grenzen zwischen pH 7,38 und pH 7,41 im arteriellen Blut konstant gehalten werden muss (Homöostase), durch Protonenaufnahme und Protonenabgabe.



Wichtige Bestandteile des Blutplasmas sind die *Elektrolyte*, die ebenfalls für die Aufrechterhaltung des osmotischen Drucks im Blut verantwortlich sind. Außerdem gehören sie zu den Puffersystemen des Blutes. Im Plasma dominierende Elektrolyte sind Calcium (Ca^{2+}), Kalium (K^+), Magnesium (Mg^{2+}), Natrium (Na^+), Chlorid (Cl^-), Bicarbonat (HCO_3^-), Phosphat (PO_4^{3-}) und Sulfat (SO_4^{2-}).

Zu den im Blut transportierten *Nährstoffen* zählen die Saccharide (Kohlehydrate) und Lipide (Fette). Saccharide sind die Zucker, die der Körper für die schnelle Energieversorgung braucht; der Hauptenergieträger ist der kleinste Baustoff Glucose. Lipide dienen vorwiegend der Energiespeicherung, doch können sie nach ihrem Abbau in ihre Einzelbausteine Fettsäuren ebenfalls den Körper mit Energie versorgen.

Vitamine sind organische Verbindungen, die den Stoffwechsel verbessern. *Spurenelemente* sind ebenfalls Elektrolyte, die mengenmäßig nur in „Spuren“, also in geringen Konzentrationen im Plasma vorhanden sind. Trotzdem

erfüllen sie wichtige Aufgaben bei Stoffwechselvorgängen. Spurenelemente sind zum Beispiel Iod, Zink und Selen. *Hormone*: Das sind biochemische Botenstoffe, die von bestimmten Organen gebildet und an spezifischen Zielorganen eine Reaktion auslösen. *Ausscheidungsprodukte*: Harnstoff, Harnsäure, Kohlendioxid

Blutversuche

Da die Hauptthemen unseres Kurses das Blut und der Blutkreislauf waren, wollten wir uns an einem Nachmittag genauer mit dem Blut befassen. Dazu gab es drei Versuche. Jeder von uns musste einen weißen Schutzmantel und eine Schutzbrille tragen, da wir mit Schweineblut und teilweise mit ätzenden Lösungen arbeiteten. Wir teilten uns in Gruppen auf, mit zwei bis drei Teilnehmern.

Zentrifugiertes Blut

SIMON OESTERLE

In einem Experiment haben wir Schweineblut zentrifugiert. Das geschieht mit Hilfe einer Zentrifuge, die das Reagenzglas mit dem Blut sehr schnell dreht und es dabei durch die Fliehkräfte horizontal auf der Zentrifuge anordnet. Dadurch sammelt sich der Teil des Blutes mit der höheren Dichte außen, während der Teil mit der geringeren Dichte weiter innen bleibt. So teilt sich das Blut in Plasma und zelluläre Bestandteile auf. Diese teilen sich weiter auf, einmal in die deutlich zahlreicheren Erythrozyten, außerdem in Leukozyten und Blutplättchen. Damit diese Trennung deutlicher zu sehen ist, haben wir noch Ficoll® benutzt. Das hat eine ähnliche Dichte wie Leukozyten und sorgt dafür, dass die Leukozyten im Ficoll® hängen bleiben, während die Erythrozyten, die eine höhere Dichte haben, hindurch sinken.

Blutausstrich

ANNA-CELINA SCHMID

Für den Versuch selbst brauchten wir pro Gruppe nur einen kleinen Bluttröpfchen. Zuerst besorgte jeder sich zwei Objektträger und beschriftete

diese. Danach gaben wir einen kleinen Blutropfen auf einen der Objektträger und verstrichen das Blut mit dem zweiten Objektträger. Dabei sollte eine sehr dünne, rot schimmernde Blutschicht entstehen. Sie musste dünn genug sein, da es sonst schwer wäre, etwas durch das Mikroskop beobachten zu können. Der dritte Schritt war das Trocknen und das anschließende Mikroskopieren. Dabei konnten wir nur sehr wenig erkennen, deswegen kam es auch zu dem vierten großen Schritt, dem Färben. Hierbei tauchten wir den Objektträger erst 5mal eine Sekunde lang in eine Fixierlösung und danach 3mal eine Sekunde in eine Färbelösung, um die Erythrozyten und Leukozyten anzufärben und dadurch besser erkennen zu können. Nach dem Färben spülten wir den Objektträger kurz in einer Pufferlösung und ließen ihn trocknen. Daraufhin tauchten wir ihn wieder 6mal für eine Sekunde in eine zweite Färbelösung. Ganz zum Schluss spülten wir den Objektträger noch einmal 45 Sekunden in einer Pufferlösung und ließen ihn danach trocknen. Das waren alle Voraussetzungen, die man für ein gutes Mikroskopieren brauchte.



Vor der Färbung sah man, wenn die Blutschicht dünn genug war, zwar viele Zellen, aber keine deutlichen Unterschiede zwischen den einzelnen Zellen. Alle sahen ungefähr gleich aus. Nach der Färbung konnte man die Erythrozyten und Leukozyten sehr gut voneinander unterscheiden. Die Erythrozyten waren hell lila und die Leukozyten rosa gefärbt. Man konnte gut beobachten, wie viele Erythrozyten im Blut

enthalten sind, im Gegensatz zu den Leukozyten.

Blutversuche mit Kochsalzlösungen

MELANIE STURM

Bei diesen Versuchen haben wir die Wirkung von verschiedenen konzentrierten Kochsalzlösungen (NaCl-Lösungen) auf Schweineblut getestet. Zuerst haben wir die Wirkung nur mit bloßem Auge in Petrischalen beobachtet. Anschließend haben wir Blutaussstriche gemacht, (Färben der Blutmischung auf dem Objektträger wie gerade beschrieben) um die Wirkung auf die roten Blutkörperchen unter dem Mikroskop zu beobachten.

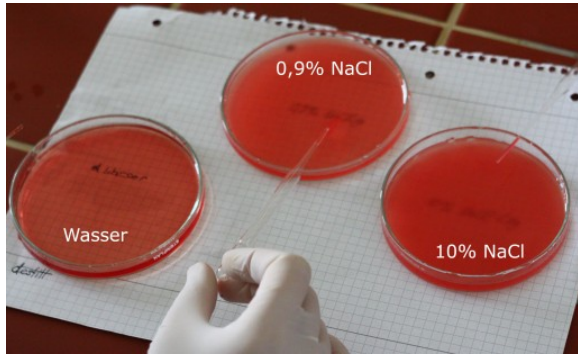
Für den Versuch mit dem bloßen Auge haben wir folgendes benötigt:

- Schweineblut
- 3 Petrischalen
- destilliertes Wasser
- 0,9 % NaCl-Lösung
- 10 % NaCl-Lösung

Wir haben jede der drei Petrischalen auf ein weißes beschriebenes Blatt, gestellt um die spätere Wirkung besser beobachten zu können. Der Grad der Trübung kann dadurch beurteilt werden, wie gut man das beschriebene Papier sehen kann.

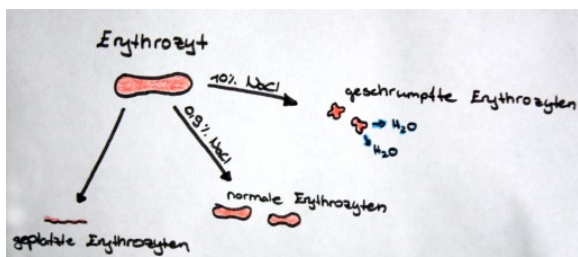
Wir haben nun in zwei Petrischalen jeweils eine der NaCl-Lösungen gegeben und in eine das destillierte Wasser (15 ml). Nun wurde in jede Petrischale ein wenig Schweineblut hinzugegeben. Man konnte beobachten, dass die Petrischale, in der sich das Schweineblut und das destillierte Wasser befanden sehr klar war, im Gegensatz dazu war die Petrischale mit dem Schweineblut und der 10 % NaCl-Lösung sehr trüb, die mit dem Schweineblut und der 0,9 % NaCl-Lösung nur leicht trüb.

Die Beobachtung, dass die Petrischale mit dem Gemisch aus destilliertem Wasser und Schweineblut klar war, konnte dadurch erklärt werden, dass die Erythrozyten im Schweineblut platzten. Dies lag daran, dass der osmotische Druck (siehe oben) des Wassers zu niedrig war. Die Flüssigkeit in der Petrischale mit der 10 %



NaCl-Lösung und dem Schweineblut war sehr trüb, da die Erythrozyten zusammenschrumpften. Der Grund dafür war der osmotische Druck der Lösung, der viel höher war als im menschlichen Blut, daher strömte das Wasser aus den Erythrozyten nach außen um die Konzentration des Salzes auszugleichen. Die 0,9 % NaCl-Lösung war nur leicht trüb, da die Erythrozyten normal geformt waren. Bei dieser Salzkonzentration entsprach der osmotische Druck genau dem unseres Blutes, weshalb die Erythrozyten auch ihre Form behielten und weder geplatzt noch geschrumpft sind.

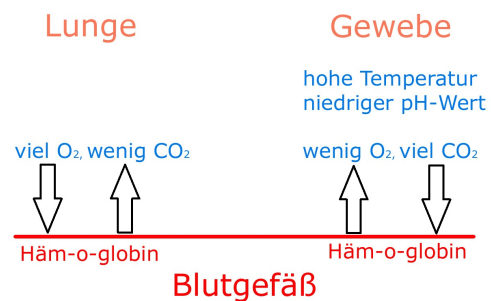
Wenn man nun aus allen drei Petrischalen jeweils einen Blutaussstrich anfertigt, konnte man erkennen, wie sich die Form der roten Blutkörperchen verändert hat. Bei dem Blutaussstrich des destillierten Wassers und des Schweineblutes hat man keine Erythrozyten gesehen, weil sie alle geplatzt sind. Bei dem Blutaussstrich der 0,9 % NaCl-Lösung mit dem Schweineblut konnte man die normale Form der Erythrozyten gut erkennen. Sie waren rund geformt und hatten eine kleine Vertiefung in der Mitte. Bei dem Blutaussstrich der 10 % NaCl-Lösung mit dem Schweineblut konnte man viele Erythrozyten erkennen, die zusammengeschrumpft waren, weil das gesamte Wasser, das in den Erythrozyten war, durch den hohen osmotischen Druck nach außen geströmt war, um die Salzkonzentration in der Lösung auszugleichen.



Hämoglobin

ELISABETH LESCH

Einer der wichtigsten Stoffe, der in den Erythrozyten enthalten ist, ist Hämoglobin. Es ist zuständig für den Transport von Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid und fungiert zusätzlich auch als Blutpuffer. Die Menge an Hämoglobin im Blut wird in Millimol pro Liter (mmol/l) angegeben und HB-Wert genannt. Bei Männern liegt dieser Wert bei 8,7–11,2 mmol/l, bei Frauen, wegen der monatlichen Blutung, etwas niedriger, bei 7,5–9,9 mmol/l. Hämoglobin besteht zum einen aus dem Globin, ein kugelförmiges Protein. Dieses wickelt sich um den zweiten Bestandteil, das Häm, welches lipophil (fettliebend) ist und hauptsächlich aus Stickstoff (N) und Kohlenstoff (C) Atomen besteht. Es ist aufgebaut wie eine flache Scheibe, in deren Mitte sich ein Eisenatom (Fe) befindet. An dieses Eisenatom bindet später der Sauerstoff (O_2). Kohlenstoffdioxid bindet an das umliegende Protein.



Im bewegten Gewebe, beispielsweise bei Sport, ist weniger Sauerstoff und mehr Kohlenstoffdioxid vorhanden. Die Temperatur ist vergleichsweise hoch und der pH-Wert niedrig. Dadurch löst sich die Sauerstoff-Bindung und eine Kohlenstoffdioxid-Bindung wird hergestellt. Dann wird das Hämoglobin mit den Erythrozyten zur Lunge transportiert. Dort ist die O_2 -Konzentration hoch und die des Kohlenstoffdioxids noch niedrig. Die Kohlenstoffdioxid-Bindung wird gelöst und Sauerstoff wird gebunden.

Hämoglobin kann jedoch nicht nur die Stoffe, die der Körper benötigt oder produziert, sondern auch andere Gase wie das gefährliche Koh-

lenstoffmonoxid transportieren. Dieses besetzt bei einer Kohlenstoffmonoxidvergiftung das Eisenatom und lässt sich von diesem nicht mehr trennen. Damit ist jeglicher weitere Transport von Sauerstoff oder Kohlenstoffdioxid ausgeschlossen, da immer nur ein Gas transportiert werden kann. Deswegen ist Kohlenstoffmonoxid so gefährlich. Das Hämoglobin muss neu gebildet werden, um den Transport von Sauerstoff zu dem Gewebe zu sichern.

Darstellung des Gasaustauschs im Modell

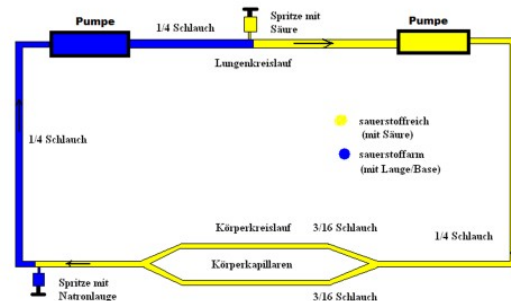
ALEXANDER HUBER, SIMON
OESTERLE, ALEXANDRA SCHANZ

In diesem Versuch wollten wir nicht nur ein einfaches Blutkreislaufmodell bauen, sondern darüber hinaus noch darstellen, ob das Blut sauerstoffarm oder sauerstoffreich ist. Die Idee war, das mit einer Farbänderung zu symbolisieren. Wir wollten jeweils eine Spritze im Lungenkreislauf und eine im Körperkreislauf einbauen. Das durch den Kreislauf fließende Wasser soll mit einem Indikator gemischt werden, der, wenn durch die Spritzen Säure oder Base eingespritzt wird, seine Farbe ändert.

Das Ziel im ersten Teil des Versuches war es, den am besten geeigneten Indikator zu finden. Im Test: Bromthymolblau, Lackmus, Phenolphthalein, Unisol 113. Wir wollten bei jedem Indikator die Farbe und die Menge an Säure oder Base, die man zum Umschlagen brauchte, herausfinden.

Für ein Umschlagen zwischen dem sauren und basischen Bereich brauchte man bei Bromthymolblau ca. 3 Tropfen. Während die Farbe dieses Indikators im sauren Bereich eindeutig gelb ist und im basischen blau, zeigt der Indikator Phenolphthalein nur nach 2 Tropfen Lauge eine Rosafärbung, sonst bleibt er farblos. Lackmus färbt das Wasser mit 3 Tropfen Salzsäure rot, nach 7 Tropfen der Natronlauge schlägt er in blau um. Am meisten Säure und Base brauchte Unisol 113: Es waren 4 Tropfen Salzsäure nötig, um eine rote Färbung zu erreichen, und 12 Tropfen Base, um die Lösung blau zu färben. Die Entscheidung fiel auf Bromthymolblau, weil der Farbunterschied

zwischen dem sauren und basischen Bereich deutlich war. Außerdem erzielte man hier eine deutliche Farbänderung bei Zugabe kleiner Mengen Säure oder Base.



Natürlich braucht man für diesen Versuch auch ein Blutkreislaufmodell. Das haben wir nach der folgenden Skizze zusammengebaut. Die verschiedenen Schlauchdicken sollten dabei die unterschiedlichen Durchmesser der Blutgefäße im menschlichen Körper darstellen. Die Pumpen symbolisieren jeweils eine Herzhälfte. Der kleine Kreislauf ist der Lungenkreislauf, der große der Körperkreislauf. Nach dem Zusammenbau des Modells mussten wir nur noch das Wasser mit dem Indikator einspeisen und im Kreislauf zirkulieren lassen.

Über die angeschlossenen Drei-Wege-Hähne werden im Lungenkreislauf Säure und im Körperkreislauf Lauge vorsichtig zugegeben. Unser Versuch lief ab, wie wir es uns vorgestellt hatten. Bei Zugabe der Säure und auch der Base war in deutlicher Umschlag zusehen.

3 Minuten ging alles gut, bis der Druck im Modell zu groß wurde, eine Spritze sich vom 3-Wege-Hahn löste und etwas Lösung in das Gesicht unserer Kursteilnehmerin Alexandra spritzte. Daran sieht man, wie wichtig entsprechende Schutzkleidung ist.

Blutgerinnung (Hämostase)

LEA GOTTSCHALK

Durch die Blutgerinnung werden die – bei Verletzungen der Blutgefäße entstehenden – Blutungen zum Stehen gebracht. So wird verhindert, dass aus dem Blutkreislauf zu viel Blut austritt und dadurch setzt die Wundheilung ein.

Die Blutgerinnung lässt sich in zwei Phasen aufteilen, die primäre und die sekundäre Blutgerinnung. Bei der primären Blutgerinnung spielt Kollagen (Strukturprotein = Eiweiß) eine große Rolle. Durch eine Gefäßverletzung kommt das Blut unter anderem mit Kollagenfasern des umliegenden Bindegewebes in Berührung. Die für die Blutgerinnung wichtigen Blutzellen, die Thrombozyten, haften an diesen Fasern, wodurch die Wunde mit einer dünnen Schicht bedeckt wird. Durch verschiedene Faktoren kommt es zu einer Verbindung zwischen den Kollagenfasern und den Rezeptoren auf den Thrombozyten. Dadurch werden aus sogenannten „elektronendichten Granula“ (Strukturen innerhalb der Thrombozyten, die Substanzen und Proteine enthalten, die für die Funktion von Thrombozyten notwendig sind) Stoffe freigesetzt, welche weitere Thrombozyten anlocken.

Bei der sekundären Blutgerinnung wird die Wunde stabil verschlossen. Sie besteht aus einer Kaskade der Proteinreaktion, welche durch den Kontakt der Wunde mit einer negativ geladenen Oberfläche aktiviert wird. Dadurch werden verschiedene Proteine aktiviert, welche wiederum die nächsten Proteine aktivieren und schlussendlich das im Blut enthaltene lösliche Fibrinogen aktivieren. Aus dem löslichen Fibrinogen wird das nicht lösliche Fibrin, welches ein Fibrinnetz an der Wunde bildet. Durch dieses Netz werden Erythrozyten eingefangen, die dann an der Wunde hängen bleiben und diese damit verschließen, bis neue Haut gebildet werden kann.

Der Herzinfarkt

SARINA WEISS

Ein Herzinfarkt, auch Myokardinfarkt genannt, entsteht durch eine Verstopfung des Herzkranzgefäßes, zum Beispiel durch einen Thrombus. Die Thromben bilden sich entlang einer Gefäßwand. Löst sich dort ein solcher, so kann dieser in einer verengten Stelle in einem Herzkranzgefäß stecken bleiben. Dadurch werden Teile des Myokards (Herzmuskel) nicht mehr genug durchblutet, wenn dies länger als ca. 20 Minuten andauert, sterben diese Teile ab. Wei-

tere Ursachen für einen Myokardinfarkt sind Spasmen (lang anhaltende Verkrampfungen), Blutungen und Tumore am Herzen.

In Folge eines Myokardinfarktes können gefährliche Herzrhythmusstörungen, Kammerflimmern oder plötzlicher Herztod auftreten. Die Überlebenschancen hängen von der Arteriengröße und von dem Herzbereich, den sie versorgen, ab. Die Arterie für die Hinterwand versorgt den größeren Teil des Herzens, weshalb eine Verstopfung dort oft schlimmere Folgen hat. Die Mehrzahl der Herzinfarkte entsteht durch koronare Herzkrankheit (Erkrankung/-Verkalkung der Herzkranzgefäße). Nikotinkonsum, Diabetes mellitus (Zuckerkrankheit), Hypertonie (Bluthochdruck), genetische Veranlagungen, Stress, erhöhte Blutfette (Cholesterin) und Übergewicht sind Risikofaktoren, die einen Herzinfarkt begünstigen und als Ursachen für Arteriosklerose (Arterienverkalkung) gelten.

Die Symptome eines Herzinfarktes sind hauptsächlich plötzlich auftretende, starke Schmerzen im Brustbereich (länger als 20 min), die dann meist in Schultern, Arme, Unterkiefer und Oberbauch ausstrahlen. Die Schmerzen werden oft von Schweißausbrüchen, Übelkeit und Erbrechen begleitet. Es kommt jedoch auch vor, besonders bei Frauen, dass zum Teil schon einen Monat vor dem eigentlichen Herzinfarkt Schlafstörungen, Atemprobleme etc. auftreten. Ein Myokardinfarkt kann u. a. durch EKG (Elektrokardiogramm) und Laboruntersuchungen festgestellt werden.

Je näher der Infarkt am Ursprung des Herzwandgefäßes liegt, desto schwerer sind die Folgen. Es können Störungen der elektrischen Reizausbreitung, schwere Herzrhythmusstörungen, Aneurysmen (spindel- oder sackförmige Erweiterungen an den geschädigten Bereichen), Ruptur (wenn der Herzmuskel reißt) oder (weitere) Thromben (Blutgerinnsel) auftreten.

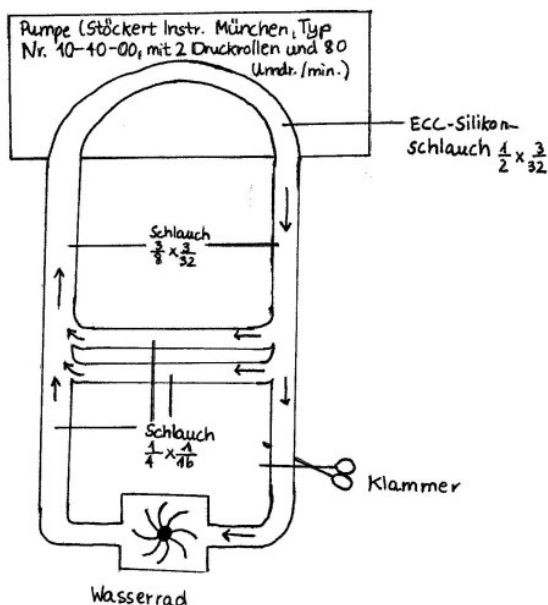
Kommt es zu Herzrhythmusstörungen, insbesondere zu Kammerflimmern, so wird die gesamte Sauerstoffversorgung des Organismus stark gefährdet. Wird das Kammerflimmern nicht sofort durch Elektroschock beseitigt oder der Kreislauf durch Herzmassage und Beatmung aufrechterhalten, so stirbt der Patient innerhalb von fünf bis zehn Minuten.

Das abgestorbene Gewebe des Herzmuskels vernarbt und wird durch Bindegewebe ersetzt, welches recht starr ist. Dadurch trägt es nicht zur Pumpfunktion des Herzens bei, und gefährliche Herzrhythmusstörungen und Herzinsuffizienz (Pumpschwäche) sind die Folgen. Im schlimmsten Fall stirbt der Patient. Hat ein Patient schon einen Herzinfarkt erlitten, steigt die Wahrscheinlichkeit, einen weiteren zu erleiden.

Darstellung des Herzinfarktes im Modell

LEA GOTTSCHALK

Um den Herzinfarkt im Modell nachzustellen, wurden mit Hilfe von verschiedenen dicken Schläuchen und den passenden Verbindungen dazu die Gefäße (insbesondere die Herzkranzgefäße) dargestellt. Die Pumpe übernahm die Funktion des Herzens. In die Mitte eines Schlauches, der ein Herzkranzgefäß darstellte, wurde ein Wasserrad eingebaut, welches das Gewebe um das Herz darstellte. Mit einer Schlauchklammer wurde der Schlauch abgeklemmt, um dadurch den Verschluss einer Arterie durch einen Thrombus zu symbolisieren.



Bei laufender Pumpe und offener Schlauchklammer war deutlich zu sehen, dass das Wasserrad lief. Im echten Kreislauf würde das bedeuten, dass das Gewebe mit genügend Sauerstoff versorgt wird. Wenn die Schlauchklammer dann

allerdings geschlossen wurde, also beim Menschen durch einen Thrombus das Gefäß verstopft würde, blieb das Wasserrad stehen. Somit würde das Gewebe nicht mehr versorgt werden und absterben.

Der Schlaganfall

SARINA WEISS

Der Schlaganfall wird auch Apoplex, Insult, Hirninfarkt oder Hirnschlag genannt, medizinisch korrekt sind die Bezeichnungen „Schlaganfall“ und „Insult“ beziehungsweise „Hirnschlag“. Ein Schlaganfall ist eine plötzliche Unterbrechung der Sauerstoffversorgung in einem Teil des Gehirns. Es gibt zwei Arten von Schlaganfällen, den ischämischen Insult und den hämorrhagischen Insult. Am häufigsten kommt der ischämische Insult vor, er entsteht aufgrund eines verschlossenen Blutgefäßes im Gehirn durch ein Blutgerinnsel (Hirnthrombose oder Hirnembolie). Der hämorrhagische Insult entsteht durch eine Hirnblutung. Der Schlaganfall und seine Folgen sind eine der Hauptursachen für Behinderung und Pflegebedürftigkeit im Alter.

Für einen Schlaganfall gibt es drei verschiedene Ursachen: Hirngefäßverschluss durch *Arteriosklerose* (sog. Arterienverkalkung) oder einen Thrombus (Blutgerinnsel), Hirngefäßverschluss durch eine *Embolie* oder *Hirnblutung* (hämorrhagischer Insult). Die Arteriosklerose stellt den Hauptgrund für den Verschluss von Blutgefäßen dar. Hierbei bilden sich im Laufe der Zeit an den Innenwänden der Blutgefäße sogenannte *Plaques* – Ablagerungen aus Fett und Zellen. Je dicker diese Plaques, desto enger wird das Gefäß. Bei Patienten mit Bluthochdruck (Hypertonie), Diabetes mellitus (Zuckerkrankheit) und/oder hohen Cholesterinwerten bilden sich diese Plaques besonders häufig. Ist eine Arterie durch Plaques stark verengt, gelangt weniger sauerstoffreiches Blut in das Gewebe, das von diesem Blutgefäß versorgt wird. Plaques können außerdem leicht einreißen. An einem solchen Riss entsteht dann ein Blutgerinnsel (Thrombus), welches das Gefäß sogar komplett verstopfen kann – die Sauerstoffversorgung des Gewebes ist dann ganz unterbrochen (Ischämie).

und ein Schlaganfall ist die Folge.

Bei einer *Embolie* verstopft ein Blutgerinnsel das Blutgefäß. Ein solches Blutgerinnsel nennt man Embolus, wenn es frei beweglich ist und deshalb dem Blutstrom folgt. Es handelt sich dabei meist um einen abgelösten Teil eines größeren Blutgerinnsels (Thrombus), das sich ursprünglich an einer anderen Stelle des Blutkreislaufs gebildet hat. Wenn ein solcher Embolus durch den Blutkreislauf ins Gehirn gelangt, kann ein Insult entstehen.

Eine *Hirnblutung* führt mitunter zu einem hämorrhagischen Schlaganfall. Eine solche Blutung entsteht, wenn ein Blutgefäß im Gehirn einreißt. Sind die Blutgefäße durch eine Arteriosklerose, aufgrund von Bluthochdruck (Hypertonie) oder Diabetes mellitus (Zuckerkrankheit) vorgeschädigt, kann ein plötzlicher Blutdruckanstieg dazu führen, dass ein Blutgefäß einreißt. Eine Hirnblutung kann zudem durch ein Aneurysma entstehen, das einreißt.

Es gibt verschiedene unbeeinflussbare und beeinflussbare Risikofaktoren für einen Schlaganfall. Zu den unbeeinflussbaren Risiken gehören unter anderem höheres Alter, Hypertonie (Bluthochdruck) und Herzrhythmusstörungen (z. B. Vorhofflimmern). Rauchen, übermäßiger Alkoholkonsum und Übergewicht sind beeinflussbare Risiken.

Die bei einem Schlaganfall entstehenden Symptome werden durch das Absterben von Nervenzellen, die nicht mit genügend Sauerstoff versorgt wurden, hervorgerufen. Die miteinander vernetzten Nervenzellen des Gehirns steuern wichtige Funktionen des Körpers – etwa das Bewusstsein, das Sprechen, die Motorik (Bewegungen) und das Sehen. Betrifft ein Schlaganfall einen Bereich des Gehirns, der eine dieser Funktionen regelt, kann dies schwerwiegende Folgen haben.

Anzeichen für einen Schlaganfall sind unter anderem plötzliche Schwäche oder Verlust der Muskelkraft bis hin zur kompletten Lähmung einer Gesichts- oder Körperhälfte (sog. Hemiplegie), Taubheitsgefühl (gestörtes Berührungsempfinden) z. B. eines Arms oder verschiedene Sinnesstörungen wie Sprach-, Seh- oder Schluckstörungen.

Diese sind jedoch immer unterschiedlich, es

kommt auch immer auf die betroffene Gehirnregion an. Man sollte so schnell wie möglich einen Arzt rufen, wenn man bei sich oder anderen Anzeichen für einen Schlaganfall bemerkt, denn eine schnelle Diagnose ist sehr wichtig.

Der direkte Nachweis eines Schlaganfalls und damit die Sicherung der Diagnose erfolgt mithilfe einer Computertomographie (CT) oder einer Kernspintomographie (MRT) des Kopfs. Mit diesen Untersuchungsverfahren kann der Arzt nicht nur den Schlaganfall erkennen, sie zeigen auch, welche Hirnregion genau betroffen ist. Weitere Untersuchungen im Rahmen einer Schlaganfall-Diagnose sind: Ultraschalluntersuchung des Gehirns, Blutuntersuchung und Pulsmessung.

Bei einem akuten Schlaganfall ist das Ziel der Therapie, den Schaden, der bei einem Schlaganfall entsteht, möglichst gering zu halten und schwere Folgen zu verhindern. Je nach Schlaganfall-Ursache (Gefäßverschluss oder Blutung) unterscheidet sich die Therapie. Daher ist es wichtig, dass die Ärzte durch Untersuchungen rasch die genaue Ursache herausfinden, um dann die geeignete Schlaganfall-Behandlung so schnell wie möglich einleiten zu können.

Langfristig soll die Schlaganfall-Therapie die neurologischen Symptome wie Lähmungen und Sprachstörungen bessern (Rehabilitation). Wie auch bei anderen vom Gehirn ausgehenden Störungen geht man auch bei der Schlaganfall-Therapie häufig nach dem sogenannten Bobath-Konzept vor. Das Bobath-Konzept beruht auf der Annahme, dass gesunde Hirnregionen lernen können, die Aufgaben der geschädigten Areale zu übernehmen. Dies wird zur Therapie der Patienten genutzt.

Wie sich ein Schlaganfall im weiteren Verlauf auswirkt, ist sehr unterschiedlich. Bei manchen Betroffenen sind die Symptome kaum merklich, andere sind dagegen bettlägerig und pflegebedürftig. Unterschiedlich stark ausgeprägte Schlaganfall-Folgen wie Lähmungen, Seh- oder Sprachstörungen können die Patienten zeitlebens begleiten.

Vorbeugende Maßnahmen zur Vermeidung eines Schlaganfalles sind unter anderem regelmäßige Kontrollen von Blutdruck, Blutfettwerten und Blutzucker, eine gesunde Lebensführung

(mit regelmäßiger Bewegung und bewusster Ernährung) sowie das Vermeiden von Stress.

Darstellung des Schlaganfalles im Modell

LEA GOTTSCHALK

Für diesen Versuch wurde wieder das Herz-Kreislauf-Modell mit einer Pumpe und Schläuchen verwendet. Der Kreislauf wurde ähnlich wie bei dem Versuch der Darstellung eines Herzinfarktes im Modell aufgebaut, nur dass die dünnen Schläuche die Kapillaren im Gehirn darstellten, und dass in dieses System noch ein Luftballon eingebaut wurde. Dieser sollte ein elastisches Gefäß im Gehirn darstellen. Außerdem wurde mit der Schlauchklemme Arteriosklerose und kein Thrombus dargestellt.

Mit einer Schlauchklemme wurde der Schlauch direkt nach dem Luftballon abgeklemmt. Dies symbolisiert eine komplette Verstopfung des Gefäßes im Gehirn. Dadurch wurde der Druck des Wassers im System auf den Luftballon zu hoch und er platzte. Im menschlichen Körper würde dies zu einem hämorrhagischen Schlaganfall führen, der weitreichende Folgen für den menschlichen Körper haben kann.

Blutdruck

JAN HOFMANN

Der Blutdruck ist der Druck, den das Blut auf die Gefäße ausübt. Er wird in mmHg (Millimeter Quecksilbersäule) oder auch in kPa ($1 \text{ kPa} = 7,5 \text{ mmHg}$) gemessen und normalerweise mit zwei Werten angegeben, dem oberen und unteren Wert. Wie diese Werte zustande kommen, ist im folgenden Abschnitt erläutert.

Während der *Diastole*, auch Saugphase genannt, erschlafft die Muskulatur beider Herzkammern und weitet sich. Gleichzeitig zieht sich die Vorhofmuskulatur zusammen und drückt das Blut durch die offenen Segelklappen in die Kammern, sodass diese sich weiten. Dabei sind die Taschenklappen geschlossen und verhindern dadurch das Zurückfließen des Blutes aus den Arterien. Da kein Blut während dieser Phase in die Arterien gepumpt wird, sondern sich das

Herz mit Blut füllt, sinkt der Blutdruck auf seinen niedrigsten Wert ab. Dieser (untere) Wert nennt sich diastolischer Blutdruck.

Danach zieht sich in der *Systole*, der Druckphase, die Muskulatur beider Kammern zusammen. Dabei schließen sich die Segelklappen und die Taschenklappen öffnen sich. Das Blut wird aus den Kammern in die jeweiligen Arterien gedrückt. Gleichzeitig erschlaffen und vergrößern sich die Vorhöfe. Blut wird aus den Venen angesaugt. Während dieser Phase arbeiten die Vorhöfe als Saug- und die Kammern als Druckpumpe. Da bei dieser Phase Blut in das Kreislaufsystem gedrückt wird, steigt der Blutdruck auf seinen höchsten Wert an. Diesen (oberen) Wert bezeichnet man auch als systolischen Blutdruck.

Normalwerte für den Blutdruck:

120 = systolischer Blutdruck = oberer Wert

80 = diastolischer Blutdruck = unterer Wert

Abhängig ist der Blutdruck von drei Faktoren, der Elastizität, der Spannung der Gefäße und dem Herz-Zeit-Volumen. Die *Elastizität der Gefäßwand* wird auch als Windkesselfunktion bezeichnet, hierbei geschieht der Druckausgleich zwischen Systole und Diastole durch die Elastizität der herznahen Arterien (vor allem der Aorta). Allerdings kommt das Phänomen der Elastizität nicht nur in den herznahen Gefäßen vor, sondern kommt so gut wie in jedem Blutgefäß vor und harmonisiert dadurch den Blutfluss. Das heißt, dass der ursprünglich in den herznahen Arterien vorhandene Druck gelindert wird, sodass ein relativ konstanter Blutfluss entsteht. Obwohl die Windkesselfunktion nur sehr gering ist – bei jungen Erwachsenen eine Veränderung des Volumens von 40 ml – spielt sie eine wichtige Rolle zur Aufrechterhaltung des Blutdrucks.

Außerdem gibt es die *Spannung der Gefäße* (Gefäßtonus). Als Gefäßtonus bezeichnet man den Spannungszustand der glatten Gefäßmuskulatur. Die Änderungen des Spannungszustandes der Gefäßmuskulatur haben Auswirkungen auf die (Organ-) Durchblutung.

Der letzte Faktor ist das *Herz-Zeitvolumen* (HZV). Es dient als Maß für die Herzleistung. Man versteht unter dem HZV das Blutvolu-

men, welches das Herz in einer gewissen Zeitspanne in den Kreislauf pumpt. Der konkrete Zeitraum der Betrachtung beträgt oft eine Minute, deshalb spricht man auch vom Herz-Minutenvolumen (HMV). Der Normalwert bei Erwachsenen liegt bei 4,5 bis 5 Liter pro Minute. Schwankungen sind ganz normale Anpassungsreaktionen des Körpers auf Belastung, zum Beispiel Stress. Der Körper braucht bei Anstrengung mehr Energie; diese führt ihm ein stärkerer Blutstrom in größeren Mengen zu. So kann das HMV bei sportlicher Aktivität schon einmal auf bis zu 30 Liter pro Minute ansteigen.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das HMV in Ruhepausen sinkt und bei Aufregung oder körperlicher Arbeit steigt.

Blutdruckerkrankungen

JAN HOFMANN

Hypertonie

Obwohl ein zu hoher Bluthochdruck keine unmittelbaren Schmerzen verursacht, kann es zu massiven Schäden an Herz und Gefäßen kommen. Unter anderem kann es passieren, dass es zu Herzinfarkten und anderen gefährlichen Herz-Kreislauf-Erkrankungen kommt, die sich jedoch meist durch gezielte Maßnahmen verhindern lassen. Hypertonie ist lange Zeit symptomarm, man leidet allerdings gelegentlich unter unangenehmem Kopfdruck, kurzen Schwindelanfällen, allgemeiner Müdigkeit oder unterschiedlich häufigen Schlafstörungen. Im äußersten Fall kommt es zum Herzinfarkt oder Schlaganfall.

Klassifikation	Systolisch (mmHg)	Diastolisch (mmHg)
Optimal	<120	<80
Normal	130	<85
„noch normal“	130–139	85–89
Milde Hypertonie	140–159	90–99
Mittelschwere Hypertonie	160–179	100–109
Schwere Hypertonie	>180	>110

Man redet von Bluthochdruck (Hypertonie), wenn die Werte dauerhaft höher als 140 mmHg systolisch und 90 mmHg diastolisch sind. Die Tabelle zeigt die verschiedenen Schweregrade.

Man unterscheidet drei Arten der Hypertonie, die arterielle Hypertonie, die pulmonal-arterielle Hypertonie und die portale Hypertonie.

Die Arterielle Hypertonie ist eines der häufigsten Krankheitsbilder, bei dem der Blutdruck in den arteriellen Gefäßen mehr als 140/90 mmHg beträgt. Eine große Rolle spielt die genetische Vererbung, da die Mehrzahl der Hypertoniker Familienmitglieder haben, die ebenfalls unter Hypertonie leiden. Zudem spielt der Lebensstil in verschiedenen Dingen (Kochsalz- und Nikotinmissbrauch, Stress, seelisch-nervöse Belastungen und hormonelle Gründe) eine stark begünstigende Rolle. In 20 % der Fälle liegt eine Grundkrankheit wie eine Nierenerkrankung oder eine Störung der Hormonbildung vor. Um die Hypertonie zu behandeln werden Medikamente verabreicht, empfohlen Sport zu machen, Kochsalz zu vermeiden, Alkoholkonsum einzustellen oder die verursachende Grundkrankheit behandeln zu lassen.

Hypotonie

Wenn der Blutdruck zu niedrig ist, bleiben Herz und Gefäße jung, und daher wird die Hypotonie von Ärzten meist nicht beachtet. Manchmal weist sie auf gefährliche Erkrankungen hin, beispielsweise eine Unterfunktion der Schilddrüse oder Blutarmut. Jedoch ist es oft auch unproblematisch und verliert sich nach einiger Zeit wieder. „Deshalb ist es wichtig, dass der Arzt eine organische Ursache ausschließt“, sagt Dieter Klaus vom wissenschaftlichen Beirat der deutschen Herzstiftung. Am häufigsten kommt die *arterielle Hypotonie* vor, die definiert ist durch einen systolischen Blutdruck von unter 100 mmHg und einen diastolischen von unter 70 mmHg und die *orthostatische Hypotonie*, die bei einem Wechsel in die aufrechte Körperhaltung auftritt, dabei kommt es zu Regulationsstörungen im Blutdruck. Meist leidet man unter Schwindel, Müdigkeit und kalten Füßen und Händen. Allerdings wird Hypotonie nicht medikamentös behandelt, sondern es wird empfohlen, Sport zu treiben, ausreichend

Flüssigkeit zuzuführen, mehr Kochsalz zu verwenden und Urlaub am See oder im Gebirge zu machen.

Blutdruckversuch

ANNA-CELINA SCHMID

Da wir in diesem Bereich ebenso Experimente durchführen wollten, haben wir uns für einen sportlichen Versuch entschieden. Hierbei haben wir den Puls und den Blutdruck von Jugendlichen zwischen 14 und 16 Jahren im Ruhezustand und nach sportlicher Betätigung gemessen und ausgewertet.



Normalerweise stellt man sich vor, dass der Puls von Jugendlichen dieses Alters im Ruhezustand durchschnittlich bei etwa 60–80 Schlägen/min., der Blutdruck bei 120/80 mmHg liegt. Natürlich hängen diese Werte aber auch von den persönlichen Umständen oder Voraussetzungen ab, wie zum Beispiel von der Fitness, dem Alter, dem Geschlecht oder des Gewichts. Diese Faktoren können die Messwerte unterschiedlich beeinflussen. Außerdem erwarteten wir, dass der Puls und der Blutdruck nach der sportlichen Betätigung auf 120–140 Schläge/min., beziehungsweise auf 150/100 mmHg steigen würden. Dies hängt davon ab, dass bei sportlicher Anstrengung mehr Blut durch den Körper gepumpt werden muss, um den Körper schneller mit Sauerstoff zu versorgen. Mit diesen Erwartungen führten wir unseren Versuch durch.

Wir suchten insgesamt acht Testpersonen, vier männliche und vier weibliche. Von den vier weiblichen und den vier männlichen Testpersonen wurden immer jeweils zwei in die Kategorie „sportlich“ und „untrainiert“ eingeteilt. So hat-

ten wir am Ende von beiden Geschlechtern insgesamt vier „Sportliche“ und vier „Untrainierte“. Sieben Testpersonen waren aus dem Kurs Medizin, eine aus dem Kurs Mathematik. Jeder hatte bei dem Versuch die gleichen Voraussetzungen.

Testpersonen				
	Test-person	Alter	Fitness	Aktivität für M3
weiblich	1	15	sportlich	auslaufend
	2	15	sportlich	sitzend
	3	15	untrainiert	auslaufend
	4	16	untrainiert	sitzend
männlich	5	15	sportlich	auslaufend
	6	15	sportlich	sitzend
	7	14	untrainiert	auslaufend
	8	15	untrainiert	sitzend

Unser Experiment fand an einem Nachmittag während der Kursschiene statt. Die Dauer des Versuchs betrug 32 Minuten. Zuerst befanden sich alle Testpersonen fünf Minuten im Ruhezustand, wobei man sich ausruhen sollte. Danach fand Messung eins statt, dabei wurden von jeder Person der Puls und der Blutdruck gemessen.

Anschließend mussten die Teilnehmer 1000 Meter laufen, dem entsprachen fünf Runden unserer 200m-Laufbahn. Jedoch sollten alle in der gleichen Geschwindigkeit laufen, sodass jeder die gleichen Voraussetzungen hatte. Für die 1000 Meter wurden sechs Minuten festgelegt, das waren eine Minute und zwölf Sekunden für 200 Meter. Ein Tempo, das für jeden gut zu schaffen war. Direkt nach dem Laufen erfolgte Messung zwei. Danach setzten sich jeweils zwei Testpersonen beider Geschlechter auf den Boden, während die anderen vier eine Runde ausliefen. Dieser Vorgang dauerte vier Minuten und sollte aufweisen, welche Art der Regeneration den Puls und den Blutdruck schneller wieder auf den Normalwert bringt. Nach den vier Minuten kam Messung 3.

Zum Schluss des Versuchs sollten sich alle Teilnehmer nochmal zehn Minuten im Ruhezustand befinden, Messung vier, die darauf folgte, sollte dabei zeigen, wie schnell sich die einzelnen Testpersonen regenerierten. Um das gra-

Messergebnisse				
Test-person	Messung 1 (Puls, Blutdruck)	Messung 2 (Puls, Blutdruck)	Messung 3 (Puls, Blutdruck)	Messung 4 (Puls, Blutdruck)
1	88, 115/79	103, 148/88	85, 116/76	85, 119/73
2	87, 115/63	104, 140/69	92, 110/61	72, 111/62
3	81, 113/77	113, 138/83	105, 123/70	101, 114/76
4	106, 125/85	140, 164/91	109, 126/58	103, 118/69
5	66, 126/60	104, 140/66	89, 132/73	78, 120/57
6	74, 121/74	80, 148/92	72, 135/77	79, 127/72
7	100, 143/70	126, 11/65	119, 116/71	109, 121/69
8	111, 162/115	140, 176/83	124, 121/59	102, 120/62

Puls in Schlägen/min, Blutdruck in mmHg

fisch aufzuzeigen haben wir zwei Tabellen zusammengestellt.

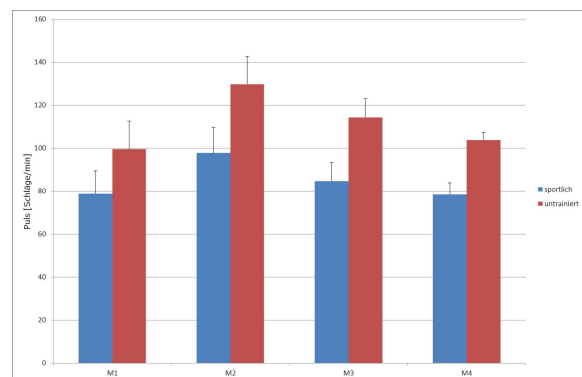
Auswertung der Messergebnisse

Am Anfang ist zu sagen, dass zwei Testpersonen leicht veränderte Voraussetzungen hatten, als die anderen. Testperson Nummer 1 ist nicht um 16:30 Uhr gestartet, sondern um 19:30 Uhr, nach dem Essen. Testperson Nummer 3 nahm nicht an der kurz zuvor stattfindenden Sport-KüA teil, was zur Folge gehabt haben könnte, dass ihre Werte tiefer waren als bei den anderen Testpersonen, die alle teilgenommen hatten. Außerdem sind die Messwerte auch durch äußere Einflüsse, wie zum Beispiel sprechen während den Messungen, oder durch innere Einflüsse, wie zum Beispiel Aufregung beeinflussbar. So können wir nicht alle Werte als repräsentativ annehmen.

Wie wir erwartet hatten, waren die Werte der sportlichen Jugendlichen bei allen Messungen niedriger als die der Untrainierten. Ursache hierfür war die sportliche Fitness, da der Organismus daran gewöhnt ist, innerhalb einer kurzen Zeitspanne viel Sauerstoff transportieren zu müssen. Je sportlicher man war, umso niedriger war der Puls nach sportlicher Belastung, da man daran gewöhnt war.

Außerdem hatten die Testpersonen, die „untrainiert“ waren und an der 2,5 stündigen vorigen Sport-KüA teilgenommen haben, noch immer

einen deutlich erhöhten Puls. Daraus konnte man schließen, dass der Puls und der Blutdruck der Untrainierten viel länger brauchten, um wieder auf den Normalzustand zu kommen, als die Werte der Sportlichen.



Zur Messung 3, die die zwei verschiedenen Regenerationsphasen (das Auslaufen und das Sitzenbleiben) verglichen hat, bleibt zu sagen, dass das Auslaufen fast in jedem Fall den Körper schneller regenerieren ließ als beim Sitzenbleiben. Das könnte daran liegen, dass der Körper beim Auslaufen langsamer wieder an den Normalzustand herangeführt wird, während jedoch beim Sitzenbleiben der Körper und der Kreislauf von einer Sekunde auf die andere direkt abgeschaltet wird. Also sollte man weiter lieber auf den Trainer hören, wenn er zum Schluss sagt „Jetzt bitte noch zwei Bahnen locker auslaufen“, denn das ist deutlich besser für den Puls und den Blutdruck.

Zum Schluss bleibt nur noch zu sagen, dass der Versuch sehr gut und ohne Probleme ablief. Auch die Versuchsteilnehmer haben sich sehr gut geschlagen und sich tapfer dem Laufen gestellt. Die Bilder, die unser Schülermentor Jonathan dabei gemacht hat, können den Spaß, den alle dabei hatten, gut beweisen.

Blutdruckregulation

MELANIE STURM

Zur Regulation des Blutdruckes gibt es in unserem Körper verschiedene Systeme. Es gibt die nervale Blutdruckregulation, die hormonelle Blutdruckregulation und die Autoregulation.

Der Blutdruck kann durch folgende Faktoren beeinflusst werden:

- Herzfrequenz und Schlagkraft des Herzens
- Veränderung der Flüssigkeitsverteilung
- Veränderung des Gefäßtonus (= Gefäßspannung)

Bei der *nervalen Blutdruckregulation* gibt es verschiedene Rezeptoren, wie Barorezeptoren die u. a. in den Vorhöfen des Herzens und in der Aorta sitzen, um dort den Druck zu messen. Die aufgenommenen Informationen werden ans Gehirn weitergeleitet, wo sie im vegetativen Nervensystem verarbeitet werden. Die zwei Teile des vegetativen Nervensystems, genannt Sympathikus und Parasympathikus regulieren dann den Blutdruck. Der Sympathikus erhöht die Herzfrequenz und die Schlagkraft des Herzens und vasokonstringiert (=verengt) die Gefäße, wodurch der Blutdruck steigt. Der Parasympathikus, senkt die Herzfrequenz und die Schlagkraft des Herzens und vasodilatiert (= weitet) die Gefäße, wodurch der Blutdruck sinkt.

Der Blutdruck kann ebenfalls durch *Hormone* reguliert werden. Hierbei gibt es verschiedene Systeme, die den Blutdruck erhöhen oder senken können. Ein Beispiel für die Blutdruckerhöhung ist das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System.

Wenn die Natriumkonzentration in der Niere gering ist, kommt es zu einer Reninausschüttung. Durch diese Ausschüttung wird eine vermehrte Herstellung von Angiotensin II (Vaso-

konstriktor) angeregt. Dieses bewirkt wiederum eine vermehrte Ausschüttung von Aldosteron. Durch diese Kombination steigen sowohl die Natriumkonzentration des Blutes, als auch das Blutvolumen. Das führt zu einer Erhöhung des Blutdrucks.

Ein Beispiel für eine Blutdrucksenkung ist ANP (Atriales natriuretisches Peptid). Durch eine Ausscheidung von Natrium und Wasser sinkt der Blutdruck, weil das Blutvolumen geringer wird.

Es gibt Organe, bei denen es sehr wichtig ist, dass ein konstanter Blutdruck vorhanden ist, z. B. bei der Niere oder im Gehirn. Deshalb können diese Organe durch Veränderung der Gefäßspannung ihren Blutdruck selbst steuern. Diese Selbststeuerung (*Autoregulation*) passiert immer vor dem Organ, damit es einen gleichmäßigen Blutdruck hat.

Immunabwehr

Der menschliche Körper verfügt über zwei Abwehrsysteme, die in Kraft treten, wenn Erreger den Körper befallen: die *spezifische* und die *unspezifische* Immunabwehr. Wichtig ist, dass die spezifische Immunabwehr nicht die Unspezifische ersetzt, sondern beide zusammenarbeiten, um die Immunreaktion zu ermöglichen. Typische Erreger sind z. B. Bakterien, Viren, Pilze und Parasiten. Das Immunsystem des Körpers bekämpft die Infektion und tötet die Erreger ab, ansonsten käme es zu Funktionsstörungen bzw. Krankheiten, welche auch zum Tod führen können.

Unspezifische Immunabwehr

ALEXANDER HUBER

An der unspezifischen Immunabwehr sind verschiedene Blutzellen beteiligt: Monozyten und Granulozyten.

Monozyten zirkulieren für 1–3 Tage im Blutkreislauf. Gespeichert werden sie in der Milz, von dort werden sie bei akuten Entzündungen in großer Zahl freigesetzt.

Während der Einwanderung in entzündetes Gewebe werden Monozyten zu *Makrophagen* (Rie-

senfresszellen). Um die entzündete Stelle zu erreichen, brauchen sie relativ lange, sie können aber auch sehr große Mengen an Erregern fressen. Makrophagen fressen außerdem schädliche Substanzen und Abfallprodukte im Körper.

Granulozyten machen den Hauptteil der Leukozyten aus. Man unterscheidet folgende Gruppen von Granulozyten: neutrophile, eosinophile und basophile Granulozyten. *Neutrophile Granulozyten*, auch Mikrophagen (kleine Fresszellen) genannt, machen 40–50 % der im Blut zirkulierenden Leukozyten aus. Mikrophagen werden durch Zytokine (chemische Botenstoffe), die vom Ort der Entzündung abgesondert werden, angelockt. Im Gegensatz zu Makrophagen erreichen Mikrophagen den Ort der Entzündung sehr schnell, sie können jedoch nur kleinere Mengen an Erregern fressen und leben nur wenige Tage. Etwa 3–5 % der Zellen in unserem Blut (Differenzialblutbild) sind *eosinophile Granulozyten*. Auch sie bewegen sich zum Entzündungsort. Sie spielen eine wichtige Rolle bei der Parasitenabwehr und bei Allergien. *Basophile Granulozyten* machen im Differenzialblutbild nur einen geringen Anteil aus (< 2 %). Wenn sie auf Erreger treffen, sondern die basophilen Granulozyten Toxine (Giftstoffe) ab, die die Erreger töten. Sie leben wie die Mikrophagen nur wenige Tage.

Ablauf einer Immunreaktion

Die unspezifischen Abwehrmechanismen sind angeboren und beruhen auf dem Einsatz der in Blut und Gewebe stets vorhandenen Fresszellen (Mikro- und Makrophagen). Gelangen Erreger in den Körper, werden sofort Mikro- und Makrophagen durch Zytokine angelockt. Sie sind in der Lage, die Erreger als „fremd“ zu erkennen. Die Mikrophagen sind schneller am Ort des Geschehens als die Makrophagen. Beide können Erreger fressen (Phagozytose). Basophile Granulozyten sondern zusätzlich Toxine ab. Haben die Makrophagen die Erreger aufgenommen, aktivieren sie die spezifische Immunabwehr, indem sie Teile der Erreger als Antigene auf ihrer Oberfläche präsentieren. Während ein Teil der Erreger durch Phagozytose und Ausschüttung von Toxinen direkt abgetötet wird, beginnen andere Zellen mit der Produktion von Antikörpern. Diese Antigen-Antikörper-

Komplexe werden ebenfalls von Makrophagen gefressen. Die unspezifische Immunabwehr reagiert also sofort, während die spezifische Immunabwehr erst zeitverzögert mit der Produktion von Antikörpern beginnen kann.

Spezifische Immunabwehr

SIMON OESTERLE

Anders als die unspezifische Immunabwehr gilt die Spezifische als erworben und erregerspezifisch. Damit ist gemeint, dass sie die Antigene, das sind einzigartige Merkmale der Erreger, erkennen und gezielt mit entsprechenden Mitteln gegen sie vorgehen kann.

Humorale spezifische Immunabwehr

In diesem Teil der Immunabwehr sind die Antikörper am wichtigsten, sie werden von B-Lymphozyten gebildet. Mit Hilfe ihrer Epitope, den Anbindungsstellen, können sie Antigene binden. Jeder Typ eines Antikörpers hat aber jeweils andere Epitope und kann somit nur den Erregertyp mit dem entsprechenden Gegenstück binden. Das nennt man das Schlüssel-Schloss-Prinzip.

Die Funktionen der Antikörper sind Opsonisierung und Aktivierung des Komplementsystems. Unter *Opsonierung* versteht man die Kennzeichnung eines Antigens, wobei die Oberfläche der Zellen von Antikörpern bedeckt wird. Außerdem können Antikörper mehrere Erreger des gleichen Typs binden, dann verkleben sie diese, sodass die Fresszellen effektiver gegen Fremdkörper vorgehen können und nicht jeden einzelnen gesondert auffressen müssen. Dadurch wird der Fremdkörper von Fresszellen besser erkannt. Durch einen Antigen-Antikörperkomplex wird das *Komplementsystem* aktiviert. Dieses System dient ebenfalls als Opsonin, kann aber auch Chemotoxine freisetzen, das sind Gifte, welche einen Angriff auf die Zellmembran ermöglichen. (s. unspezifische Immunabwehr)

Zelluläre spezifische Immunabwehr

Beim zellulären Teil sind, wie am Name erkennbar, Zellen beteiligt, die die Erreger bekämpfen. Wichtig sind die B-Lymphozyten und die T-Lymphozyten, die weiter in T-Killerzellen und

T-Helferzellen unterteilt sind. Die *B-Lymphozyten* können Antigene mit ihren Rezeptoren erkennen und dann dazu passende Antikörper bilden. Dieser Prozess kann durch Gedächtniszellen, das sind spezielle B-Lymphozyten, beschleunigt werden. Entdecken Gedächtniszellen das Antigen, das sie sich „gemerkt haben“, lösen sie sofort eine Immunreaktion aus, die eine schnelle Herstellung von zum entdeckten Antigen passenden Antikörpern zur Folge hat. Wenn sich die Erreger jedoch in körpereigenen Zellen verstecken, kommen die Antikörper nicht mehr an sie heran und die Erreger müssen anders bekämpft werden. Eine Zelle kann beispielsweise durch Viren befallen sein, das erkennen dann *T-Helferzellen* an Fragmenten der Erreger, welche die befallene Zelle an ihrer Oberfläche präsentiert. Die Helferzellen informieren nun die *T-Killerzellen*, indem sie Zytokine freisetzen. Die T-Killerzellen können dann die Membran der infizierten Zellen zerstören, sodass sie absterben.

Exkursion

REBEKKA ANGENENDT

Der Medizinkurs hatte dieses Jahr die einmalige Chance, das Heidelberger Uni Klinikum zu besuchen. Nachdem wir uns in Heidelberg von den übrigen Kursen getrennt hatten, trafen wir uns mit dem Kardiotechniker Lutz Hoffman vor der chirurgischen Klinik, der den ganzen Ausflug organisiert hatte. Als erstes durften wir, in Gruppen unterteilt, bei verschiedenen Herzoperationen hautnah dabei sein. Dazu trennten sich Jungen und Mädchen, um die OP-Schleuse zu durchqueren. Hier mussten wir unsere normale Kleidung ablegen und die grünen OP-Kittel und Hosen überziehen. Außerdem wurden die Hände gründlich gereinigt und desinfiziert genauso wie Hauben und Mundschutz aufgesetzt. So verumumt durften wir dann endlich den OP-Bereich betreten.

Mit Spannung fieberten wir den bevorstehenden Eingriffen entgegen, während wir auf die Gruppeneinteilung warteten. Nachdem dies geschehen war, ging es dann los. Die erste Gruppe begann in OP1, wo eine künstliche Herzklappe eingesetzt wurde. Der zuständige Arzt zeigte

uns das einzusetzende Gerät und erklärte seine Vorgehensweise.

Eine weitere Station war die Herz-Lungen-Maschine, die vor allem in der Herzchirurgie eine wichtige Rolle spielt, um während den Operationen die überlebenswichtige Pumpfunktion des Herzens zu übernehmen. Hierzu werden hauptsächlich Rollenspumpen verwendet. Durch einen Schlauch, welcher von zwei gegenüberliegenden Rollen in die Pumpe gedrückt wird, wird das Blut vom Körper zur Maschine und wieder zurück transportiert. Außerdem übernimmt die Herz-Lungen-Maschine auch die Aufgabe des Gasaustauschs von Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid. Dazu werden sogenannte Oxygenatoren verwendet. Diese sind trotz technischer Forschung nur bedingt mit der natürlichen Lungenfunktion vergleichbar, da die Diffusionsfläche wesentlich geringer ist. Um mögliche Verunreinigungen des Blutes durch Plastikrückstände des Schlauches oder Luftbläschen zu vermeiden, werden Blutfilter eingesetzt. Unser Kurs hatte das Glück, drei Pumpen aus Herz-Lungen-Maschinen während der gesamten Akademiejzeit benutzen zu dürfen und wir hatten somit schon praktische Erfahrung mit dem Gerät. Da auch viele Ausländer an der Uniklinik arbeiten, hatten wir die Möglichkeit, die Funktion der Maschine bilingual erklärt zu bekommen, das heißt sowohl auf Englisch als auch auf Deutsch.

Zum Schluss besuchten wir noch eine Bypass-OP. Hier wurde ein verengtes Herzkranzgefäß aufgrund einer Infarktgefahr durch ein unbeschädigtes Blutgefäß, welches vorher dem Patienten entnommen wurde, ersetzt. Der zuständige Anästhesist ließ uns seinen Platz am Kopf des Patienten einnehmen, um die Operationen noch besser verfolgen zu können. Auch der beteiligte Kardiotechniker erklärte uns seine Aufgabe. So konnten einige von uns das Kammerflimmern des Herzens nach Entfernung der Maschine miterleben und wie es durch Stromstöße in seinen normalen Rhythmus zurückfand. Dieses Erlebnis war für alle Kursteilnehmer einmalig und unvergesslich. Jedoch konnten nicht alle die gesamte Zeit bei den Operationen zuschauen, da die ungewohnten Szenen und der hohe Luftdruck in den OP-Räumen einigen auf den Kreislauf schlugen und sie zeitweise den OP-Saal verlassen mussten.



Auf diese spannende Erfahrung folgte direkt das nächste Highlight. Die Klinik ermöglichte uns ein Gespräch mit einem Herztransplantierten, seiner Frau und dem zuständigen Kardiotechniker Herrn Berthold Klein, der sich auch schon im OP Bereich um uns gekümmert hat. Außerdem war der Chefarzt Prof. Dr. Matthias Karck am Gespräch beteiligt. Der Patient beantwortete uns freundlich alle Fragen und so konnten wir seinen Lebensweg rekonstruieren. Schon als Kind hatte er Kreislaufprobleme, doch erst im Jahre 2008, nach 2 überlebten Schlaganfällen und 5 Herzinfarkten, wurde seine Krankheit erkannt. Er besaß aufgrund einer Vererbung ein zu großes Herz.

Er erzählte uns von seinen Erlebnissen und berichtete, dass er nach 2 Jahren auf der Warteliste wegen der starken gesundheitlichen Verschlechterung stationär in das Heidelberger Klinikum aufgenommen und die Dringlichkeit seiner Transplantation höher eingestuft wurde. In dieser Zeit, so beschrieb er, hatte er starke Depressionen. Nicht nur Schmerzen und die Überlebensangst trugen dazu bei, sondern auch der Schriftverkehr um die für ihn notwendige finanzielle und medizinische Hilfe griff seine Psyche an. Da er von seinem Umfeld, aufgrund der fehlenden Diagnose, als Simulant dargestellt wurde, war seine Frau eine wichtige Stütze für ihn.

Nach der Operation verbrachte er einige Wochen im Krankenhaus, um sich von dem riskanten Eingriff zu erholen. Die beteiligten Ärzte wiesen uns auf die Maßnahmen hin, die der Patient einhalten muss, um seine Gesundheit nicht zu gefährden. Denn um das fremde Organ nicht abstoßen, muss der Transplantierte regelmäßig Immunsuppressiva einnehmen. Die

Medikamentendosierung ist je nach Patient unterschiedlich und muss durch eine jährliche Biopsie auf ihre Wirksamkeit kontrolliert werden.

Immunsuppressiva sind Medikamente, welche das Immunsystem schwächen. So kann es das fremde Organ nicht abstoßen, was im normalen Zustand der Fall wäre, jedoch können auch die Krankheitserreger nicht effizient abgewehrt werden. Der Patient muss deswegen vor allem in der Zeit nach der Operation stark auf Hygiene achten, zum Beispiel ist der Mundschutz eine Weile Pflicht und auch Handschuhe sind teilweise notwendig, um sich vor Erregern zu schützen.

Der Herztransplantierte kann seinen früheren Beruf als Maurer nicht mehr ausführen, da er aufgrund der Transplantation dieser ständigen körperlichen Anstrengung nicht gewachsen ist. Somit ist er auf die Hilfe des Staates angewiesen. Außerdem besitzt er durch seine Operation einen Schwerbeschädigtenausweis. Trotz all dieser Einschränkungen ist er froh, eine „zweite Chance“ zu haben und will positiv in die Zukunft blicken. Das Gespräch hat uns alle sehr bewegt und uns gezeigt, wie wichtig es ist, sich mit dem Thema Organspende zu beschäftigen.

Nach dem Gespräch und einer kleinen Mittagspause zeigte uns Lutz Hoffman „sein Reich“. Er arbeitet mit Mitarbeitern und Studenten im Herzforschungslabor, wo hauptsächlich Tierversuche durchgeführt werden, bei denen man neue Methoden der Transplantation erforscht. Ein Student zeigte uns seinen Versuch, bei dem er aus einer seziierten Rattenlunge sowie einem Herzen die Stammzellen ausspült, um menschliche Stammzellen auf dem Gewebe anzusiedeln. So könnte man später vielleicht einmal tierische Organe für Transplantationspatienten verwenden. Weitere Versuche mit Rattenorganen wurden uns gezeigt und uns wurde klar, dass Tierversuche, trotz der unschönen Vorstellung, sehr wichtig sind um in der medizinischen Forschung Fortschritte machen zu können.

Nach diesem spannenden und einmaligen Tag fuhren wir alle mit den neuen Eindrücken und todmüde nach Adelsheim zurück. Dieser Ausflug war ein einzigartiges Erlebnis, welches keiner der Teilnehmer missen möchte.



Schlusswort

ALEXANDRA SCHANZ

Unglaublich wertvolle und lustige zwei Wochen liegen hinter uns, die trotz des vollen Programms im und neben dem Kurs, des anspruchsvollen Arbeitens und der Anspannung vor der Abschlusspräsentation viel zu schnell vorübergingen.

In unserem Kurs gewannen wir einen umfassenden Eindruck über die Komplexität unseres Blutkreislaufs, seiner Regulations-, Transport- und Abwehrfunktion. An den beeindruckenden Besuch in der Herzchirurgie der Universität in Heidelberg werden wir uns noch lange zurück-erinnern. Der ganze Kurs war fasziniert, was die Herzchirurgie heutzutage leisten kann.

Wir danken unseren Kursleiterinnen Jana und Maria und unserem Schülermentor Jonathan, die uns mit Geduld, Wissen und Begeisterung die ganze Zeit hindurch begleitet haben. Dieser Kurs machte Lust auf mehr!

Danksagung

Wir bedanken uns ganz herzlich bei Claudia und Werner Gansel, die uns Patientenmonitore der Firma Phillips zur Verfügung gestellt haben.

Ein besonderer Dank gebührt auch Herrn Lutz Hoffmann vom Universitätsklinikum Heidelberg, Klinik für Herzchirurgie, Abt. Experimentelle Chirurgie, ohne den der Kurs nicht zustande gekommen wäre. Er hat uns das gesamte Material für die Blutkreislaufmodelle, einschließlich der Pumpen geliehen.

Herrn Berthold Klein vom Universitätsklinikum Heidelberg, Klinik für Herzchirurgie, Abt. Kardiotechnik danken wir für den unvergesslichen Exkursionstag, an dem wir Herzoperationen erleben und ein Gespräch mit einem Herztransplantierten führen konnten.

Quellenangaben

- Arbeitsbuch Anatomie und Physiologie, Erica Jecklin, 12. Auflage 2004, Elsevier GmbH, München
- Der Mensch. Anatomie und Physiologie, Johann S. Schwegler, 3. Auflage 2002 Georg Thieme Verlag, Stuttgart
- Mutschler Arzneimittelwirkungen, Ernst Mutschler, Gerd Geisslinger, Heyo K. Kroemer, Peter Ruth, Monika Schäfer-Korting, 9. Auflage 2008, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart
- Erlebnis Naturwissenschaft Biologie, Imme Freundner-Huneke, Viktoria Mathias, Schroedel
- Erkrankungen der Arterien und Venen, Michael Anderson, Naumann & Göbel
- Herz(ens)-Probleme, Rüdiger Dahlke, Droemersch Verlaganstalt Th. Knaur Nachf., April 1980
- Nautilus Biologie 2, Gregor Hoffman, Rainer Nowak, Eva-Maria Schnebel-Moor, 2006, Bayerischer Schulbuchverlag GmbH, München
- Physiologie, Deetjen, P., Speckmann, E.-J., 2. Auflage, Urban und Schwarzenberg 1994
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Hämoglobin> (29. 9. 2012 11:09)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Hämostase> (8. 9. 2012 14:23)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Herzinfarkt> (25. 8. 2012 10:13)
- http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Ursachen_Herzinfarkt_etc.png (25. 8. 2012; 10:16)
- <http://www.fid-gesundheitswissen.de/innere-medicin/herzinfarkt/herzinfarkt-entstehung> 25. 8. 2012 10:13)
- <http://www.bluthochdruck.medhost.de/allgemeines.html> (8. 9. 2012, 9:58)
- http://www.onmeda.de/krankheiten/herz_kreislauf/blutdruck/blutdruck-definition-14531-2.html (8. 9. 2012 10:12)
- <http://www.onmeda.de/krankheiten/schlaganfall.html> (22. 9. 2012 10:45)
- <http://www.pflegewiki.de/wiki/Blutdruck> (8. 9. 2012 10:14)
- <http://flexikon.doccheck.com/de/Herzminutenvolumen> (10. 9. 2012 16:38)
- <http://www.pflege-kurse.de/006kursdemo01.asp?KID=18&seitennummer=4> (10. 9. 2012 17:35)

- <http://www.herz.hexal.de/erkrankungen/bluthochdruck> (16. 9. 2012 16:53)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Pulsamplitude> (16. 9. 2012 16:35)
- http://p26251.typo3server.info/fileadmin/user_upload/PDFs/3Herztag_Mueller.pdf (16. 9. 2012 16:58)
- <http://www.herz.hexal.de/grundwissen/fachbegriffe> (16. 9. 2012 17:00)
- <http://www.generika.ch/webautor-data/37/herz-kreislauf-de.pdf> (16. 9. 2012 17:02)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Hypertonie> (21. 9. 2012 16:10)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Immunsystem> (22. 9. 2012 19:34)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Antikörper> (22. 9. 2012 21:00)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/B-Lymphozyt> (25. 9. 2012 18:10)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Zentrifuge> (30. 9. 2012 15:29)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Monozyt> (17. 9. 2012 18:20)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Immunsystem> (15.09.2012, 14.14)
- <http://flexikon.doccheck.com/de/Blutplasma> (14. 9. 2012 14:43)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Mineralstoff> (14. 9. 2012 14:30)



Kurs 5 – Billard: Auf der Suche nach dem perfekten Stoß



Unser Kurs

Vorwort

DIE KURSLEITER

„Endlich Sommerferien! Ab in den Urlaub!“, denken sich so manche Schüler, die in den so lang ersehnten Sommer entlassen werden. Die Science Academy lässt sich natürlich nicht mit Sandstrand und Sonnenbaden vergleichen: Das Erlebnis, da wird man uns zustimmen, ist jedoch um einiges wertvoller. In unserem Kurs, dem Physik-Informatik-Kurs, dem „Billardkurs“, dem „coolsten Kurs“, beschritten zwölf Teilnehmer aus ganz Baden-Württemberg gemeinsam einen Weg, um das Ziel, ein Billardspiel physikalisch genau zu untersuchen und es nach diesen Regeln auf dem Computer rea-

listisch zu programmieren, zu erreichen. Dazu mussten gewisse Grundkenntnisse, aber auch Spezialwissen vermittelt und selbstständig angewendet werden. Durch diese intensive Zusammenarbeit entstanden Vertrauen und Freundschaften – nicht ohne Grund hat unser Kurs das Sportfest gewonnen. Für den Spaß hatten wir einen üppigen Süßigkeitenvorrat, einen Billardtisch, Experimente und gelegentlich lustige Bugs in unserem Programm. Auch wir Leiter werden diese zwei Wochen immer in guter Erinnerung behalten.

Unser Kurs

MYRIAM HOLL, VERENA
WINTERHALTER

David: Unser „Superbrain“ hat sich vom Eröffnungswochenende bis zur Akademie selbst übertroffen und ließ uns alle staunen, wenn er mal wieder zeigte, wie schnell er Gelerntes umsetzen konnte. Seine Programme waren zwar von einer nicht für alle offensichtlichen Ordnung durchzogen, doch solange er den Überblick behielt, sollte uns das egal sein. In seiner Freizeit traf man David häufig beim Programmieren mit Zettel und Stift an.

Frank: Bekannt als „Franky-Boy“, fand er es lustig, Namensschilder zu tauschen und dadurch den einen oder anderen zu verärgern. Er verbreitete immer gute Laune im Kurs und hatte die Angewohnheit, jeden zum Lachen zu bringen und mit sich selbst zufrieden zu sein. Er hat übermäßig viel daran gesetzt, unseren Billardtisch mit Diamanten zu verschönern, was uns eine bis dahin unbekannte Seite von Franks vielseitigem Charakter gezeigt hat. Sein Sieg zusammen mit Lukas beim kursinternen Billardtturnier gehörte zu einem der Akademiehöhepunkte.

Laura: Unsere einzigartige Meisterin im Stellen gemeiner Fragen hat Alex an den Rand der Verzweiflung getrieben, wenn sie etwas ganz genau wissen wollte. Da musste Alex wohl oder übel eine Nacht lang grübeln, bevor er Laura die Antwort präsentieren konnte. Klasse Leistung, Laura! Im Allgemeinen war Laura eine Bereicherung für jede Gruppenarbeit, da sie sich mit viel Freude, Können und Hilfsbereitschaft an jedes noch so große Problem gewagt hat.

Ludwig: Durch das Forum als „König Ludwig“ bekannt, offenbarte er während der Akademiezeit einige unerwartete Aspekte seiner selbst, darunter das Ohrenwackeln oder die gekonnte Moderation durch den Hausmusik-Abend. Als Spaßvogel war er ein weiterer Kandidat, der an den Nerven unserer Kursleiter zog und zerrte. Wir freuten uns aber immer über Ludwigs auflockernde Kommentare, die man von ihm auf

Grund seines ruhigen Wesens so nicht erwartet hätte.

Lukas: „Mr Photoshop“ ist ein wahres Physik-Ass und verstand jede Herleitung, die Alex uns auftrichtete, sofort und stellte Fragen dazu, bevor andere überhaupt die Sachlage überblickt hatten. Auch außerhalb der Kurszeit arbeitete er fleißig an unserem Spiel. Sein Sieg zusammen mit Frank beim Billardtturnier hat ihm auch lokale Publicity eingebracht, sowie eine Prinzenrolle.



Unser Kurs-T-Shirt und unser Kurspullover

Myriam: „Mimi“ war immer gut drauf und hatte ein Talent zum Präsentieren. Egal ob Programme funktionierten oder nicht, Mimi achtete stets bei sich und anderen darauf, dass alles ordentlich und übersichtlich war. Ihre gute Laune war fast schon gefährlich ansteckend und ihr Modebewusstsein hat im Laufe der Akademie auf andere Kursteilnehmer abgefärbt. Durch ein dringendes Bedürfnis vor der Abschlusspräsentation wurde Adelsheim Down-Town durch Mimi für „ungenügend ausgerüstet“ befunden, denn nirgends waren Lockenwickler aufzufinden. Ihre legendäre Lockenpracht saß dann am entscheidenden Termin aber wie immer perfekt.

Sebastian: „Sebby“ hat beim Moderieren des Bergfests mit seinem Charme alle in seinen Bann gezogen, ebenso beim Halten der Abschlusspräsentation. Sportbegeistert wie er ist, war Sebby bei jeder Tanz-KüA mit von der Partie und beim Joggen musste man nie auf ihn warten. Trotz morgendlichen Frühaufstehens war er immer gut gelaunt und für jeden Spaß zu haben. Die Tatsachen,

dass er gut erklären kann und jederzeit hilfsbereit ist, machten ihn zu einem wertvollen Kursmitglied. Seinem einmaligen Lächeln konnte sich keiner entziehen, sodass er ein Garant für gute Laune war.



Unser Kursmaskottchen Sigmund

Sigmund: Das wichtigste Kursmitglied hat uns bei den Vorträgen moralisch unterstützt wie kein anderer. Ohne ihn wäre unser Ausflug ins Interdisziplinäre Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen bestimmt nur halb so spannend gewesen und bei der Wanderung half er uns zuverlässig, den richtigen Weg zu finden. Seinen Aufgaben als Kursmaskottchen mit eigenem Facebook-Account ist Sigmund zu vollster Zufriedenheit nachgekommen und wir werden ihn alle sehr vermissen.

Tatjana Als Ruhepol unseres Kurses hatte sie gute Ideen und ihre einzigartige Fähigkeit, über alles und jeden bis zum Umfallen diskutieren zu können, hat beim Mittagessen durchaus zu langen Gesprächen geführt. Ihre unkomplizierte und hilfsbereite Art machte sie zu einem Menschen, mit dem man gerne mehr Zeit verbrachte. Tatjana

ist eine interessante Person und war eine große Bereicherung für unseren Kurs.

Theresa oder „Verena“: Sie war wie besessen auf der Suche nach passenden Texturen für unser Spiel. Und natürlich wurde sie hier fündig, ebenso bei der Suche nach Lösungen zu Alex Kopfnüssen des Tages. Kein einziges Rätsel war vor Therasas hellem Köpfchen sicher. Sie hat im Kurs immer alles schnell verstanden und konnte ihr Wissen auch gut mit anderen teilen. Außerdem hat Theresa das Design und die Bestellung der Kurs-T-Shirts wunderbar organisiert.

Tim: Er ist sehr musikalisch und wurde deshalb auch „The Soundmachine“ genannt. Sein musikalisches Können stellte er mehrmals zusammen mit der Akademie-Band „Diversion“ zur Schau. Er hatte immer gute Ideen, was wir in unser Programm einbauen könnten und setzte diese selbstständig um. Dank seiner PowerPoint-Kenntnisse erstellte er alle Grafiken für unsere Dokumentation.

Verena oder „Theresa“: Sie war unsere Designerin schlechthin. Egal ob es um ihre Fingernägel oder um die Schatten unserer Kugeln ging, sie erledigte es im Handumdrehen und war hauptverantwortlich für das tolle Aussehen unseres Programms. Mit ihr hat man gerne seine Freizeit verbracht, und man konnte mit ihr gut diskutieren. Bei der Abschlusspräsentation wollten wir sie als unseren „Kurszwerg“ auf ein Podest stellen, aber durch ihre Absatzschuhe und ihr selbstbewusstes Auftreten haben wir davon dann doch abgesehen.

Wendy: Sie war unser kleiner Sonnenschein, der sowohl in der Zeitungs-KüA als auch im Kurs immer für gute Laune sorgte. Sie schaffte es, unser Spiel perfekt zu präsentieren, vor allem ihre Einführungen waren legendär. Sie hat einen ausgeprägten Sinn für Sarkasmus, der uns immer wieder zum Lachen brachte. Wendy hatte immer viel Spaß und Teamfähigkeit beim Arbeiten in Gruppen gezeigt und konnte sehr gut auf Ideen und Vorschläge anderer eingehen.

Unsere Kursleiter



Alex: Der coolste Kursleiter war als begeisterter Snooker-Schauer bei uns im Kurs goldrichtig. Leider sind noch bessere Billardspieler als er im Kurs gelandet, also musste er sich mit Daniel gegen Frank und Lukas im Billardturnier geschlagen geben. Als Rhetorikbeauftragter hat er uns und der ganzen Akademie einiges über Präsentationen und doofe Biber erzählt. So spannend wie Alex kann keiner moderne Physik erklären, und auch mit den Kopfnüssen des Tages hat er uns auf Trab gehalten.

Daniel: Als ebenfalls cooler Kursleiter und „alter Hase“ der Akademie hat er uns sehr gut alles Erdenkliche an Programmierkenntnissen beigebracht. Er war sehr überrascht, was wir in zwei Wochen alles in unser Spiel eingebaut hatten. Daniels Tanzkünste haben sich auch bis zu uns in den Kurs durchgesprochen, er soll ein hervorragender Standard und Latein-Tänzer sein. In der kursfreien Zeit traf man Daniel beim Marathontraining an oder man erwischte ihn dabei, wie er schamlos fragte, wie breit so ein Spielfeld eigentlich sei.

Irina: Liebevoll „Mama“ genannt, sorgte sie immer für ein sehr gutes Kursklima. Ihr entging kein vergessenes Semikolon; und beim Sportfest hat sie einen großen Teil dazu beigetragen, dass der Physik-Kurs auch dieses Jahr erfolgreich den Titel geholt hat. Sie war immer für uns da, hatte ein offenes Ohr für alle und wir haben viel mit ihr gelacht, vor allem wenn sie in Erinnerungen an ihre eigene Akademiezeit schwelgte. Besonders die Tatsache, dass Irina immer an

unsere zuckersüße Versorgung gedacht hat, machte sie unverzichtbar für die zweiwöchige Akademie.

Unser Spiel

WENDY YI

Wer einige Tage vor dem Ende der Sommerakademie in den Raum unseres Kurses kam, hörte oft ein für Außenstehende unverständliches Jubeln und Kommentare wie: „Juhu, endlich eingelocht!“ oder auch „Gewonnen!“. Uns hatte nämlich eine merkwürdige Sucht befallen: Das Billardspielen am Computer. Wir versuchten alle verzweifelt, die Kugeln in die Löcher zu stoßen, was nicht immer so einfach war. Denn nach zwei anstrengenden, aber auch lustigen und lehrreichen Wochen voller Physik, Mathematik und Informatik, hatten wir endlich unser Ziel erreicht: Ein physikalisch realistisches und objektorientiert programmiertes Billardspiel, das sich sehen lassen kann.

Die endgültige Version unseres Billardspiels besteht nun aus insgesamt 16 Kugeln (mit 3D-Effekt!) – 15 farbigen und einer weißen. Da man acht Kugeln lochen muss, um zu gewinnen, nennt man diese Art von Billard „8-Ball-Spiel“. Dabei gibt es sieben volle, also komplett farbige Kugeln und ebenfalls sieben halbe Kugeln sowie die schwarze Acht. Alle Kugeln haben jeweils eine andere Farbe, eine andere Zahl und haben am Anfang des Spiels eine feste Position, genauso wie bei einem richtigen Billardspiel:



Natürlich können die Kugeln sich auch bewegen. Damit haben wir uns eine ganze Weile beschäftigt: Sie bewegen sich nicht nur von einem Punkt zum anderen, nein, sie rollen auch noch – und das sehr realistisch. Damit die Kugeln

aber nicht ewig weiterrollen und unser schöner Reibungsversuch nicht umsonst war, werden die Kugeln wirklichkeitsgetreu langsamer.

Zu Beginn hatten wir gelegentlich mit der Kollision Probleme, da die Kugeln manchmal durch einander hindurch rollten. Am Ende aber funktionierte alles so wie bei einem echten Billardspiel: Das Programm erkennt jede Kollision zuverlässig und die Kugeln prallen von der Bande ab, und zwar nach dem Gesetz „Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel“, und auch die Kollisionen der Kugeln untereinander sehen aus wie auf einem echten Billardtisch.

Bei einem Billardspiel geht es ja hauptsächlich um das Einlochen der Kugeln und das macht bei unserem Spiel besonders Spaß: Denn die Kugeln verschwinden nicht einfach langweilig in den Löchern, sondern werden, wenn man genau hinschaut, erst langsam kleiner, bis sie endgültig verschwinden. Das erweckt den Eindruck, als würden sie wirklich hinein fallen. Und als Sahnehäubchen oben drauf werden die eingelochten Kugeln oben am Rand angezeigt, damit man nie vergisst, wer gerade am Gewinnen ist. Natürlich soll die weiße Kugel nicht verschwinden, wenn sie eingelocht wird, da man ansonsten nicht mehr weiterspielen kann. Deshalb kann man diese nach dem Einlochen wieder auf den Tisch setzen – wie bei einem richtigen Billardspiel. Dabei kann man die Kugel auf einer gedachten Linie mit der Maus nach oben oder unten verschieben, wobei es nicht möglich ist, sie auf eine andere Kugel zu setzen.

So weit, so gut. Allerdings brauchen wir auch noch etwas zum Anstoßen, da die Kugeln ja nicht von alleine anfangen zu rollen. Die Lösung: der Queue! Auf unseren Queue sind wir alle besonders stolz. Bei den Präsentationen hatten wir den echten Queue immer zum Vergleich daneben gehalten, denn es herrscht eine verblüffende Ähnlichkeit – obwohl unser Queue natürlich noch viel besser aussieht als der echte.

Der Queue erscheint nur, wenn alle Kugeln ruhen und mit ihm kann man natürlich nur die weiße Kugel anstoßen. Die Steuerung des Queues ist ziemlich einfach: Man kann den Queue mit der Maus steuern, indem man die Richtung mit der Maus vorgibt. Je weiter die



weiße Kugel von dem Mauszeiger entfernt ist, desto stärker stößt der Queue.

Auch der Billardtisch ist einem echten nachempfunden. Der Hintergrund stammt zum Beispiel von einem abfotografierten Billardtuch und auch die Maße des Tisches und die Positionen der Löcher sind wie bei einem echten Tisch. Manch einer hält die Diamanten am Rand des Tisches vielleicht nur für ein oberflächliches Detail, allerdings hat es einige Jungs unseres Kurses eine ganze Weile gekostet, bis sie die „perfekten“ Diamanten – Therasas Ohrringe – gefunden, abfotografiert und entsprechend bearbeitet hatten. Und wenn man einfach nicht genug von dem Spiel kriegen kann, weil es einfach das coolste Billardspiel vom absolut coolsten Kurs ist, und man es immer und immer wieder spielen möchte, so drückt man einfach die Taste „n“ für „Neustart“ – immer und immer wieder.

Man kann sich bestimmt denken, dass hinter unserem Spiel ein langer Weg voller Programmierarbeit, physikalischer Formeln und natürlich auch Spaß steckt. Diesen Weg haben wir auf den folgenden Seiten dokumentiert.

Der Weg zu unserem ersten Programm

LAURA MERKER

Eröffnungswochenende

Um uns gut auf die zwei Wochen im Sommer vorzubereiten, trafen wir uns zehn Wochen vor der Akademie schon einmal zum Eröffnungswochenende. Hier lernten wir nicht nur die anderen Teilnehmer und Kursleiter kennen, sondern

auch die Programmiersprache C++, mit der wir bald ebenso gut zurechtkamen wie mit den anderen Teilnehmern und unseren Kursleitern.

Da einige von uns noch nie zuvor programmiert hatten, stellten wir uns zuerst die Frage: Was ist Programmieren überhaupt? Natürlich wollen wir dem Computer Befehle geben, aber er muss sie ja auch verstehen. Das kann er nicht sofort, sondern er muss sich den Quelltext, in dem unsere Befehle stehen, zuerst vom Compiler übersetzen lassen. Der Compiler – ein spezielles Programm – ist also dafür da, unser Programm in Maschinensprache, die nur aus Nullen und Einsen besteht, zu übersetzen. Als wir das soweit geklärt hatten, wollten wir natürlich sofort loslegen. Doch bevor wir uns an das Billardspiel wagen konnten, mussten wir erst einmal ein paar Grundkenntnisse erlernen.

Eines unserer ersten Programme ließen wir beispielsweise so lange mit einem herkömmlichen Würfel würfeln, bis es eine Sechs würfelte. Das hört sich zwar einfach an, aber wir lernten viel Neues, das wir später für unser Billardspiel gebrauchen konnten. Zum Beispiel lernten wir Variablen kennen, mit denen wir Zahlen, Buchstaben oder andere Werte speichern konnten. Wichtig war aber auch die Ein- und Ausgabe, d. h. der Computer konnte uns Ergebnisse einer Rechnung mitteilen oder wir konnten ihm Daten übergeben. Außerdem lernten wir, wie wir Befehle beliebig oft mit Hilfe einer Schleife ausführen oder eine Bedingung stellen können. Zum Ende des Eröffnungswochenendes waren wir dann schon so weit, dass wir einen Billardtisch und Kugeln, die wir vorerst mit einfachen Kreisen darstellten, zeichnen konnten. Dazu hatten wir uns gemeinsam überlegt, wie die Kugeln gegen die Bande stoßen, und vor allem, wie wir dies im Programm umsetzen, sodass sich die Kugeln auf dem Tisch bewegen konnten.

Vorkurs

Um das Erlernte bis zum Sommer zu vertiefen, gab es bis zu den Ferien drei Übungszettel. Unsere erste Aufgabe war es, ein Programm zu schreiben, welches das Alter in Tagen berechnet. Dazu soll der Benutzer sein Geburtsdatum

eingeben, das aktuelle Datum kann das Programm selbst ermitteln.

```
Das heutige Datum ist:
1.10.2012

Bitte gib dein Geburtsdatum in der Form TT.MM.JJJJ ein:
21.10.1991

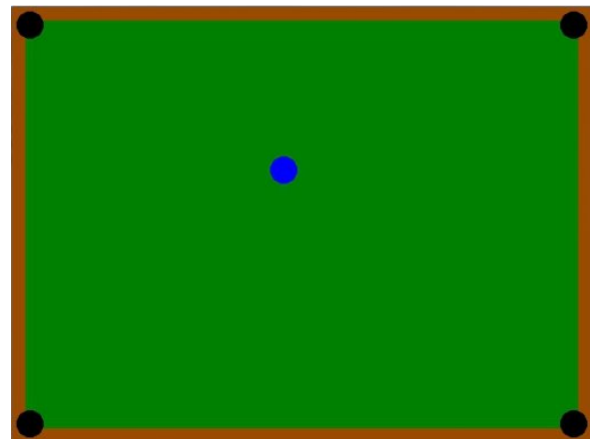
Du hast am 21.10.1991 Geburtstag!

Du bist 7651 Tage alt.

Drücken Sie eine beliebige Taste . . .
```

Unser Programm berechnet Sigmunds Alter

Außerdem schrieben wir ein Programm, das uns sagt, ob eine Zahl eine Primzahl ist oder nicht und beschäftigten uns mit Texten, Farben und Formen, wie zum Beispiel einer Spirale, um sie in einem Fenster anzeigen zu lassen. Den Abschluss unserer Übungen bildete ein Billardtisch, bei dem die Kugeln in Löcher fallen konnten.



Eine sehr frühe Version unseres Billardspiels

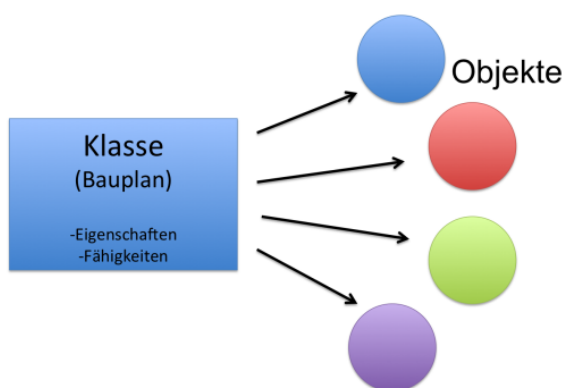
Natürlich ging es bei den Aufgaben nicht nur um Spiralen und Primzahlen, sondern darum, dass wir unsere Programmierkenntnisse erweiterten. So lernten wir zum Beispiel Funktionen kennen, mit deren Hilfe man den Quelltext übersichtlich strukturieren kann. Der Vorteil von Funktionen ist, dass wir sie nicht nur einmal, sondern beliebig oft aufrufen können, ohne alles nochmal abtippen zu müssen. Damit waren wir unserem Ziel, einem eigenen Billardspiel, schon einen großen Schritt näher gekommen und hatten den Grundstein für unsere erfolgreiche Arbeit im Sommer gelegt.

Objektorientierte Programmierung

FRANK WOLFF

Später in unserem Billardspiel wollen wir mehr als eine Kugel erzeugen. Diese sollen aber nicht im Hauptprogramm einzeln programmiert werden, da das sehr aufwändig und unübersichtlich wäre. Alle Kugeln besitzen Eigenschaften wie Koordinaten, Geschwindigkeit oder Farbe, aber auch die Kollisionen mit der Bande und die Bewegung sind bei allen Kugeln gleich. Wir greifen daher auf die Möglichkeiten, die uns die objektorientierte Programmierung bietet, zurück. Im Grunde hilft sie uns, genau diese gleichen Eigenschaften zusammenzufassen und sie aus unserem Hauptprogramm auszulagern, wodurch dieses viel besser lesbar und der Programmcode insgesamt kürzer wird. So können wir später mit einer einzigen Codezeile im Hauptprogramm ein ganzes Paket an Funktionen aufrufen.

Doch wie genau funktioniert das objektorientierte Programmieren? Nachdem man sich klar gemacht hat, was genau unser Objekt zum Auslagern ist und welche Variablen (Eigenschaften des Objekts) und Funktionen (Fähigkeiten des Objekts) es enthalten soll, werden diese Dinge in einer Art Bauplan als separate, sogenannte Header-Datei festgehalten und alle Variablen und Funktionen erst einmal definiert.



Neben dem Anlegen des Bauplans müssen die Funktionen natürlich programmiert werden, was in einer weiteren, separaten Programmdatei geschieht. Das eigentliche Bauen, also das Erzeugen einzelner Objekte, geschieht dann im Hauptprogramm. Dort werden auch alle nöti-

gen Variablen der Objekte initialisiert und ihre Funktionen aufgerufen. Schauen wir uns das am Beispiel einer Kugel aus einer vereinfachten Billard-Version an. Zunächst unser Bauplan:

```
class Kugel {
    // Eigenschaften einer Kugel:
    private:

        float radius;

        // Koordinaten:
        float x;
        float y;

        // Geschwindigkeit:
        float vx;
        float vy;

    // Funktionen einer Kugel:
    public:

        void bewegen(double t);
        void kollision(Spielfeld& s);
        void zeichnen();

};
```

Die Variablen sollen nur von der Kugel selbst geändert werden können und sind daher als privat (**private**) deklariert. Danach folgen die Funktionen, bei denen auch Objekte aus anderen Klassen, wie das Spielfeld, verwendet werden. Sie sind als öffentlich (**public**) deklariert, damit sie vom Hauptprogramm aufgerufen werden können. Exemplarisch sind hier zwei Funktionen aufgeführt, die – wie oben beschrieben – in einer separaten Datei implementiert werden:

```
void Kugel::bewegen(double t) {

    // Aenderung der x-Koordinate
    // der Kugel um vx * t:
    x += vx * t;

    // Aenderung der y-Koordinate
    // der Kugel um vy * t:
    y += vy * t;
}
```



```

void Kugel::zeichnen() {

// Farbe auf weiss setzen:
    glColor3f(1.0, 1.0, 1.0);

// Kugel zeichnen:
    graphicsBall(x, y, radius);

}

```

Jetzt müssen diese Funktionen nur an der richtigen Stelle des Hauptprogramms aufgerufen werden, exemplarisch zu sehen an der Zeichnungsfunktion:

```

void display() {

// 15 Kugeln zeichnen:
    for(int i = 0; i <= 14; i++)
        kugel[i].zeichnen();

}

```

Hier kann man ganz deutlich sehen, wie einfach wir nun im Hauptprogramm mit wenigen Zeilen Programmcode 15 Kugeln zeichnen können! So haben wir auch gleich noch den Nutzen unserer erfolgreich durchgeführten objektorientierten Programmierung anschaulich dargestellt und den ganzen Spuk um dieses Thema aufgelöst.



Billard und der Satz des Pythagoras

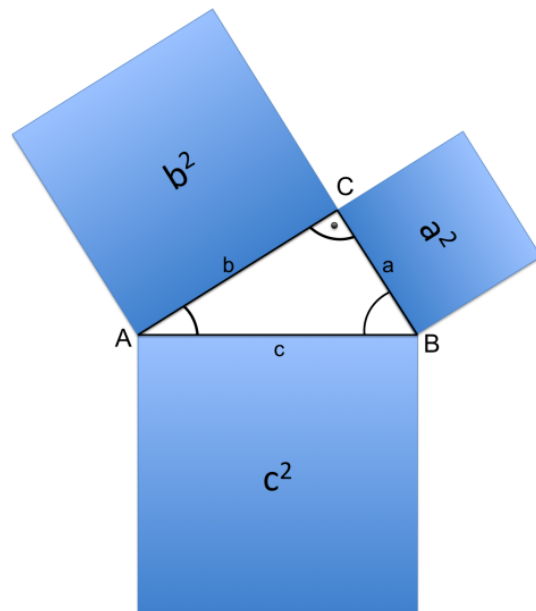
THERESA HÄBERLE

Vom „Satz des Pythagoras“ hat fast jeder schon mal gehört, und auch, dass er

$$a^2 + b^2 = c^2$$

lautet. Aber was bedeutet das eigentlich? Und wozu braucht ihn ein Kurs, der sich mit Billard beschäftigt?

Wenn man bei einem rechtwinkligen Dreieck an jede Seite ein entsprechendes Quadrat anlegt, so ist der Flächeninhalt des Quadrats an der langen Seite (Hypotenuse) gleich der Summe der Flächeninhalte der Quadrate an den kurzen Seiten (Katheten). Dadurch kann man, wenn zwei Seitenlängen bekannt sind, die dritte ausrechnen.

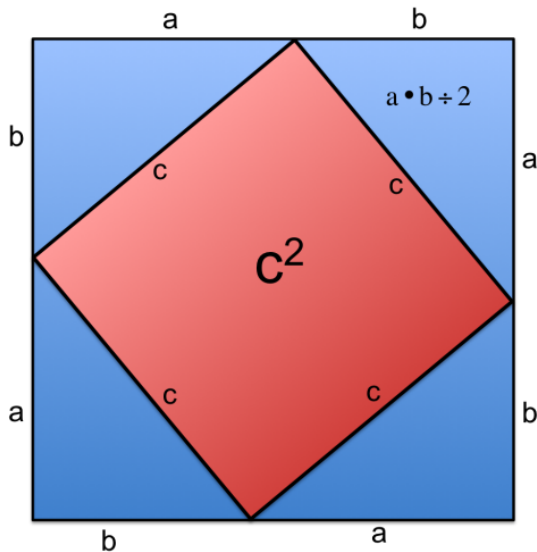


Der Satz des Pythagoras

Beweis

An jeder Seite eines Quadrats wird die Strecke a abgetragen. So ergeben sich vier Punkte, die man zu einem Quadrat der Seitenlänge c verbinden lassen kann. Sein Flächeninhalt beträgt c^2 . Außerdem entstehen vier rechtwinklige Dreiecke, deren Flächeninhalt jeweils $\frac{a \cdot b}{2}$ beträgt.

Der Flächeninhalt des großen Quadrats beträgt $(a + b)^2$ und ist gleich der Summe der Flächeninhalte des kleinen Quadrats und der vier Dreiecke:



Veranschaulichung des Beweises

$$(a+b)^2 = c^2 + 4 \cdot \frac{a \cdot b}{2}$$

Wir multiplizieren die Klammer aus:

$$a^2 + 2ab + b^2 = c^2 + 2ab$$

Jetzt ziehen wir auf beiden Seiten $2ab$ ab:

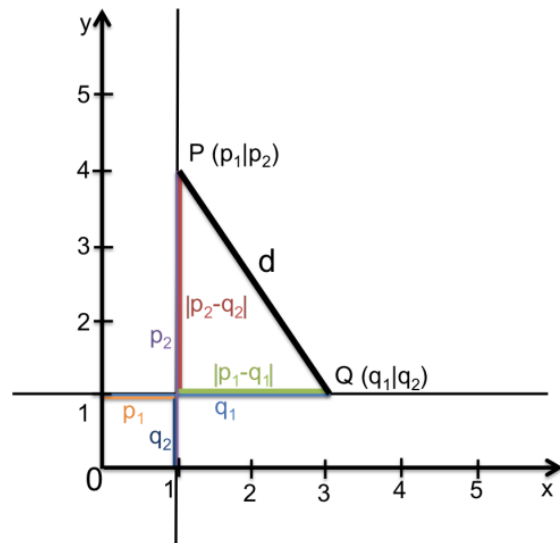
$$a^2 + b^2 = c^2 \quad \square$$

Anwendung in unserem Programm: Abstand zwischen zwei Punkten

Da unser Billardtisch in einem Koordinatensystem liegt, wird die Position der Kugeln durch deren Mittelpunkte festgelegt. Wenn der Abstand zwischen zwei Mittelpunkten kleiner oder gleich der Summe beider Radien ist, erkennt der Computer die Kollision und löst die entsprechende Kollisionsbehandlung aus. Aber wie können wir den Abstand berechnen?

In einem Koordinatensystem liegen zwei Punkte P und Q , deren Koordinaten $(p_1 | p_2)$ und $(q_1 | q_2)$ bekannt sind. Wir wollen deren Abstand d errechnen:

Dazu zeichnen wir zwei Geraden ein, die parallel zur x- bzw. y-Achse sind und durch P bzw. Q verlaufen. Sie treffen rechtwinklig aufeinander. Der Abstand von der x-Achse zu den Punkten entspricht der jeweiligen x-Koordinate (p_1 bzw. q_1). Der Abstand von der y-Achse zu den



Der Abstand zweier Punkte kann mit dem Satz des Pythagoras berechnet werden

Punkten entspricht der jeweiligen y-Koordinate (p_2 bzw. q_2). Es gilt:

- der Abstand von p_1 zu q_1 ist $|p_1 - q_1|$.
- der Abstand von p_2 zu q_2 ist $|p_2 - q_2|$.

Mit dem Satz des Pythagoras können wir jetzt den Abstand d berechnen. Es gilt

$$d^2 = (p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2$$

und damit

$$d = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2}.$$



Hinweis: Es ist egal, ob man p_1 von q_1 oder andersherum abzieht, weil beim Quadrieren der Differenz das Vorzeichen ohnehin wegfällt.

Nach jeder Kugelbewegung wird für alle Kugeln der Abstand zueinander und zur Bande neu berechnet. Auf diese Weise können auftretende Kollisionen erkannt werden.

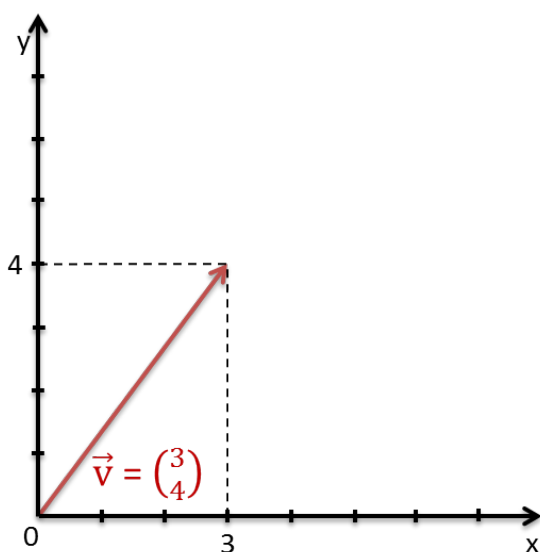
Vektorgeometrie

TIM KOPKA

Wofür brauchen wir Vektoren?

In der Physik gibt es zwei unterschiedliche Arten von Größen, die sich fundamental unterscheiden. Viele Größen (wie z. B. Kraft oder Geschwindigkeit) haben eine Richtung, andere hingegen (z. B. Masse oder Volumen) besitzen keine Richtung. Größen mit Richtungen werden vektorielle Größen genannt und mit Hilfe von Vektoren angegeben, die durch mehrere Koordinaten beschrieben werden. Größen ohne Richtungen bezeichnen wir als Skalare – dargestellt durch einfache Zahlen. In unserem Spiel haben wir Vektoren für die Berechnung von Kugelkollisionen in zwei Dimensionen benötigt, damit diese ohnehin schon komplexe Rechnung zumindest einigermaßen überschaubar blieb.

Was sind Vektoren?



Definition eines Vektors

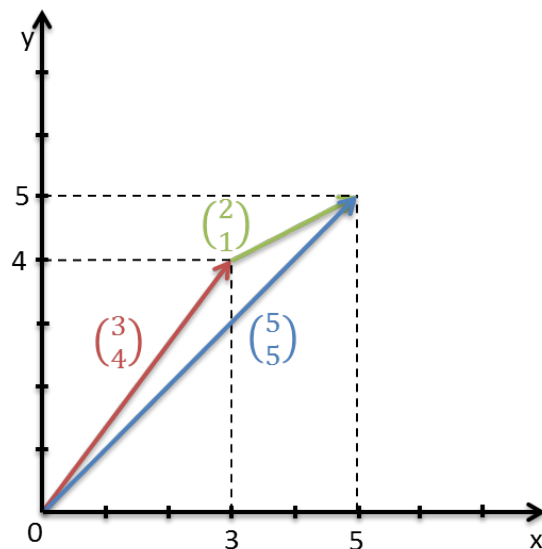
Wie bereits erwähnt, haben Vektoren eine Richtung, definiert durch mehrere Werte in unterschiedlichen Dimensionen ($x, y, z, \dots$) – im Gegensatz zu Skalaren, die nur aus einem Wert bestehen. In unseren Rechnungen kennzeichnen wir Vektoren immer mit einem Pfeil. Man schreibt die Koordinaten eines Vektors senkrecht übereinander, im Gegensatz zur Koordinatenschreibweise von Punkten. Die Länge eines Vektors, auch Betrag genannt, errechnet man durch den Satz des Pythagoras. Der Vektor

$$\vec{v} = \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \end{pmatrix}$$

zeigt beispielsweise 3 Einheiten in x-Richtung und 4 Einheiten in y-Richtung. Sein Betrag ist

$$|\vec{v}| = \sqrt{3^2 + 4^2} = 5.$$

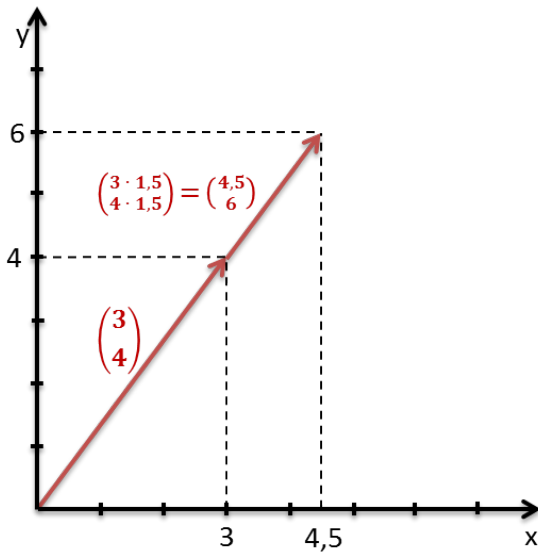
Wie kann man mit Vektoren rechnen?



Addition von Vektoren

Vektoren können wie Skalare miteinander addiert und subtrahiert werden, indem man die einzelnen Komponenten jeweils addiert bzw. subtrahiert. Jedoch kann man keine Vektoren mit Skalaren addieren oder subtrahieren. Ein Beispiel:

$$\begin{pmatrix} 3 \\ 4 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 5 \\ 5 \end{pmatrix}$$



Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar

Vektoren können mit Skalaren multipliziert werden, indem man jede Komponente des Vektors mit dem Skalar multipliziert. Zur Division multipliziert man jede Komponente mit dem Kehrwert des Divisors. Dadurch werden die Vektoren gestreckt oder gestaucht. Multipliziert man einen Vektor beispielsweise mit dem Skalar 1,5, dann ist der resultierende Vektor eineinhalbmal so lang, zeigt aber noch in dieselbe Richtung wie der ursprüngliche Vektor. Ein Beispiel:

$$1,5 \cdot \begin{pmatrix} 3 \\ 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,5 \cdot 3 \\ 1,5 \cdot 4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4,5 \\ 6 \end{pmatrix}$$

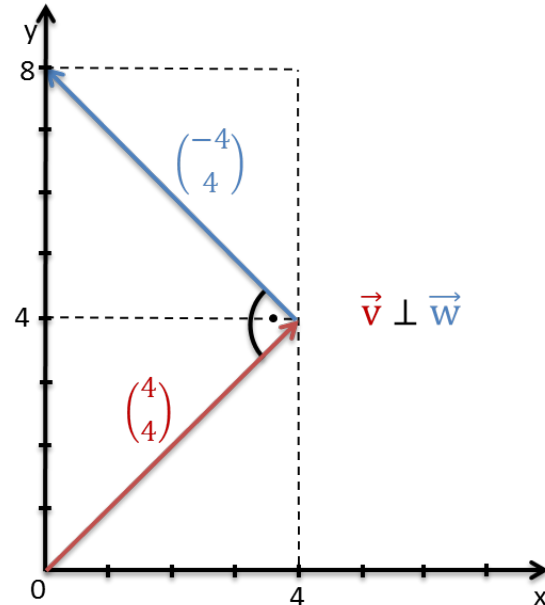
Wenn wir jetzt Vektoren miteinander multiplizieren wollen – was wir in der späteren Rechnung brauchen – definieren wir uns das Skalarprodukt. Hierbei werden die Werte jeweils einer Dimension miteinander multipliziert und am Ende alle Ergebnisse addiert:

$$\vec{v} \circ \vec{w} = \begin{pmatrix} v_x \\ v_y \end{pmatrix} \circ \begin{pmatrix} w_x \\ w_y \end{pmatrix} = v_x \cdot w_x + v_y \cdot w_y$$

Das Skalarprodukt wird durch einen „Kringel“ $\circ$ gekennzeichnet. Der Name Skalarprodukt kommt daher, dass das Ergebnis dieser Multiplikation ein Skalar ist. Ein Beispiel:

$$\begin{pmatrix} 4 \\ 4 \end{pmatrix} \circ \begin{pmatrix} -4 \\ 4 \end{pmatrix} = 4 \cdot (-4) + 4 \cdot 4 = -16 + 16 = 0$$

Hier sind wir gleich bei einem interessanten Spezialfall: Das Ergebnis des Skalarprodukts ist genau dann null, wenn die beiden Vektoren senkrecht aufeinander stehen.



Skalarprodukt zweier Vektoren

Den Winkel α zwischen den Vektoren $\vec{v}$ und $\vec{w}$ kann man ebenfalls mit Hilfe des Skalarprodukts errechnen. Die Formel hierfür lautet:

$$\cos \alpha = \frac{\vec{v} \circ \vec{w}}{|\vec{v}| \cdot |\vec{w}|}$$

Ein letztes Beispiel:

$$\cos \alpha = \frac{\begin{pmatrix} 3 \\ 4 \end{pmatrix} \circ \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix}}{5 \cdot 5} = \frac{3 \cdot 4 + 4 \cdot 3}{25} = \frac{24}{25} \\ \Rightarrow \alpha \approx 16,3^\circ$$

Mit Hilfe dieser Formel können wir nun berechnen, in welchem Winkel zwei kollidierende Billardkugeln aufeinandertreffen.

Physikalische Grundlagen

VERENA WINTERHALTER

Kinematik

Den Einstieg in die Physik, den wir für unser Billardprogramm brauchten, war die Kinematik – die Lehre der Bewegungen. Zunächst haben wir uns mit drei Formen der Bewegung beschäftigt, die so auch im Billard vorkommen: Mit dem Stillstand nur kurz, danach kam die gleichförmige Bewegung, also eine Bewegung mit gleichbleibender Geschwindigkeit. Bei allen Formen der Bewegung lässt sich die Durchschnittsgeschwindigkeit $\bar{v}$ aus der zurückgelegten Strecke Δs und der vergangenen Zeit Δt berechnen:

$$\bar{v} = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

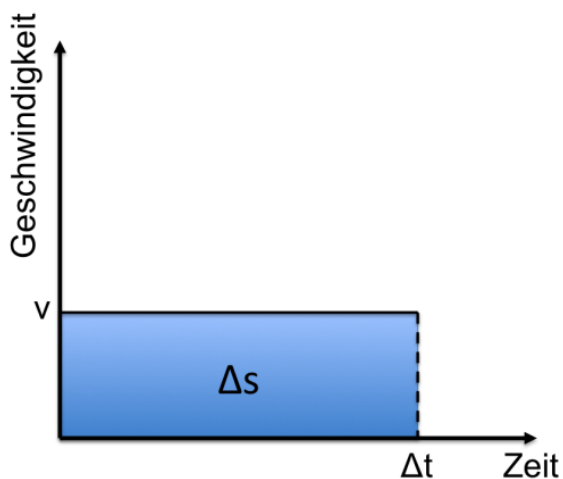
Bei einer gleichförmigen Bewegung ist die Geschwindigkeit v konstant und es gilt:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Wenn man eine gleichförmige Bewegung in ein Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm einzeichnet, stellt man fest, dass die zurückgelegte Strecke genau der Fläche unter dem Graphen entspricht.

Für den Flächeninhalt gilt:

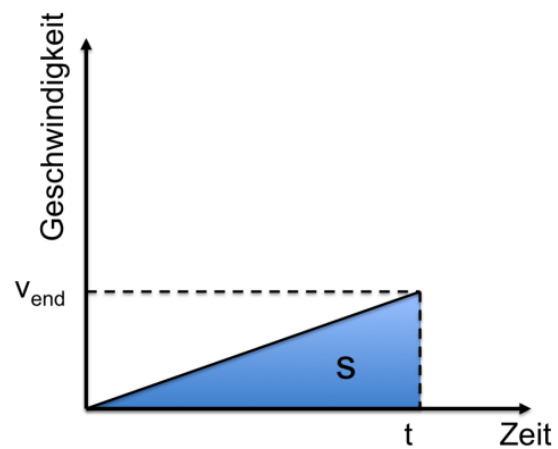
$$\Delta s = v \cdot \Delta t$$



Die dritte Bewegungsform, die wir uns angeschaut haben, war die gleichmäßig beschleunigte Bewegung. Sie wird durch die Beschleunigung a beschrieben. Eine Beschleunigung ist eine Geschwindigkeitsänderung pro Zeit. Dabei gilt:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (1)$$

Die bei einer beschleunigten Bewegung zurückgelegte Strecke Δs entspricht ebenfalls der Fläche unter dem Graphen im Geschwindigkeits-Zeit-Diagramm.



Da diese ein Dreieck beschreibt, lässt sich der Flächeninhalt folgendermaßen berechnen:

$$s = \frac{1}{2} v_{\text{end}} \cdot t.$$

Für die Endgeschwindigkeit v_{end} gilt:

$$v_{\text{end}} = a \cdot t$$

Man kann folgern:

$$s = \frac{1}{2} a t^2$$

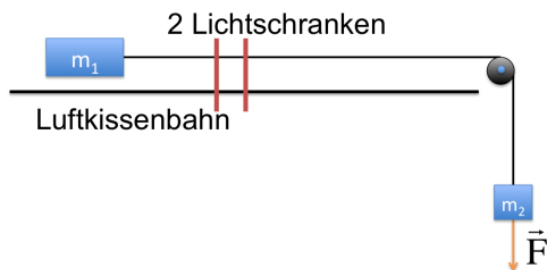
Wenn a größer wird, gewinnt das Objekt schneller an Geschwindigkeit. Ein negatives a beschreibt eine abgebremste Bewegung. Die Beschleunigung a hat die Einheit $\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Dynamik

Da zwei Kugeln, die aufeinander prallen, ihre Bewegungsrichtungen und ihre Geschwindigkeiten ändern, haben wir uns auch mit der Dynamik beschäftigt – der Lehre der Wirkung von

Kräften. Bewegungsänderungen von Körpern werden nämlich durch Kräfte verursacht.

Eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung im Alltag ist der freie Fall. Hier wirkt die Schwerkraft. Zum freien Fall haben wir einen Versuch mit einer Luftkissenbahn aufgebaut: Auf einer Bahn liegt ein Wagen, den man mit Gewichten beschweren kann. Aus der Bahn strömt Luft aus, sodass der Wagen schwebt und somit fast keine Reibung zwischen der Bahn und dem Wagen wirkt. An dem Wagen ist durch eine Schnur und eine Umlenkrolle am Ende der Bahn ein Gewicht befestigt, das durch Loslassen des Wagens frei fällt und gleichzeitig den Wagen mit sich zieht. Mit Hilfe zweier Lichtschranken haben wir die Zeit für das Zurücklegen einer bestimmten Wegstrecke gemessen.



Damit konnten wir die Durchschnittsgeschwindigkeit des Wagens zwischen den Lichtschranken bestimmen. Da wir auch die Zeit gemessen haben, die der Wagen gebraucht hat, um die Lichtschranken zu erreichen, konnten wir mit Hilfe von Gleichung (1) die Beschleunigung des Wagens ermitteln. Durch diese Messungen haben wir bestimmt, dass die beschleunigende Kraft F proportional zur Beschleunigung a ist. Außerdem haben wir festgestellt, dass a umgekehrt proportional zur Gesamtmasse m ist. Demnach ist a proportional zu $\frac{F}{m}$. Historisch bedingt wurde der Proportionalitätsfaktor auf 1 gesetzt, sodass gilt:

$$F = m \cdot a$$

Man sagt auch: Kräfte führen Impulsänderungen herbei. Der Impuls p ist dabei definiert als

$$p = m \cdot v \quad (2)$$

woraus

$$F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$$

folgt. Um Kollisionen von Billardkugeln korrekt zu berechnen, ist neben dem Impuls noch eine weitere Größe wichtig: Die Energie, die eine Kugel hat, wenn sie sich mit einer gewissen Geschwindigkeit v bewegt. Dazu stellen wir uns vor, die Kugel befände sich zunächst in Ruhe und würde dann durch eine Kraft F über eine gewisse Strecke s beschleunigt. Energie ist in der Physik definiert als Produkt aus Kraft und Weg. Daher ändert sich die kinetische Energie um

$$E = F \cdot s.$$

Daraus folgt

$$E = ma \cdot \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}m(at)^2 = \frac{1}{2}mv^2.$$

Dies kann man wegen Gleichung (2) auch als

$$E = \frac{p^2}{2m}$$

schreiben.



Kollisionen

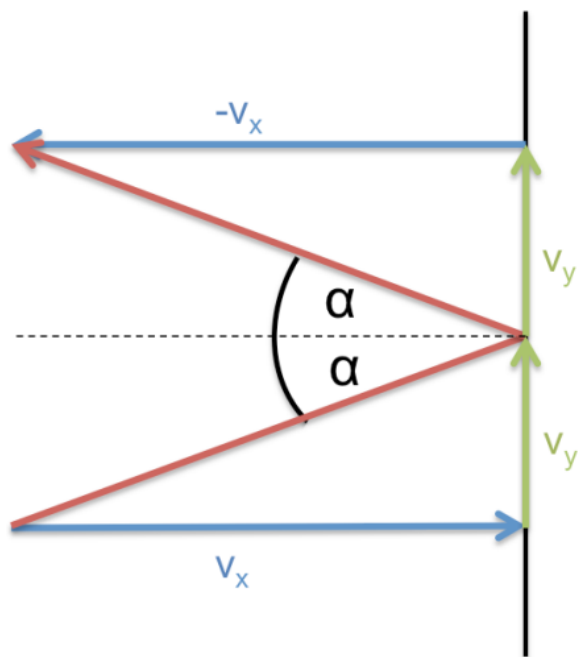
TATJANA KRENBauer

Wann kollidiert eine Kugel mit der Bande?

Da die Banden unseres Billardspiels entlang der Koordinatenachsen verlaufen, findet die Kollision einer Kugel mit einer Bande immer dann statt, wenn die Koordinaten des Mittelpunkts der Kugel plus bzw. minus den Radius der Kugel den Koordinaten der Bande entsprechen, oder leichter ausgedrückt, wenn die Kugel die Bande berührt.

Was passiert bei der Kollision?

Wenn eine Billardkugel auf eine Bande stößt, sagen die, die in Physik aufgepasst haben: „Einfallswinkel = Ausfallswinkel“. Das ist auch vollkommen richtig, wenn man davon ausgeht, dass es sich bei dem Zusammenstoß um einen elastischen Stoß handelt, also keine Energie durch Verformung, Geräusch, Reibung etc. verloren geht. Warum aber der Satz gilt, kann man nur vollständig erklären, wenn man bei dem Thema *Vektoren* gut aufgepasst hat. Denn die Geschwindigkeit $\vec{v}$, mit der unsere Kugel die Bande trifft, ist ein Vektor und lässt sich dementsprechend in eine Komponente, die parallel zur Bande und eine, die senkrecht zur Bande verläuft, zerlegen. Da eine Änderung nur in die Richtung stattfindet, in die eine Kraft wirkt, müssen wir nur die Komponente ändern, welche senkrecht zur Bande ist. Wir ändern sie, indem wir ihr Vorzeichen umkehren, wodurch die Geschwindigkeit genau in die entgegengesetzte Richtung verläuft. Wenn man das Ganze aufzeichnet, kann man sehen, dass der Satz *Einfallswinkel = Ausfallswinkel* wirklich gilt.



Wann kollidieren Kugeln miteinander?

Diese Frage ist etwas schwerer zu beantworten als die, wann eine Kugel gegen eine Bande stößt.

Vor allem, wenn man die Kollisionen programmieren möchte. Das liegt daran, dass wir beim Programmieren alles in ein Koordinatensystem zeichnen, wodurch logischerweise Strecken, die nur in die x- oder nur in die y-Richtung verlaufen, einfacher zu berechnen sind, als Schrägen, bei denen die Steigung eine Rolle spielt. Dass die Kollision zweier Kugeln auch nur dann stattfindet, wenn sie sich berühren, ist klar. Und dass die Kugeln sich berühren, sobald der Abstand der Mittelpunkte der Kugeln d gleich der Summe ihrer Radien r ist, ebenfalls. Folglich kann man, wenn beide Kugeln den gleichen Radius haben, sagen, dass sie sich berühren, falls

$$d = 2r$$

gilt. Im Abschnitt zum Satz des Pythagoras haben wir ja bereits kennengelernt, wie man d berechnet:

$$d = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$$

Sollte d kleiner oder gleich werden als der doppelte Radius, liegt eine Berührung vor.

Was passiert bei der Kollision?

Jetzt, da wir wissen, wann es zu einer Kollision zwischen zwei Kugeln kommt, müssen wir nur noch wissen, welche physikalischen Gesetze gelten, wenn zwei Kugeln aneinander stoßen, um die Kollision dann auch realistisch programmieren zu können. Wenn man aufmerksam beobachtet, wie zwei Kugeln miteinander kollidieren, dann stellt man fest, dass der Gesamtimpuls $\vec{p}$ erhalten bleibt, das heißt die Summe der beiden Produkte von Masse und Geschwindigkeit der beiden Kugeln bleibt konstant. Kurz gesagt, es gilt der Impulserhaltungssatz:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2'$$

$$m_1 \cdot \vec{v}_1 + m_2 \cdot \vec{v}_2 = m_1 \cdot \vec{v}_1' + m_2 \cdot \vec{v}_2'$$

Hierbei stehen die Größen mit einem Strich für die Impulse bzw. Geschwindigkeiten nach der Kollision. Außerdem gilt auch der Energieerhaltungssatz, denn wir gehen wie bei der Kugel-Banden-Kollision davon aus, dass beim

Stoß keine Energie verloren geht. Der Energieerhaltungssatz lässt sich auf verschiedene Weisen formulieren:

$$E_1 + E_2 = E'_1 + E'_2$$

$$\frac{|\vec{p}_1|^2}{2m_1} + \frac{|\vec{p}_2|^2}{2m_2} = \frac{|\vec{p}'_1|^2}{2m_1} + \frac{|\vec{p}'_2|^2}{2m_2} \quad (3)$$

Es folgt eine Herleitung der Formel, wie viel schneller oder langsamer die einzelnen Kugeln nach einer Kollision miteinander sind. Für diese haben wir einen langen Nachmittag im Sommer benötigt:

Die Änderung des Impulses der ersten Kugel nennen wir $\Delta\vec{p}$. Wie bei der Kollision mit der Bande findet die Impulsänderung nur in der Richtung statt, in der eine Kraft wirkt, also in Richtung der Verbindungslinie der beiden Kugeln.

$$\Delta\vec{p} = k \cdot (\vec{x}_1 - \vec{x}_2)_0 = k \cdot \frac{\vec{x}_1 - \vec{x}_2}{|\vec{x}_1 - \vec{x}_2|} = k \cdot \vec{d}_0 \quad (4)$$

k ist die Stärke der Impulsänderung – die wollen wir berechnen – und $\vec{d}_0$ beschreibt die Richtung der Impulsänderung – die wissen wir schon. $\vec{d}_0$ hat immer die Länge 1. Dies wird durch die tiefstehende 0 verdeutlicht.

Es gilt:

$$|\vec{d}_0| = 1 \quad (5)$$

Multipliziert man Gleichung (3) mit 2 auf beiden Seiten, so erhält man:

$$\frac{|\vec{p}_1|^2}{m_1} + \frac{|\vec{p}_2|^2}{m_2} = \frac{|\vec{p}'_1|^2}{m_1} + \frac{|\vec{p}'_2|^2}{m_2}.$$

Weiterhin gilt aber auch der Impulserhaltungssatz. Daher muss das, was die erste Kugel an Impuls ($\Delta\vec{p}$) gewinnt, von der zweiten Kugel abgegeben werden. Wenn wir den Impulserhaltungssatz mit einbeziehen, folgt:

$$\frac{|\vec{p}_1|^2}{m_1} + \frac{|\vec{p}_2|^2}{m_2} = \frac{|\vec{p}_1 + \Delta\vec{p}|^2}{m_1} + \frac{|\vec{p}_2 - \Delta\vec{p}|^2}{m_2} \quad (6)$$

Den Term $|\vec{p}_1 + \Delta\vec{p}|^2$ können wir ausrechnen:

$$\begin{aligned} |\vec{p}_1 + \Delta\vec{p}|^2 &= (p_{1x} + \Delta p_x)^2 + (p_{1y} + \Delta p_y)^2 \\ &= p_{1x}^2 + 2p_{1x} \cdot \Delta p_x + \Delta p_x^2 \\ &\quad + p_{1y}^2 + 2p_{1y} \cdot \Delta p_y + \Delta p_y^2 \\ &= |\vec{p}_1|^2 + 2\vec{p}_1 \circ \Delta\vec{p} + |\Delta\vec{p}|^2 \end{aligned}$$

Analog gilt:

$$|\vec{p}_2 - \Delta\vec{p}|^2 = |\vec{p}_2|^2 - 2\vec{p}_2 \circ \Delta\vec{p} + |\Delta\vec{p}|^2$$

Diese Ergebnisse können wir nun in Gleichung (6) einsetzen:

$$\begin{aligned} \frac{|\vec{p}_1|^2}{m_1} + \frac{|\vec{p}_2|^2}{m_2} &= \frac{|\vec{p}_1|^2}{m_1} + 2\frac{\vec{p}_1 \circ \Delta\vec{p}}{m_1} + \frac{|\Delta\vec{p}|^2}{m_1} \\ &\quad + \frac{|\vec{p}_2|^2}{m_2} - 2\frac{\vec{p}_2 \circ \Delta\vec{p}}{m_2} + \frac{|\Delta\vec{p}|^2}{m_2} \\ 0 &= |\Delta\vec{p}|^2 \cdot \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right) \\ &\quad + 2 \cdot \Delta\vec{p} \circ (\vec{v}_1 - \vec{v}_2) \end{aligned}$$

Für $\Delta\vec{p}$ setzen wir jetzt die Formel aus Gleichung (4) ein:

$$0 = k^2 |\vec{d}_0|^2 \cdot \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right) + 2k \cdot \vec{d}_0 \circ (\vec{v}_1 - \vec{v}_2)$$

Nun teilen wir durch k :

$$0 = k |\vec{d}_0|^2 \cdot \left(\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right) + 2 \cdot \vec{d}_0 \circ (\vec{v}_1 - \vec{v}_2)$$

$|\vec{d}_0|^2$ ist wegen Gleichung (5) gleich 1.

Da es ja unser Ziel ist, k zu berechnen, lösen wir die Gleichung nach k auf:

$$k = \frac{2\vec{d}_0 \circ \vec{v}_2 - 2\vec{d}_0 \circ \vec{v}_1}{\frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2}} \quad (7)$$

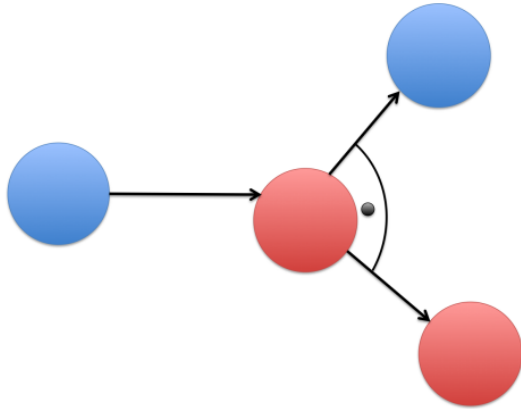
Für den Computer muss man die Formel etwas umschreiben, um sie programmieren zu können:

$$\begin{pmatrix} p_{1x} \\ p_{1y} \end{pmatrix}' = \begin{pmatrix} p_{1x} \\ p_{1y} \end{pmatrix} + k \cdot \begin{pmatrix} d_{0x} \\ d_{0y} \end{pmatrix}$$

Spezialfälle

Wenn zwei Kugeln mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten aber gleicher Masse frontal aufeinander stoßen, dann tauschen sie ihre Geschwindigkeiten.

Wenn die Kugeln jedoch nicht exakt frontal aufeinander stoßen, dann laufen sie immer im rechten Winkel auseinander, wieder unter der Voraussetzung, dass sie die gleiche Masse haben.



Stoß zweier Kugeln gleicher Masse

Reibung

VERENA WINTERHALTER

Wenn man eine Billardkugel anspielt, kann diese gegen die Bande oder andere Kugeln stoßen, irgendwann bleiben aber alle Kugeln stehen. Dies liegt an der Reibung, die zwischen den Kugeln und dem Tischtuch wirkt.

Reibung entsteht, da weder Billardtuch noch Billardkugeln eine absolut glatte Oberfläche besitzen. Wenn man sich die Oberflächen sehr genau ansieht, sind sie sehr unregelmäßig und ihre Hebungen und Senkungen greifen ineinander. Wenn man diese zwei Flächen gegeneinander verschieben möchte, muss man Kraft aufwenden, um diese „Verzahnung“ zu lösen, wodurch Energie verloren geht. Diesen Energieverlust bezeichnet man als Reibung.

Es gibt drei verschiedene Arten von Reibung: Haftreibung, Gleitreibung und Rollreibung.

Die Haftreibung tritt direkt beim Queue-Stoß gegen die Kugel auf und ist die Kraft, die man braucht, um die Kugel von ihrer Ruheposition auf dem Billardtisch weg zu bewegen. Die Gleitreibung tritt kurz nach dem Stoß ein, denn erst gleitet die Kugel kurz über den Billardtisch, bevor sie anfängt zu rollen. Sobald die Kugel rollt, muss die Rollreibung beachtet werden. Diese wirkt so lange, bis die Kugel anhält. Die Kraft, die man benötigt, um die jeweilige Reibung zu überwinden, ist bei der Haftreibung am größten und bei der Rollreibung am kleinsten. Da die Haft- und Gleitreibung jedoch viel kürzer wirken als die Rollreibung, haben wir beschlossen, den Schwerpunkt auf das Ein-

binden der Rollreibung zu legen. Damit das Ganze realistisch wirkt, haben wir uns überlegt, nicht einfach irgendeinen Wert für die Reibung zu verwenden, sondern den realen Wert durch einen entsprechenden Versuch zu ermitteln.



Der Versuch musste reproduzierbar sein, damit wir mit dem Durchschnittswert mehrerer Messungen einen möglichst genauen Wert berechnen konnten. Der Versuchsaufbau sah so aus, dass wir mit einem Stativ eine Rampe gebaut haben, von deren oberen Ende die Billardkugel losgerollt ist. Auf einem Tisch hatten wir ein Billardtuch gespannt, über welches die Kugeln dann nach dem Ende der Rampe weiter gerollt sind. Damit durch den Übergang zwischen Rampe und Billardtuch keine Messfehler entstehen, haben wir die Zeit erst ab einer mit Kreide auf dem Billardtuch markierten Start-Linie gemessen. Gemessen wurde die Zeit, die die Kugel von der Start-Linie bis zum Stillstand gebraucht hat. Die Stelle, an der die Kugel anhält, wurde ebenfalls mit Kreide markiert. Dann haben wir den Abstand zwischen der Stillstand-Markierung und der Start-Linie gemessen. Mit diesen zwei Werten konnten wir den Rollreibungskoeffizienten einer Billardkugel auf einem Billardtuch berechnen. Um mögliche Messfehler auszugleichen, wurde die Zeit dabei immer von fünf Personen gleichzeitig gestoppt. Außerdem haben wir die Höhe der Rampe und somit die Anfangsgeschwindigkeit variiert. Wir haben festgestellt, dass die Reibung unabhängig von der Geschwindigkeit ist. Den berechneten Wert von $-5,8 \text{ cm/s}^2$ haben wir dann entsprechend in unser Programm übertragen. Die Einheit der Rollreibung cm/s^2 bedeutet dabei, dass die Kugel pro Sekunde um $5,8 \text{ cm/s}$ langsamer wird.

Spin

DAVID ELSING

Als Spin (engl. Drall) wird beim Billard die Rotation der Kugeln bezeichnet. Er ist insbesondere bei der weißen Kugel wichtig, weil damit besondere Stöße durchgeführt werden können.

Um mit Drehbewegungen rechnen zu können, braucht man erst einmal passende Größen: Die Drehgeschwindigkeit kann man nicht einfach in Meter pro Sekunde angeben, denn Punkte, die sich weiter weg von der Drehachse befinden, bewegen sich schneller als Punkte, die näher an der Achse liegen. Deswegen gibt es analog zu den Größen bei „normalen Bewegungen“ Größen für Drehbewegungen. Um die Geschwindigkeit der Drehung anzugeben, braucht man, wie bei „normalen“ Geschwindigkeiten auch, zwei Größen: Die Zeit und die „Strecke“, die bei Drehbewegungen durch einen Winkel angegeben wird. Dabei ist es üblich, den Winkel im Bogenmaß (Einheit Radiant) anzugeben, was das Rechnen viel einfacher macht. Das Formelzeichen dafür ist φ . Analog zur „normalen“ Geschwindigkeit gibt es die Winkelgeschwindigkeit mit dem Formelzeichen ω , die sich durch Winkel pro Zeit bzw. Radiant pro Sekunde berechnen lässt:

$$\omega = \frac{\varphi}{t}$$

In unserem Billardspiel haben wir nur die Rollbewegung der Kugeln in Bewegungsrichtung eingebaut (also war die Drehachse immer senkrecht zur Bewegungsrichtung). Dabei wird auch nicht beachtet, dass die Kugel beim Stoß eigentlich erst gleitet, bevor sie anfängt zu rollen. Sie dreht sich also bei gleicher Geschwindigkeit immer gleich schnell.

Und wie schnell dreht sich eine Kugel? Dazu muss man wissen, dass die zurückgelegte Strecke dem zurückgelegten Umfang, also $\varphi \cdot r$, entspricht. Bei einer ganzen Umdrehung legt die Kugel also einen Weg von $2\pi r$ zurück – ihren Umfang. Die Winkelgeschwindigkeit in unserem Billardspiel entspricht also

$$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{s}{t \cdot r} = \frac{v}{r}.$$

Obwohl wir nur diese Rollbewegung implementiert haben, haben wir uns trotzdem noch etwas näher mit dem Spin beschäftigt:

Analog zur Masse m gibt es bei Drehbewegungen nämlich noch das Trägheitsmoment I , eine Art „Drehmasse“. Das Problem dabei besteht darin, dass es davon abhängt, welchen Abstand die Masse zur Rotationsachse hat. Ein sehr anschauliches Beispiel ist der Pirouetteneffekt, also dass es schwerer wird, sich zu drehen, wenn man Masse von der Drehachse entfernt (also z. B. die Arme ausstreckt). Bei Kugeln mit homogener (gleichmäßiger) Massenverteilung ist das Trägheitsmoment – also die Drehmasse – bei Drehachsen durch den Mittelpunkt der Kugel immer gleich und lässt sich mithilfe der Masse m und des Radius r so berechnen:

$$I = \frac{2}{5}mr^2$$

Aus den oben definierten Größen lassen sich noch einige andere Größen berechnen:

Die Winkelbeschleunigung $\alpha = \frac{\omega}{t}$ ist analog zur „normalen“ Beschleunigung die Änderung der Drehgeschwindigkeit pro Zeit.

Der Drehimpuls L und das Drehmoment D entsprechen den Größen Impuls und Kraft.

Der Drehimpuls lässt sich schreiben als $L = I \cdot \omega$ (ganz analog zum „normalen“ Impuls $p = m \cdot v$), wodurch sich auch der Pirouetteneffekt erklären lässt: Das Trägheitsmoment ändert sich, der Drehimpuls bleibt aber gleich, also muss sich die Winkelgeschwindigkeit ändern.

Das Drehmoment entspricht dem Produkt aus der angreifenden Kraft und ihrem Abstand zur Drehachse: $D = F \cdot s$. Dies ist beim Hebelgesetz wichtig, weil sich mit größerem Abstand von der Drehachse der Hebel vergrößert.



Zum Hebelgesetz: Wippe im Gleichgewicht

Beispiel:

Im Bild ist die Wippe ausbalanciert, weil auf beiden Seiten das gleiche Drehmoment wirkt.

$$F_1 = m_1 g = 100 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 981 \text{ N}$$

$$D_1 = F_1 s_1 = 981 \text{ N} \cdot 10 \text{ cm} = 98,1 \text{ Nm}$$

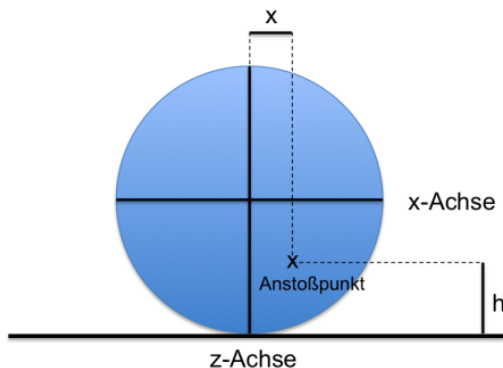
$$F_2 = m_2 g = 5 \text{ kg} \cdot 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}} = 49,05 \text{ N}$$

$$D_2 = F_2 s_2 = 49,05 \text{ N} \cdot 200 \text{ cm} = 98,1 \text{ Nm}$$

$$\Rightarrow D_1 = D_2$$

Jetzt muss man natürlich berechnen, wie sich der Spin durch die Reibung auf Richtung und Größe der Geschwindigkeit der Kugel auswirkt und wie man der Kugel mit dem Queue Spin verleiht.

Führt man den Queue parallel zum Tisch, so kann beim Stoß der Kugel nur Spin um Achsen geben, die senkrecht auf der Bewegungsrichtung stehen.



Eine Drehung um die z-Achse nach dem Stoß entspricht

$$\omega_z = \frac{F \cdot x}{I} \cdot t_{eff} = \frac{5Fx}{2mr^2} \cdot t_{eff}.$$

F ist dabei die Kraft des Anstoßes, und t_{eff} ist die Zeit, in der der Queue die Kugel berührt und beschleunigt.

Die Drehung um die x-Achse lässt sich so berechnen:

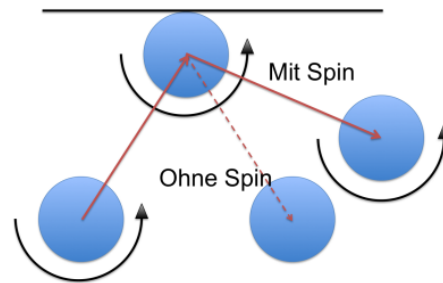
$$\omega_x = \frac{-5F \cdot (r - h)}{2mr^2}$$

Die Geschwindigkeit der Kugel nach dem Stoß entspricht

$$v = \frac{F}{m} \cdot t_{eff}.$$

Während die Kugel rollt, passieren zwei Dinge: Der Spin wird durch die Reibung zum Tisch geändert. Der Spin ändert aber durch Reibung auch die Geschwindigkeit der Kugel. Das passiert so lange, bis sich die Kugel so schnell dreht, dass sie zu rollen beginnt.

Die Bewegung der Kugel durch den Spin um die z-Achse bleibt so gut wie unverändert, ändert an der Bande jedoch den Reflexionswinkel:



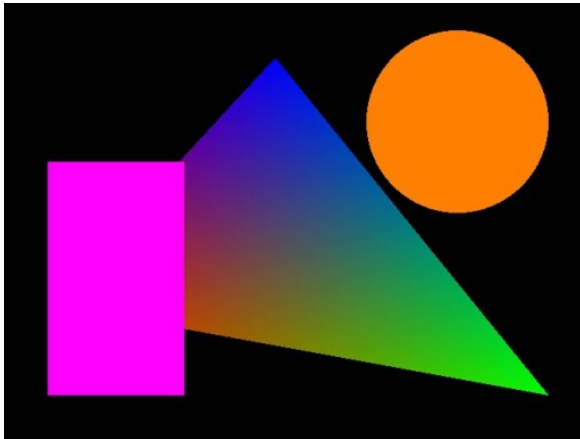
Grafik mit OpenGL

LUKAS DIPPON

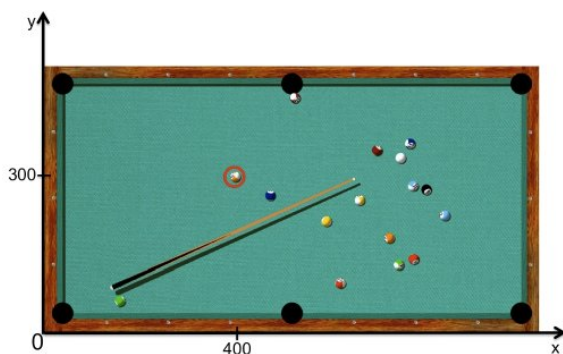
Unsere ersten Programme konnten bereits rechnen und Texte ausgeben, auch einfache Formen hatten wir schon gezeichnet. Dafür benutzten wir die OpenGL-Grafikbibliothek. Diese bietet eine große Vielfalt an Befehlen, mit denen wir relativ einfach Rechtecke, Dreiecke und dank Daniel, der uns noch ein paar zusätzliche Befehle zur Verfügung stellte, auch Kreise zeichnen konnten.

Unser erstes Spiel bestand nur aus einem Tisch, auf dem eine Kugel hin und her rollte. Dann kamen mehr Kugeln, ein Queue und vieles mehr dazu. Doch wie genau funktioniert das Zeichnen eigentlich?

Wir haben ein Fenster, über welches wir ein zweidimensionales Koordinatensystem legen, wie man es aus der Schule kennt. Eine Einheit auf den Koordinatenachsen entspricht einem Pixel, also einem Bildpunkt des Monitors. Mit diesem Koordinatensystem konnten wir dem



Computer sagen, wo genau die Objekte gezeichnet werden sollen. Ein Dreieck definiert sich beispielsweise über die Koordinaten seiner drei Ecken, ein Kreis über seinen Mittelpunkt und über seinen Radius. So erhielten wir hübsche Bilder, die sich leider noch nicht bewegen konnten.



Unser Billardtisch im Koordinatensystem

Um zu zeigen, wie wir bewegte Bilder erzeugen können, gehen wir einmal von einer sehr vereinfachten Billard-Version aus, die nur aus einem Spielfeld, einer Kugel und einem Queue, mit dem wir die Kugel anspielen können, besteht. Um das zu bewerkstelligen, benutzten wir die `idle`-Funktion. Sie ist eine Liste von Befehlen, die immer dann ausgeführt wird, wenn der Computer ein Bild fertig gezeichnet hat.

```
void idle() {

    double t = diff_seconds();

    kugel.bewegen(t);
    kugel.kollision(tisch);
    queue.kollision(kugel);
}
```

```
display();
```

```
}
```

Da dieser Vorgang, je nach Rechenleistung des PCs und der momentanen Auslastung, unterschiedlich lange dauern kann, messen wir mit dem Befehl `diff_seconds` als allererstes die Zeit, die seit dem letzten Durchlauf vergangen ist und speichern sie in der Variable `t`. Dadurch können wir in der Funktion `kugel.bewegen` die Bewegungen der Kugeln physikalisch korrekt berechnen.

Als nächstes überprüft die Funktion `kugel.kollision`, ob die Kugel innerhalb dieses Vorgangs an die Bande geprallt ist und ändert gegebenenfalls ihre Richtung. Im nächsten Schritt wird noch überprüft, ob der Queue die ruhende Kugel anstößt.

Zuletzt wird die Funktion `display` aufgerufen, mit der das ganze Bild neu gezeichnet wird. Je nach Geschwindigkeit des verwendeten Computers werden fünfzig bis mehrere hundert Bilder pro Sekunde berechnet, sodass für unser Auge ein flüssiges Bild entsteht.

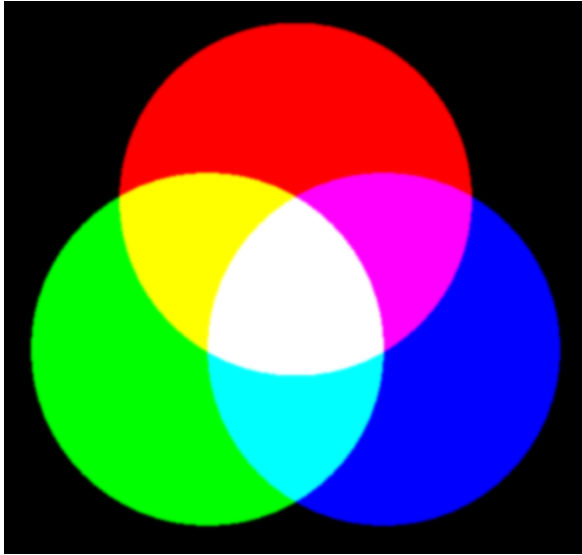


Das Farbsystem von OpenGL

MYRIAM HOLL

OpenGL verwendet das sogenannte RGB-Farbsystem. Hierbei steht R für Rot, G für Grün und B für Blau. Aus diesen drei Farben lassen sich alle weiteren, beliebigen Farben mischen. Das RGB-Farbsystem ist ein sogenanntes additives Farbsystem (oder auch additive Farbsynthese oder physiologische Farbmischung). Auf dem folgenden Bild kann man zum Beispiel

erkennen, dass die Kombination von rotem, grünem und blauem Licht Weiß ergibt. Wenn nur Rot und Blau vorhanden sind, entsteht Magenta, aus Grün und Blau wird Cyan, Grün und Rot addieren sich zu Gelb. Schwarz entsteht dann, wenn keine Lichtfarben vorhanden sind.



Warum kann man aber überhaupt Farben als Summe von diesen drei Grundfarben darstellen? Die Antwort liegt im Bau unseres Auges. Beim menschlichen Auge unterscheidet man drei Farbrezeptortypen (drei Zapfentypen), den L-Typ (der Rotrezeptor), den M-Typ (der Grünrezeptor) und den S-Typ (der Blau-rezeptor). Diese werden jeweils von rotem, grünem und blauem Licht gereizt. Die drei Farbrezeptoren ermöglichen zusammen mit den Stäbchen, die für die Unterscheidung von hell und dunkel zuständig sind, dem Auge das Sehen. Das Gehirn berechnet aus den jeweiligen Intensitäten der Grundfarben die resultierende Farbe. Wenn man jetzt jeden Farbrezeptortyp gezielt auf seine spezifische Farbe anspricht, kann man dem Gehirn jeden beliebigen Farbeindruck simulieren. Daher besteht ein Computermonitor im Prinzip aus vielen kleinen Lämpchen, die genau diese drei Grundfarben emittieren und damit beliebige Farben mischen können.

Der OpenGL-Befehl um eine Farbe zu setzen, lautet `glColor3f (1.0, 1.0, 1.0)`.

Dabei gibt das Suffix `3f` an, dass drei Fließkomma-Werte an die Funktion übergeben werden müssen. Der erste Wert steht für die Intensi-

tät des Rotanteils im Licht, der zweite für den Grünanteil und der dritte für den Blauanteil. Diese Werte liegen immer zwischen 0,0 und 1,0. Je größer der Wert, desto heller das Licht und damit die Farbe. Das bedeutet, dass beispielsweise `glColor3f (1.0, 1.0, 1.0)` Weiß entspricht und `glColor3f (0.0, 0.0, 0.0)` Schwarz. Ein mittelhelles Grau erhält man zum Beispiel durch `glColor3f (0.5, 0.5, 0.5)`. Der Computer „addiert“ dann die drei Farbtintensitäten und man erhält die entsprechende Farbe.

rot gelb blau gruen lila rosa gelb grau gruen rot schwarz gruen

Da der Computer 256 Rottöne, 256 Grüntöne und 256 Blautöne verwendet, können somit $256 \cdot 256 \cdot 256 \approx 16,8$ Millionen verschiedene Farben auf dem Monitor dargestellt werden. Die unterschiedlichen Farbtöne liegen dabei so nah beisammen, dass das menschliche Auge gar nicht alle unterscheiden kann.

Texturen

LUKAS DIPPON

Bisher konnten wir den Computer einfache farbige Figuren zeichnen lassen, zum Beispiel Rechtecke, Kreise oder Dreiecke. Aber das war uns immer noch zu langweilig. Außerdem wäre es extrem mühsam, die Oberfläche des Spiels, zum Beispiel die des Tisches, mit lauter Rechtecken zu zeichnen und das Resultat wäre wahrscheinlich alles andere als zufriedenstellend. Deshalb haben wir uns mit einer Kamera auf die Suche gemacht und mehrere Bilder von Objekten und deren Oberflächen erstellt, die wir dann später in unser Spiel eingebaut haben. Dazu gehörten verschiedene Holzmuster, ein Billardtuch für den virtuellen Tisch, Edelsteine von Ohringen (Diamanten) als Orientierungshilfen auf der Bande. Diese Bilder klebten wir dann ähnlich einer Tapete auf die zuvor einfarbigen Flächen unseres Spiels. Mit diesen Texturen konnten wir unser Spiel noch einmal beträchtlich aufpeppen. So sah nach etwas Programmierarbeit, in der wir die Texturen in das Programm einbauten, unser Spiel doch gleich deutlich realistischer aus. Dies war noch relativ einfach, denn die Texturen und die Flächen, die

wir bekleben wollten, waren zweidimensional, also flach.

Ein weiterer Verwendungszweck für die Texturen, die wir dieses Mal allerdings am Computer gestalteten, waren die Kugeln. Wie vorher bereits erwähnt, können unsere Kugeln im endgültigen Spiel rollen und gleiten nicht einfach über den Tisch. Um das zu verdeutlichen, haben wir ebenfalls Texturen verwendet, da man einer einfarbigen Kugel ja nicht ansieht, ob sie nun rollt oder nicht. Die Herausforderung bestand nun jedoch darin, die zweidimensionalen, flachen Texturen auf die dreidimensionale, gekrümmte Oberfläche der Kugel zu kleben.



Die Textur einer Kugel und die texturierte Kugel im Spiel

Allerdings gibt es praktischerweise in OpenGL bereits eine Funktion, die diese Aufgabe für uns übernommen hat. Ein weiteres Problem bestand darin, die Texturen so zu gestalten, dass sie nachher auf der Kugel realistisch aussehen, da sie bei dem Aufkleben verzerrt werden, ähnlich wie wenn man versucht die Erdkugel auf einer flachen Karte abzubilden. Also gestalteten wir ein Bild, das die Textur nach oben gestreckt darstellte. Diese Verzerrung wurde dann durch das Aufkleben wieder ausgeglichen.

Dreidimensionale Effekte

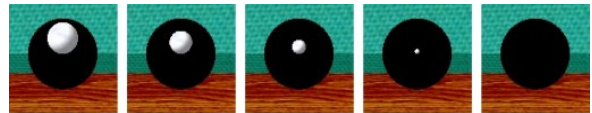
SEBASTIAN DALLINGER

Um das Spiel noch realistischer aussehen zu lassen, brauchten wir jedoch mehr als nur schöne Texturen. Um den Eindruck eines „echten“ Billardtisches zu vermitteln, ist alles in dreidimensionaler Optik gehalten. Bei den glatten Oberflächen, wie dem Spielfeld oder den Banden, mussten wir hierfür nichts speziell in unser Spiel einbauen. Grundsätzlich haben wir mit

drei Methoden zur dreidimensionalen Darstellung gearbeitet:

Größenveränderung

Wenn eine Kugel in eines der Löcher fällt, entfernt sie sich vom Betrachter, der von oben auf das Spielfeld schaut – sie wird also kleiner:



Umgesetzt wurde dieser Effekt durch die Formel:

$$r_{\text{neu}} = r_{\text{alt}} - 20 \cdot t$$

Hierbei bezeichnet r den Radius der Kugel und t die seit dem letzten Zeichnen des Bildes vergangene Zeit. Durch diese Formel wird also der Kugelradius um zwanzig Pixel pro Sekunde verringert, bis die Kugel komplett im Loch verschwunden ist.

Schatten

Ein einfaches, aber effektives Mittel um einen dreidimensionalen Eindruck zu erzeugen, ist das Zeichnen von Schatten. In unserem Programm hat jedes Objekt einen Schatten: Im Fall der Banden ein dunklerer Bereich direkt an der Bande, im Fall des Queues und der Kugeln eine dunkle Fläche, die sich mit diesen mitbewegt und jeweils immer etwas nach rechts unten versetzt ist.



Am Beispiel der Kugel sieht das wie folgt aus:

```
void Kugel::schatten() {
    glColor3f(0.1, 0.2, 0.1);
    graphicsBall(x + radius / 12,
                y - radius / 12, radius);
}
```

Es wird ein dunkelgrüner Kreis gezeichnet, der gegenüber dem Kugelmittelpunkt um ein zwölftel des Radius nach rechts unten verschoben ist und den gleichen Radius wie die Kugel hat. Im Programm erscheint dieser Kreis als Schatten der Kugel.



Lichtverlauf und Textur bei Kugeln

Die größte Herausforderung bei der grafischen Entwicklung unseres Programms war, die Kugeln wirklich zum Rollen zu bringen. Glücklicherweise stellt uns OpenGL hier eine eigene Funktion zur Verfügung, die ausschließlich dem Zweck dient, dreidimensionale Kugeln zu zeichnen. Da das Kennenlernen, Verstehen und schließlich Einbauen dieser Funktion den Zeitrahmen wahrscheinlich um Wochen gesprengt hätte, wurde dieser Teil freundlicherweise von Daniel übernommen und grundlegend erklärt.

Zu jeder Kugel wird ihre aktuelle Drehung gespeichert, also wie weit sie sich in welche Richtung gedreht hat. Die der Kugel zugewiesene Textur wird entsprechend mitgedreht, wodurch der Eindruck einer rollenden Kugel entsteht:



Präsentationen

LUDWIG BALD

Neben unserer Arbeit am Billardprogramm und unseren theoretischen Überlegungen in

der Physik und Mathematik haben wir im Laufe der Akademie zwei Vorträge über unsere Kursinhalte gehalten.

Rotation

Bei der Rotation geht es einerseits darum, den anderen Kursen die Zwischenergebnisse nach der Hälfte der Akademie zu präsentieren, andererseits soll sie auch auf die Abschlusspräsentation vorbereiten. Dafür wurde jeder Kurs in vier Präsentationsgruppen mit je drei Leuten unterteilt, die dann jeweils den Teilnehmern der anderen Kurse vorgetragen haben und sich natürlich auch die Präsentationen der anderen Kurse anhören durften.

Zur Vorbereitung unserer Präsentationen haben wir uns als erstes einen groben Aufbau überlegt: Wir unterteilten die Präsentation in drei Teile – einen für die Arbeit mit dem Computer, einen für die Physik und einen für die Moderation sowie allgemeine Informationen zu unserem Spiel. Nachdem wir die Präsentationsgruppen gebildet hatten, setzten wir pro Gruppe einen Experten für jeden Teil ein. Diese setzten sich in Expertengruppen zusammen und entwickelten den jeweiligen Teil der Präsentation. Als nächstes hielten wir mehrere Testvorträge und bekamen nützliche Ratschläge von unseren Kursleitern und unserer Schülermentorin, wie man besser vorträgt. Das waren sowohl rhetorische Tricks, als auch eine Tabuliste von Ausdrücken wie beispielsweise „das ist ganz einfach“, „keine Ahnung“, und „äh“.

Bevor es an die Präsentationen ging, zeigte uns Alex als angeblicher Rhetorikbeauftragter seiner Universität am Mittwochmorgen, wie unsere Präsentationen nicht aussehen sollten. Nachdem Daniel und Alex uns am Donnerstag im Plenum einprägsam daran erinnerten, keine Silben zu verschlucken, starteten wir gut gelaunt und zuversichtlich in den Präsentationstag.

Alle Präsentationen verliefen gut und wurden von anderen Kursteilnehmern und -leitern als leicht verständlich und anschaulich bezeichnet. Ist doch klar, mit dem Rhetorikbeauftragten als Kursleiter!

Abschlusspräsentation

Am Ende der Akademie hatten unsere Familien und andere wichtige Gäste die Gelegenheit, sich unsere Kursarbeit der vergangenen zwei Wochen anzuschauen. Unsere dafür vorbereiteten Abschlusspräsentationen waren im Großen und Ganzen so aufgebaut wie die Vorträge zur Rotation, wurden jedoch auf das breiter gefächerte Publikum angepasst. Natürlich ergänzten wir sie um die in der zweiten Woche behandelten Themen. Das waren beispielsweise der Versuch zur Bestimmung des Reibungskoeffizienten oder der mathematische Hintergrund der rollenden Kugeln.



Auch die Abschlusspräsentationen verliefen super: Das Publikum im voll besetzten Raum hörte gebannt zu und zeigte sich begeistert von unseren Vorträgen. Nach den Vorträgen wurden natürlich noch offene Fragen beantwortet und anschließend durften die Zuhörer unser selbstprogrammiertes Billardspiel ausprobieren, was dazu führte, dass auch in den Pausen die Computer von vielen begeisterten Besuchern besetzt waren.

Am Ende des Tages waren wir alle mit den gehaltenen Vorträgen zufrieden und konnten uns auf den Abschlussabend freuen.

Ausgleichssport

LUDWIG BALD

Natürlich haben sich nicht nur die Billardkugeln auf unseren Monitoren bewegt, sondern auch wir. Innerhalb und außerhalb des Kurses

haben wir uns sportlich betätigt und dabei viel Spaß gehabt.

Das Sportfest

Die Erwartungen waren hoch gesteckt für unseren Kurs: Schon im letzten Jahr gewann der Physikkurs (allerdings mit anderen Kursleitern) das Sportfest. Um den Titel und die Ehre zu verteidigen, mussten wir die anderen Kurse in vielen verschiedenen Disziplinen schlagen, um nur einige zu nennen:

- *Autoziehen:* Beim Autoziehen ging es darum, einen VW-Bus quer über den ganzen Parkplatz zu ziehen. Keine leichte Aufgabe, wenn der eigene Kursleiter am Steuer sitzt und vergisst, das Lenkradschloss zu lösen.
- *Schwimmflossen:* Es galt einen Parcours als Staffel mit Schwimmflossen zu durchlaufen und dabei mit der sehr limitierten Auswahl an Schwimmflossen auszukommen.
- *Das laufende A:* Ziel dieser Aufgabe war es, Irina in einer A-förmigen Konstruktion ins Ziel zu bugsieren. Einziges Hilfsmittel waren vier am oberen Eck des As angebrachte Seile. Hier waren vor allem Koordination und Teamgeist gefragt.



- *Balance:* Man nehme eine Sportbank, stelle sich darauf, singe den Musik-KüA-Leitern einmal „Hänschen klein“ vor und ordne sich dann nach Anfangsbuchstaben des Nachnamens – ohne dabei herunterzufallen, versteht sich.
- *Das große Finale:* Sechs Kurse, sechs Eimer, sechs Schwämme, ein Ziel: Den eigenen Ei-

mer so schnell wie möglich mit Wasser zu füllen. Allerdings nur mit einem Schwamm, den man einmal pro Lauf aufsaugen lassen darf. Wir lagen ziemlich gut im Rennen, bis Sekunden vor dem Abpfeiff aufgrund nassen Grases der Eimer einfach umfiel und halbleer lief.

Die Siegerehrung

Wir hatten die haarsträubenden Ergebnisse des Sportfests schon fast vergessen, als einige Tage später beim Bergfest zur Siegerehrung aufgerufen wurde. Eigentlich hatten wir damit gerechnet, dass uns zumindest der Medizinkurs überholt hat, vor allem nach diesem verpatzten Finale. Insofern war die Freude groß, als dieser schon für den zweiten Platz auf die Bühne gerufen wurde und somit klar wurde, dass wir gewonnen hatten. Wir gewannen einen Korb voller Obst und Süßigkeiten, damit wir auch weiterhin viele Sportfeste gewinnen.

Der Physikkurs im nächsten Jahr hat den Titel wieder zu verteidigen!

Unser kursinternes Billardturnier

Man kann kein Billardspiel programmieren, ohne einmal richtig Billard gespielt zu haben. Deswegen sammelten wir an einem Nachmittag lang Praxiserfahrung, indem wir mit zufällig ausgewählten Teams ein Billardturnier austrugen. Dieses gewannen Frank und Lukas. Sie triumphierten nach dem Abendessen sogar mit 2 zu 1 gewonnen Spielen gegen unsere Kursleiter Daniel und Alex.



Exkursion nach Heidelberg

LUKAS DIPPON

Fast alle Kurse (außer TheoPrax) gingen am zweiten Montag auf Exkursion. Wir besuchten dabei das Interdisziplinäre Zentrum für Wissenschaftliches Rechnen (kurz IWR), genauer gesagt die Abteilung für Computergrafik, in Heidelberg. Wir fuhren mit der S-Bahn und kamen dank Sigmunds und Daniels Ortskenntnis rechtzeitig zu den Vorträgen an. Zuvor konnten wir noch ein foucaultsches Pendel, mit dem man die Erdrotation veranschaulichen kann, betrachten.



Das Foucaultsche Pendel

Doch zu den Vorträgen: Der erste der drei beschäftigte sich mit der sogenannten Poincaré-Vermutung, die sich mit Drei-Sphären und Dreimannigfaltigkeiten, sprich Objekten im vierdimensionalen Raum, beschäftigt – ein Vortrag aus dem Bereich der reinen Mathematik. Als zweites erklärte uns Hubert Mara, der das Programm in Heidelberg freundlicherweise für uns organisiert hatte, etwas über das 3D-Scannen. Hierbei können mit unterschiedlichen Techniken dreidimensionale Modelle eines Objekts erstellt werden, deren Genauigkeit je nach Größe des Objekts zwischen Bruchteilen von Mikrometern, zum Beispiel bei etwa 5000 Jahre alten Keilschrifttafeln, und etwa einem halben Zentimeter, zum Beispiel bei der Vermessung eines Gebäudes, liegt. Alles in allem ist die Technik sehr genau und wird vor allem von Archäologen und Geographen gerne genutzt. Als drittes und letztes wurde uns eine Einführung in die

Computerlinguistik gegeben und die prinzipielle Funktionsweise von Suchmaschinen, wie zum Beispiel Google oder Bing, erklärt. Hierzu hatten wir im Anschluss auch noch Gelegenheit, ein von Studenten geschriebenes, sehr vereinfachtes Suchmaschinen-Programm zu testen, doch dazu später mehr.

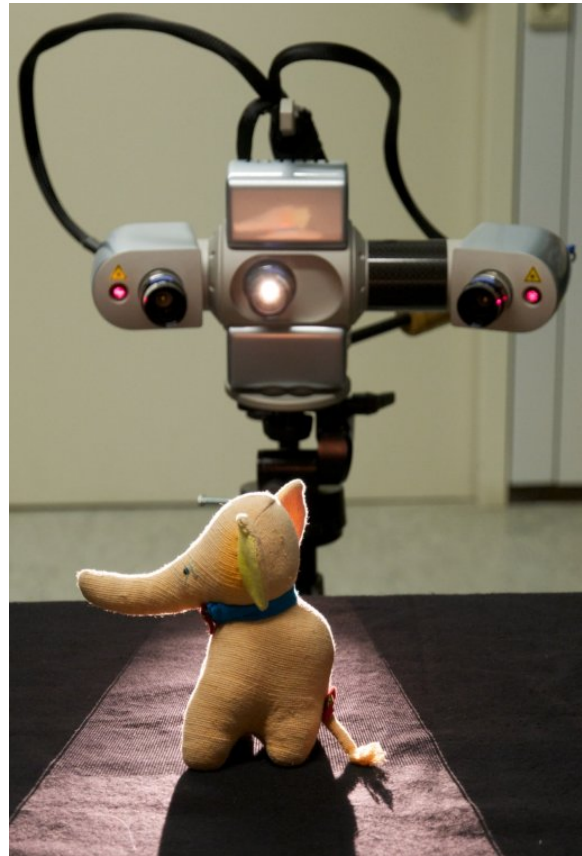
Nach den Vorträgen durften wir ein paar der dortigen Highlights anschauen und auch ausprobieren. Im Einzelnen waren das:

Ein 3D-Scanner mit dem wir ein räumliches Modell von Sigmund ermittelten. Dieser funktioniert nach dem Prinzip der Lichtstreifenprojektion. Dabei werden mit einem Projektor helle und dunkle Streifen auf das zu scannende Objekt projiziert. Dieses Muster wird dann von zwei Kameras, die in verschiedenen Winkeln zum Projektor ausgerichtet sind, aufgezeichnet. Von einer passenden Software wird nun anhand der Verzerrung des Musters auf der Objektoberfläche ein dreidimensionales Modell errechnet. Um ein vollständiges Modell zu erhalten, werden etwa acht bis zehn Scanvorgänge benötigt, da immer nur eine Seite des Objekts gescannt werden kann. Weil Sigmunds Ohren während des Scannens leider ein wenig wackelten, war das Modell am Ende leider ebenfalls verwackelt.

Auch durften wir ein Programm ausprobieren, das eine Landschaft mit zwei Tempeln darstellte, die man dann durch eine 3D-Brille räumlich wahrnehmen konnte. In ihr konnte man mithilfe einer Art Joystick durch Senken oder Heben seines Kopfes navigieren. Das war sehr beeindruckend und hat allen viel Spaß gemacht, zumal es sich bei den Tempeln um sehr detailgetreue Nachbildungen handelte.

Als letztes testeten wir das Suchmaschinen-Programm. Dieses kann anhand von Beschreibungen eines Bildes Suchbegriffe bestimmten Bildern zuordnen. Sprich, man konnte einen Suchbegriff oder einen Satz eingeben und das Programm fand heraus, welches der etwa 20 Bilder denn nun gemeint sein könnte. Auch das war sehr interessant, da wir ja im Kurs selbst schon viel programmiert hatten.

An dieser Stelle möchten wir uns ganz herzlich bei allen Mitarbeitern des IWR Heidelberg bedanken, die für uns dieses abwechslungsreiche



Sigmund beim 3D-Scannen

und lehrreiche Programm auf die Beine gestellt haben.

Anekdoten aus der Kursarbeit

SEBASTIAN DALLINGER

Die eine oder andere Kurssitzung wurde durch spontane Kommentare und interessante Formulierungen deutlich aufgelockert. Um sie alle wiederzugeben, würde man eine Extradokumentation benötigen. Daher werden wir hier nur eine Auswahl zum Besten geben:

- **Alex:** „Ist a größer, wird das Objekt schneller schneller.“
Lukas: „Und wenn a größer wird, aber noch negativ ist?“
Alex: „Dann wird das Objekt eben weniger schnell langsamer.“
- **Alex:** „2006 hab ich mal die Theater-KüA geleitet!“
Daniel: „Das war das Jahr, in dem ich beim Theater eingeschlafen bin.“

- **Alex:** „Wenn die Kugel sich nicht bewegt, tut es nicht weh, wenn man sie an den Kopf kriegt.“
- **Alex:** „Alle Körper fallen gleich schnell.“
Lässt später Kreide und Papier fallen; die Kreide fällt schneller.
Daniel: „Du hast gerade das widerlegt, was du vorhin an die Tafel geschrieben hast.“

Nachwort

DIE KURSLEITER

Das Ergebnis kann sich definitiv sehen lassen – doch noch viel wichtiger ist die Art und Weise, wie es erreicht wurde: von C++ und objektorientierter Programmierung, über Mathematik und dreidimensionale Grafiken zu Kinematik, Kollision und rollenden Kugeln – sämtliche das Billard betreffende Felder wurden abgedeckt. Aber nicht nur das Fachliche wird uns alle auf unserem weiteren Lebensweg begleiten: das Menschliche hatte immer einen festen Platz; durch Sportfest, Billardturnier, oder einfach das Billardspielen zwischendurch, festigten wir das Netz, das uns alle verbindet, ganz egal, ob Teilnehmer oder Kursleiter.

Kurs 6 – TheoPrax

Projektarbeit mit Ernstcharakter



Unsere Teams

IZEL GEDIZ, HELENE LÜNSER, ALENA EBERSPÄCHER, SVEN SEITZ

Team Flash

Team FLASH – das sind: Leonard, Alena, Sven und Helene. Unseren Teamnamen leiteten wir aus unseren Anfangsbuchstaben ab: Wir sind nicht LAsCH, sondern wie das englische Wort für Blitz – flash – schnell und energiegeladen.

Das traf jetzt nicht nur auf unsere Arbeit zu, sondern mindestens genauso auf unsere Diskussionsfreude ...

Und das sind wir im Einzelnen:

Alena Eberspächer Lockerheit bei der Abschlusspräsentation? Für Alena kein Problem! Fast wie ein guter Krimi, zog sie das Publikum in ihren Bann.

Helene Lünser Während andere noch „keinen Plan“ hatten, packte Helene die Aufgaben sofort an.

Sven Seitz Unser Moderator Nummer 1 – und das nicht nur im Kurs und unter den drei Teams, sondern auch beim „Börgfest“.

Leonard Wölfl Hilfe, der Computer verreckt gerade! Naja, zum Glück gibt es ja Leonard, unseren Computercrack, der auch im größten .pptx-, .docx- und was auch immer für ein x-Chaos den Überblick behält.

Team Burn

Wir, Team Burn, das sind: Eve, Vivienne und Franziska. Am Eröffnungswochenende noch zu viert, mussten wir in der Sommerakademie den Ausfall unseres vierten Teammitgliedes Gion wortwörtlich verarbeiten. Doch alles kein Problem, wir drei Mädchen konnten das gut meistern.

Wir waren wie ein Schwelbrand: unauffällig und trotzdem nicht zu unterschätzen. Manchmal waren wir vielleicht etwas still, sodass sich schon mancher um uns sorgte, was sich allerdings als unbegründet herausstellte ...

Unsere Mitglieder:

Vivienne Leidel Das Publikum bei einer Präsentation zum Lachen bringen zu wollen, kann schon mal in die Hose gehen. Nicht so bei Vivienne – durch sie bekam die Präsentation den letzten Schliff.

Franziska Kaiser In der Ruhe liegt die Kraft! Und diese Ruhe hat sie stets auf uns übertragen.

Eve Ardizzone Ein originaler Scherzkeks, der die Arbeit immer mit Humor anging.

Team Genius

„Bildet Teams, die sich gut ergänzen“, aber wie? Bei uns klappte dies sehr gut, denn während Jannis, Paul und Nico vor Ideen und Taten-drang sprudelten, übernahm Izel mehr die Koordination.

Durch eine gute Aufteilung arbeiteten wir die zu bewältigenden Aufgaben konstruktiv ab.

Alle kamen gut miteinander aus, sodass bald ein einheitlich arbeitendes Team entstand.

Das sind wir:

Nico Bartelt So langsam „kein Bock“ mehr? Nicht Nico! Er stellte sich jeder Herausforderung, und wenn es noch so viel Zeit in Anspruch nahm.

Jannis Rautenstrauch „Und wer sägt jetzt die Isoplan-Platte?“ „Ich kann das machen“, Jannis war bei jeder Aufgabe sofort Feuer und Flamme.

Paul Weiske Ist Phenolharzschaum eigentlich giftig? Nicht verzagen, Paul fragen: denn der wusste wegen seinen umfangreichen Recherchen über alles Bescheid.

Izel Gediz Izel, unsere Künstlerin, die immer wieder und besonders beim Verschönern unseres TheoPrax-Plakates ihre Kreativität zum Ausdruck brachte.



TheoPrax beim Spielen, „Spiderman“ ist nichts gegen uns!

Unsere Kursleiterinnen

Dörthe Krause Besser bekannt als die Mutter von TheoPrax, war sie es, die stets ein Beispiel parat hatte, sodass schließlich jeder das zu Lernende „checkte“. Und auch wenn sie immer und immer wieder Kritik übte – und wir meinen wirklich immer – war es nie böse gemeint, sondern eine Hilfe für uns.

Monika Jakob „Wie ging das jetzt noch mal mit der Reaktion beim Aufschäumen des Brandschutzlacks?“ Selbst beim hunderten Nachfragen erklärte Monika solche Din-

ge ruhig und ganz l-a-n-g-s-a-m. Bei Problemen jeglicher Art konnte man auf sie zukommen.

Philipp Merkle Philipp stand uns immer mit Rat und Tat zur Seite, versorgte uns mit Keksen und „heiterte“ uns ständig mit seinem Humor – welcher Humor eigentlich? – auf. Dank seines genialen Aufwärmtrainings gingen wir beim Sportfest erstmals mit einem 4. Platz in die Geschichte ein.

TheoPrax Kurs – Was ist das?

ALENA EBERSPÄCHER, EVE
ARDIZZONE; IZEL GEDIZ

Was bedeutet eigentlich TheoPrax und was macht man in diesem Kurs? Diese Frage wurde während der Akademie öfters von anderen „Nicht-TheoPraxlern“ gestellt.

Unser Kurs wurde immer bei Auflockerungsspielen gesichtet, was vielleicht den irreführenden Eindruck vermittelte, wir hätten nichts zu tun gehabt ...

Das möchten wir hiermit widerlegen! Denn TheoPrax ist eine Lehr-Lern-Methode, die Projektarbeit mit Ernstcharakter beinhaltet. Das heißt, die Themen finden in der Realität Anwendung. Kernpunkt eines TheoPrax Projekts ist das Angebots-Auftrags-Verhältnis, was bedeutet, dass es einen externen Auftraggeber gibt. Wie der Name bereits verrät, verbindet TheoPrax Theorie und Praxis miteinander. Das bedeutet, während des Kurses wurden wir immer wieder mit Theorieeinheiten konfrontiert, die wir direkt in der Praxis anwenden konnten. Zum Beispiel wurde uns Projektmanagement vermittelt und wir erhielten Fachwissen zu unserem Projektthema. Anders als beim alleinigen Frontalunterricht, der oft in der Schule angewandt wird und bei dem die Schüler zum reinen Zuhören verdammt sind, fanden in unserem Kurs zwar auch Theorieeinheiten, aber ebenso viele Praxiseinheiten statt, in denen wir das gelernte Wissen gleich umsetzen konnten. Unsere Kursleiter waren dabei eher Begleiter durch das Projekt und ebenso Mitlernende ... Natürlich hatten sie auch andere „wichtige“ Funktionen wie beispielsweise die Versorgung der „TheoPraxler“ mit Süßem.

TheoPrax-Themen befassen sich mit Aufstellungen aus der Forschung und Entwicklung.

In unserem Fall lautete das Thema: „Wirkung von Innenisolatoren in brandschutzbeschichteten Metallkisten“. Das Thema kam von dem Wissenschaftler Herrn Dr. Gettwert vom Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT) in Pfinztal. Wie bei TheoPrax üblich, mussten wir ein Angebot über unsere geplante Arbeit formulieren, bevor die Projektarbeit beginnen konnte. Im Angebot formulierten wir das Projektziel, unsere geplanten Projektergebnisse, den Zeit- und Kostenplan. Wir waren alle froh, als nach nur wenigen Verbesserungswünschen durch Herrn Dr. Gettwert der Auftrag für unser Projekt kam.

Wie ging es dann weiter? Es gab natürlich viele Theorieeinheiten, die wir über uns ergehen lassen mussten, viele oftmals zu wiederholende Messreihen, eine Präsentation für die anderen Akademieteilnehmer – die Rotation –, weitere Messreihen, wieder Theorieeinheiten, unseren Abschlussbericht und schlussendlich unsere Abschlusspräsentation ... Auf Grund der Unterteilung unserer Gruppe in drei verschiedene Teams galt es gut abzusprechen, wer wann ins Labor durfte und wer welchen Job zu übernehmen hatte. Die Theorie, die wir zwischendurch absolvierten, half uns immer wieder, diese Aufgaben gut in der zur Verfügung stehenden Zeit zu erledigen.

Friede, Freude, Eierkuchen? Tja, im Nachhinein auf jeden Fall, aber während der Akademie gab es schon so die ein oder andere Stresssituation ... Insgesamt nahmen alleine die aufgetretenen Probleme bei unserer Präsentation vier PowerPoint Folien ein, dazu aber später mehr. Fraglich bleibt, ob wir ohne einen Zeitplan rechtzeitig fertig geworden worden wären, denn manche Kleinigkeiten (oder „Größigkeiten“) benötigten mehr Zeit als vorgesehen. Beispielsweise traten bei unseren Messungen Probleme auf, weshalb diese zum Teil wiederholt werden mussten. Philipp, Dörthe und Monika mussten uns immer wieder ordentlich antreiben, damit wir „auf die Tube drückten“, um rechtzeitig mit Allem fertig zu werden. Schlussendlich erreichten wir das Ziel, schlossen also das Projekt erfolgreich ab. Für die Zukunft können wir

aus diesen Erfahrungen einiges mitnehmen und obwohl sicherlich des Öfteren bei dem ein oder anderen von uns der Stress-Schweiß ausbrach, hat uns dieses Projekt viel Spaß gemacht.

Das Eröffnungswochenende

VIVIENNE LEIDEL, NICO BARTELT

Wir traten in die Tür des Kursraums und uns war die Nervosität ins Gesicht geschrieben.

Voller Vorfreude, voller Neugier, aber auch voller Skepsis, Anspannung und Aufregung begann am ersten Tag unser Kurs. Dörthe und Monika sowie unser Schülermentor Philipp stellten uns „Willy“ und seinen Club vor – nichts weiter – einfach nur „Willy“ und seinen Club: „Hast du vorhin Willy gesehen?“ – „Ja, beim Tischtennispielen!“ „Das wundert mich überhaupt nicht, denn Tischtennis mag er sehr. Er mag generell alles auf der Welt, was mit Bällen zu tun hat.“

Wir Kursteilnehmer fragten uns, ob wir hier überhaupt richtig waren, nämlich im Kurs namens „TheoPrax“, wo wir doch was lernen wollten – oder ob wir bei ein paar Fremden in einer Unterhaltungsrunde gelandet waren. Ja, man muss sagen, dass der Willy eine seltsame – nein eine außergewöhnliche – Rolle bei TheoPrax spielt. Willy hat uns immer begleitet bis – ja bis endlich alle kapiert hatten, was es mit Willy auf sich hatte. Und das hat gedauert – bis zum letzten Wochenende (aber wir verraten es an dieser Stelle nicht, damit die nächsten TheoPraxler noch nachdenken müssen, um „dazu zu gehören“).

Am Eröffnungswochenende sammelten wir uns in Kleingruppen und bildeten drei Teams. Dabei versuchten wir uns so zusammenzusetzen, dass sich unsere Stärken und Schwächen ausglich. Einer der größten Themenblöcke bei dem Eröffnungswochenende war das Erarbeiten von Präsentations- und Auftrittstechniken. Wie steht man vor den Zuhörern, wie können wir Blickkontakt aufbauen, wo gehören die Hände hin usw.

Herr Dr. Gettwert, unser zukünftiger Auftraggeber vom Fraunhofer Institut für Chemische Technologie, erklärte uns das Projektthema

und die Schwerpunkte der zukünftigen Arbeit.

Am Ende des Wochenendes teilten wir die notwendigen Arbeiten bis zum Exkursionstag ein, wie zum Beispiel Recherche oder Versuchsaufbau.

Nach nicht allzu langer Zeit kamen wir wieder zusammen, denn wir verbrachten einen ganzen Tag am Fraunhofer Institut für Chemische Technologie in Pfinztal.

Exkursion zum Fraunhofer ICT

FRANZISKA KAISER

Fünf Uhr: Aufstehen! Noch früher als für die Schule! Macht das jemand freiwillig? Ja, denn am 18. Juli ging es für uns „TheoPrax-Kursler“ zur Exkursion ans Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT) in Pfinztal. Für diejenigen, die am anderen Ende von Baden-Württemberg wohnen, begann der Tag teils mit einer dreieinhalbstündigen Zugfahrt und somit morgens um fünf Uhr.

Aber obwohl die Teilnehmer aus allen Ecken des Landes anreisten, schafften es alle pünktlich ins ICT. Die einen außer Atem, weil sie den Berg bis zum Institut hochgeschnauft waren, die anderen topfit, weil sie von einem der Autofahrer, die ins Institut wollten, mitgenommen wurden. Für alle gab es dann aber erst mal Kekse zur Stärkung und ein freudiges Wiedersehen mit allen „TheoPraxlern“.

Nach einer kurzen Begrüßung durch Dörthe und Monika lüftete unser Schülermentor Philipp endlich das Geheimnis „Was ist TheoPrax?“. Wir bekamen eine Einführung, was TheoPrax alles beinhaltet und an Hand von verschiedenen früheren TheoPrax-Projekten auch einen Einblick, was dabei alles entstehen kann, wie zum Beispiel ein eigener „TheoPrax-Saft“, der mittlerweile im Handel erhältlich ist.

Um zu unserem Thema „Untersuchungen verschiedener Materialien zur Innenisolation bei intumeszenzbeschichteten Metallkisten“ nähere Informationen zu erhalten, bekamen wir eine Einführung in das Thema Kunststoffe und Polymerschäume durch Prof. Dr. Peter Eyerer. Als Innenisulationsstoff für unsere Kiste hatten

Kunststoffe den Vorteil, wärmeisolierend und preiswert zu sein.

Jedoch lernten wir auch, dass sich nicht alle Kunststoffe gleichermaßen eignen. Diese Informationen waren vor allem bei der Recherche nach Innenisolationsmaterialien sehr hilfreich. Um eine genauere Vorstellung über die Versuche, die wir im Sommer selbst durchführen sollten, zu bekommen, besichtigten wir anschließend ein Labor der Arbeitsgruppe von Herrn Dr. Volker Gettwert, unserem zukünftigen Auftraggeber. Hier sahen wir das erste Mal den groben Versuchsaufbau und konnten bei einer Beflammung zusehen. Wir bekamen auch die ersten Kniffe eines Datenloggers und der Temperaturaufzeichnung gezeigt.

Langsam nahmen die Vorstellungen über unsere Arbeiten in der Sommerakademie Gestalt an. Als kleines Geschenk gab es noch eine „Brand-schutzbeschichtung für die Haut“ – eine Sonnencreme. Ideal für die nahenden Sommerferien!

Nach einem leckeren Mittagessen mit mannigfaltig belegten Brötchen, ging es auch gleich weiter mit einer Vorstellung des Fraunhofer ICTs durch Herrn Marioth. Das Fraunhofer Institut betreibt angewandte Forschung und muss sich somit größtenteils durch Aufträge aus der Wirtschaft finanzieren. Wer wusste schon, dass auch der MP3-Player eine Erfindung eines Fraunhofer Instituts ist? Am ICT wird in den Bereichen Automobil und Verkehr, Chemie und Verfahrenstechnik, Energie und Umwelt, Verteidigung, sowie Sicherheit, Luft- und Raumfahrt geforscht.

Nach all diesen neuen Erkenntnissen konnten wir jetzt auch die Arbeiten, die bis zum Sommer noch anstanden, besprechen und aufteilen. So musste z. B. über mögliche Isolationsmaterialien recherchiert und ein Versuchsaufbau geplant und skizziert werden. Die Aufgaben wurden unter uns Teilnehmern aufgeteilt, so dass jeder wusste was noch zu tun war.

In den dreieinhalb Stunden Zugfahrt nach Hause blieb dann noch genug Zeit, um ein Fazit über diesen Tag zu ziehen: Das frühe Aufstehen hatte sich gelohnt! Es war ein erlebnisreicher und informativer Tag, der uns bei unserer Projektarbeit in der Zeit der Sommerakademie sehr

viel weitergebracht hat. Da lässt sich nur noch sagen: Danke an alle Beteiligten!

Was wir alles gemacht haben . . .

FRANZISKA KAISER, EVE ARDIZZONE;
IZEL GEDIZ, NICO BARTELT

Durch das Eröffnungswochenende und unseren Besuch im Fraunhofer ICT neugierig geworden, starteten wir voller Spannung in unsere zwei Wochen Science Academy.

Bevor es überhaupt mit unserem Projekt losgehen konnte, mussten wir erst einmal ein Angebot schreiben. Denn auch für uns galt: „Kein Projekt ohne Auftrag und kein Auftrag ohne Angebot!“.

Als wir dann schlussendlich mit dem Auftrag den Startschuss erhielten, begann unsere eigentliche Kursarbeit.

Unsere Arbeiten im Kurs enthielten ebenso viele theoretische wie praktische Teile.

Das Positive und Spannende war, was auch diesen Kurs von den anderen so stark unterschied und im Namen „TheoPrax“ bereits enthalten ist, dass wir unsere gelernte Theorie unverzüglich in der Praxis anwenden konnten. Wir absolvierten so zum Beispiel mehrere Lernmodule zu außerfachlichen Kompetenzen, die uns in der praktischen Kursarbeit enorm weiterhalfen.

Wir lernten zum Beispiel einiges zur „Ganzheitlichen Betrachtung“ und zum Projektmanagement, aber auch zur Kreativität. Einfache kreativitätssteigernde Übungen wie die Kopfstandmethode, bei der wir die umgekehrte Fragestellung betrachteten oder die Reizwortmethode, bei der wir wild mit Begriffen um uns schmissen, halfen uns vor allem bei der Präsentationsarbeit sehr weiter.

Und dann gab es da ja noch den eigentlichen praktischen Teil: Versuche, Referenztests, Messungen, Auswertungen, noch mal Messungen, Nachbesserungen, Interpretation der Messungen . . . und natürlich wieder Messungen.

Dafür brauchten wir selbstverständlich jede Menge Nervennahrung, für die immer gesorgt war, so hatten wir neben Tee haufenweise Gummibärchen, Kekse und Lollis zur Verfügung.

Zur Mitte der Akademie stand die Rotation an, eine kleine Präsentation über unsere Kursinhalte, für die Teilnehmer der anderen Akademiekurse. Das bedeutete, zu den eigentlichen Kursarbeiten auch noch Rotationsvorbereitungen ... also noch mehr Stress.

Zu unserem Glück ist der TheoPrax-Kurs für seine lustigen Auflockerungsspiele berühmt. So verbrachten wir unsere Zeit zwischen den Arbeiten zum Beispiel mit dem Prinzessinnenspiel, einer ausgefallenen Abwandlung des Schere-Stein-Papier-Spiels. Schließlich funktioniert das Spiel nicht, wenn immer alle Prinzessin sein wollen.

Außerdem schrieben wir in diesem Jahr mit unserem TheoPrax-Kurs Geschichte, als wir, als erste von TheoPrax, den legendären vierten Platz beim Sportfest erreichten (bisher wurde TheoPrax immer letzter!).

Bald war schon das Ende unserer zwei Wochen in Sicht und damit näherten wir uns der gefürchteten Abschlusspräsentation. Während noch letzte Versuche liefen, bereiteten schon manche die Präsentation vor und andere schrieben unseren Abschlussbericht. Mit unseren neu erlangten Kreativitätskompetenzen suchten wir nach einem kräftigen „Pengl!“ für die Einleitung unserer Präsentation, während der Stresspegel nebenher weiter anstieg.

Aber wir wären ja keine wahren „TheoPraxler“, wenn wir nicht auch diese Hürde mit Humor gemeistert hätten.

Nach einer gelungenen Präsentation konnten wir stolz unseren Abschlussbericht mit wirklich guten Ergebnissen (!) unserem Auftraggeber Herrn Dr. Gettwert überreichen.

Puh! Geschafft! Damit schlossen wir unser Projekt erfolgreich ab.

Hier ein paar Kostproben von dem, was wir in unseren zwei erlebnis- und ergebnisreichen Wochen gelernt haben.

Projektmanagement

VIVIENNE LEIDEL, FRANZISKA
KAISER, EVE ARDIZZONE

Unser Zeitrahmen für das Projekt war sehr knapp, nämlich nur 14 Tage – oh je! Und was,

wenn etwas schief geht? – Na, dafür lernen wir doch Projektmanagement!

Da sich jedes Projekt aus vier Phasen zusammensetzt, lag eine Menge Arbeit vor uns und die Zeitsorgen kamen doch wieder.

Mit der Definitionsphase begannen wir schon am Eröffnungswochenende. Die erste Aufgabe, die uns erwartete, die Teambildung, erwies sich als schwieriger als gedacht, da Teambildung im TheoPrax-Kurs nicht einfach nur nach „Den mag ich, Den mag ich nicht“ funktioniert. Doch zuletzt hatten wir dann drei tolle Teams, die es gar nicht erwarten konnten in die Projektarbeit einzusteigen. Wir waren alle baff, wie viel Arbeit wir noch bis zur Sommerakademie erledigen mussten, denn wir mussten zum Beispiel noch die Recherchen erledigen. Allerdings stellte sich dabei heraus, dass viel Arbeit bei 12 Personen pro Person doch nicht so viel war.

In der Science Academy erstellten wir eine systemische Landkarte und führten eine Stakeholder-Analyse durch. Stakeholder sind alle Personen, die das Projekt direkt und/oder indirekt beeinflussen können und/oder am Projekt interessiert bzw. davon betroffen sind. Eine systemische Landkarte ist ein Übersichtsplan, in dem die Beziehungen aller Stakeholder des Projekts visuell dargestellt werden. Ziel der systemischen Landkarte ist es, die Komplexität des Projektes zu erfassen. Unsere systemische Landkarte wurde von uns mit viel Spaß und Eifer als 3D-Plakat mit Schlümpfen und Legofiguren angefertigt.



Systemische Landkarte alias „Schlumpfcity“

Dann ging es mit der Planungsphase weiter. Zur Planung der Projektarbeiten muss jedes

Projekt in überschaubare Teilaufgaben gegliedert werden. Dazu diente der Projektstrukturplan, in dem die einzelnen Arbeitspakete in einer logischen Ablauffolge zusammengestellt werden. Für den Ablauf-/Zeitplan wurde nun jedem Arbeitspaket eine von uns definierte Zeitdauer zugeordnet. Danach übertrugen wir alle Angaben aus dem Projektstrukturplan in einen Zeitstrahl.



Wir renovieren nicht, wir strukturieren!

Außerdem erstellten wir einen Kostenplan, der die Abschätzung der personellen und materiellen Kosten beinhaltet. Zum Schluss führten wir eine Risikoanalyse durch. Dabei wird untersucht, wie wahrscheinlich es ist, dass etwas nicht so wie geplant verläuft und sich zum Beispiel die gesamte Zeitplanung verschiebt oder dass sogar das gesamte Projekt gefährdet wird. Welche Risiken gibt es und wie können wir dann reagieren? Als sich in dieser Risikoanalyse gezeigt hatte, dass die Risiken überschaubar und kalkulierbar waren, schrieben wir unser Angebot. Der Projektstrukturplan und der Zeit- und Kostenplan sind Teile des Angebots. Die Planungsphase endete mit der Annahme des Angebots durch unseren Auftraggeber Herrn Dr. Gettwert und durch die Erteilung des Auftrags.

Wir waren alle froh, dass wir mit dem Projekt und somit mit der Umsetzungsphase anfangen konnten. Endlich konnten wir mit dem Versuchsaufbau, der Versuchsdurchführung und der Auswertung beginnen. Die Projektsteuerung und das Controlling sind in der Umsetzungsphase sehr wichtig. Wir hatten zwei Controller, die die Einhaltung der Projektstruktur und des Zeitplanes überwachten, und wenn et-

was mal aus dem „Ruder“ zu laufen drohte, halfen sie uns, indem sie uns darauf aufmerksam machten.

Darüber hinaus mussten wir eine Zwischenpräsentation vorbereiten. Zur Information der Kurse präsentierte jeder Kurs vor allen Teilnehmer der anderen Kurse das bisher Erarbeitete und das Projektthema. Das wird Rotation genannt. Durch unser gutes Projektmanagement verursachte uns auch diese zusätzliche Herausforderung keinen unnötigen Stress. Und wir freuten uns hinterher, ein gutes Feedback für die Präsentation erhalten zu haben.

Die Zeit verging wie im Fluge und schon waren wir bei der Abschlussphase, der Erstellung des Abschlussberichtes für den Auftraggeber und die Abschlusspräsentation. Der Bericht enthält die Aufgabenstellung und Zielsetzung, natürlich alle Versuchsreihen, die Messergebnisse, eine Interpretation der Ergebnisse, die Reflexion und das Fazit zum Projekt mit einer Empfehlung an den Auftraggeber.

Wer hätte am Eröffnungswochenende geglaubt, dass wir so schnell einen über 20seitigen Abschlussbericht erstellen könnten und eine eineinhalbstündige Abschlusspräsentation mit zahlreichen Folien? Aber wir haben das geschafft – und gut dazu! Die Abschlusspräsentation vor unserem Auftraggeber und den Eltern erntete viel Applaus.

Ganzheitliche Betrachtung

LEONARD WÖFL

Ganzheitliche Betrachtung – Was ist das?

Bevor ein Produkt hergestellt und dann verkauft wird, sollte es durch den Prozess der Ganzheitlichen Betrachtung wandern. In diesem Prozess werden alle Aspekte im Rahmen einer nachhaltigen Entwicklung des Produkts untersucht und zusammengefasst. Das Produkt wird in einzelne „Bestandteile“ zerlegt. Die Ergebnisse werden zu einem kompletten Überblick über das Produkt, der Vor- und Nachteile und der Folge- und Wechselwirkungen in Bezug auf die Ökologie, Ökonomie, den technischen

Fortschritt sowie der sozialen Aspekte betrachtet.

Ganzheitliche Betrachtung – Warum?

Ein Produkt oder eine Idee sollte auf jeden Fall ganzheitlich betrachtet werden, um Schwächen aufzuzeigen, um es mit anderen Ideen oder Produkten zu vergleichen und um Umsetzungschancen sowie -risiken aufzuzeigen. Wichtigstes Ziel der Ganzheitlichen Betrachtung ist jedoch eine nachhaltige Entwicklung, da in diesem Prozess das Produkt auf seine Nachhaltigkeit (Sustainability) untersucht wird. Beispielsweise wird das Treibhauspotential des Produkts betrachtet, jedoch nicht nur während der Benutzung, sondern zusätzlich auch bei der Herstellung und Entsorgung.

Zu theoretisch? – Hier ein Beispiel

Welches Fahrrad ist das „Beste“ – das mit Stahlrahmen, das aus Alu oder das mit Carbonfasern?

Analysiert werden beispielsweise Gewicht, Kosten, Lebensdauer, durchschnittliche Fahrleistung im Jahr (je nach Nutzungstyp), Wartungskosten und Produktionsstandort. Diese Eigenschaften werden dann verglichen und gegeneinander aufgewogen, das Fahrrad mit Carbonrahmen ist zwar leichter als alle anderen, aber die Lebensdauer beträgt durchschnittlich nur 8 Jahre (bei gleicher Fahrleistung Stahlrahmen: 20 Jahre) und der Preis liegt bei ca. 3000 € (Vergleich Stahl: 1450 €, Alu: 1700 €). [Quelle: Ganzheitliche Bilanzierung, Universität Stuttgart]

Wird das Treibhauspotential verglichen, stellt sich heraus, dass ein Aluminiumrahmen bei der Herstellung ein Treibhauspotential von 23,8 kg CO₂-Äquivalent hat, aber bei Recycling des Rahmens wieder 20,3 kg CO₂-Äquivalent gutgemacht werden. Der Aluminiumrahmen hat also insgesamt ein Treibhauspotential von 3,5 kg CO₂-Äquivalent. Der Carbonrahmen kann zwar nicht recycelt werden, und bei seiner Wiederverwertung in der Stromgewinnung werden zusätzlich zur Herstellung noch 1,5 kg CO₂-Äquivalent freigesetzt, doch insgesamt hat der Carbonrah-

men ein Treibhauspotential von vergleichsweise geringen 13,9 kg CO₂-Äquivalent. [Quelle: Ganzheitliche Bilanzierung]

Und so geht es weiter – zum Beispiel werden Produktionsstandorte und -bedingungen verglichen, um den sozialen Aspekt zu bedienen. Wird in China produziert oder hier in Deutschland? Was bedeutet dies für die lokale Arbeitssituation?

Das Ergebnis: Es gibt kein „bestes“ Fahrrad. Jedes ist für spezielle Zwecke zu empfehlen. Das Fahrrad mit Aluminiumrahmen passt am besten zum Durchschnittsfahrradfahrer, der vielleicht zur Schule oder Arbeit mit dem Rad fährt und auch mal eine kleine Radtour unternimmt. Dagegen ist das Carbonfaserrad eher einem Sportbegeisterten zu empfehlen, der auch in seiner Freizeit viel Rad fährt.

An diesem Beispiel wird das Prinzip der oben genannten Betrachtungsweise gut sichtbar, es werden viele verschiedene einzelne Details aus den vier Kategorien verglichen und die Ergebnisse werden zusammengesetzt zu einer Empfehlung, die dann an die Hersteller und Auftraggeber einer solchen Ganzheitlichen Betrachtung (im Professionellen detaillierte Ganzheitliche Bilanzierung) gehen.

Kommunikation

FRANZISKA KAISER, EVE ARDIZZONE,
IZEL GEDIZ

„Hä!?! Was? Was meinst du?“

Um solche Situationen bei der Projektarbeit zu vermeiden, übten wir, richtig miteinander zu kommunizieren. Um Konflikte und Missverständnisse zu umgehen, lernten wir, wie man miteinander ohne „Häs“ und „Wasse“ kommuniziert, und die Konflikte, die doch noch auftauchen, sinnvoll löst. Eine Übung zur Kommunikation bestand zum Beispiel darin, dass einer, in Teams mit je zwei Teilnehmern, ein vorgegebenes Bild, zum Beispiel einen Bus oder einen Heißluftballon, nach der Anleitung des anderen zeichnen musste. Dabei entstand nicht immer ein Picasso, aber man konnte das Motiv durchaus identifizieren. So lernten wir, dass wir Dinge sehr genau beschreiben müssen, damit ein anderer sie versteht.

Gerade in Projekten, bei denen viele Menschen miteinander arbeiten, ist das sehr wichtig. Außerdem mussten wir in unseren bestehenden Teams ein Bild der Science Academy malen, das den Sportplatz, das Plenum, den Brunnen, zwei Gebäude, den nicht vorhandenen Hofhund und mindestens zwei wichtige Personen beinhalten musste (Wendelin wurde aufgrund seiner „Höhe“ auf jedem Bild sofort ausgemacht!). Allerdings hatte die Sache einen Haken, denn das Team durfte während der Zeichenphase nicht miteinander reden und jedes Element musste von mindestens zwei Teammitgliedern zusammen gemalt werden! Zudem musste sich jedes der Teams einen Künstlernamen ausdenken (auch wieder ohne zu sprechen!), den es unter das Bild schreiben sollte. Diese Aufgabe klappte aber sehr gut, und am Ende waren drei sehr gelungene Kunstwerke entstanden.

Zwei weitere Challenges wurden draußen ausgetragen. Zum einen mussten wir uns in einer Reihe aufstellen und alle, bis auf den Letzten in der Schlange, die Augen schließen. Der Hintere musste dann dem Vordersten sagen, wo dieser hinlaufen sollte und somit die ganze Reihe einen zuvor besprochenen Weg entlang leiten. Obwohl wir im Dunkeln tappten, gab es zum Glück keine blauen Flecken, denn wir konnten uns ja alle blind vertrauen.

Zum anderen mussten wir uns noch einmal in zweier Teams zusammenfinden und, zur großen Verwunderung des Medizinkurses, der uns mit erstaunten Minen observierte, ein Zelt aufbauen. Allerdings musste ein Teammitglied sich die Augen verbinden und das andere durfte das Zelt nicht berühren, durfte also dem „Blinden“ nur sagen, was er wie machen sollte, was die Sache doch sehr erschwerte.

Trotzdem erwiesen wir uns dann doch alle als Campingprofis.

Alle Kommunikationsübungen machten uns viel Spaß.

In Zukunft konnten häufiger fragende und verutzte Mienen vermieden und die Zahl der „Hä“s deutlich verringert werden.

Projektthema

HELENE LÜNSER, PAUL WEISKE,
JANNIS RAUTENSTRAUCH

„Untersuchungen verschiedener Materialien zur Innenisolation bei intumeszenzbeschichteten Metallkisten“. So lautete das Projektthema des TheoPrax-Kurses der Science Academy 2012. Wer lässt so etwas untersuchen und wieso? Herr Dr. Volker Gettwert vom Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie in Pfaffenhofen am Main forscht auf dem Gebiet der Brandschutzbeschichtungen.

Eine Fragestellung in diesem Zusammenhang ist, wie man im Brandfall in einer Metallkiste die Temperatur möglichst gering halten kann, um auch temperaturempfindliche Stoffe gefahrlos darin lagern zu können. Zuerst einmal, indem die Metallkiste mit einem Brandschutzlack beschichtet wird, der bei 250 °C aufschäumt und dann den weiteren Temperaturanstieg in der Kiste verhindert!

Aber was ist, wenn die Stoffe schon ab niedrigeren Temperaturen nicht mehr ohne Gefahren zu lagern sind? Genau damit haben wir, der TheoPrax-Kurs, uns in den zwei Wochen der Science Academy sowie am vorangegangenen Eröffnungswochenende beschäftigt. Unsere Aufgabe bestand darin, die mit Brandschutzlack beschichteten Kisten innen mit verschiedenen Materialien auszukleiden, um den anfänglichen Temperaturanstieg, bevor der Brandschutzlack aufgeschäumt ist, möglichst lange zu verzögern. In den Versuchen haben wir diese Materialien dann auf ihre Wirkung als Innenisolatoren getestet.

Brandschutz und Brandschutzbeschichtung

SVEN SEITZ, PAUL WEISKE, JANNIS
RAUTENSTRAUCH

Es gibt etwas, das niemand gerne haben möchte: ein unkontrollierbares, loderndes Feuer im trauten Eigenheim. Schlimmer noch in einer Firma, die mit leicht entzündlichem Material arbeitet. Es gibt eine Möglichkeit, die Gefahr solch eines Horror-Szenarios zu vermindern: den Brandschutz.

Aber was ist Brandschutz? Erst einmal versucht man das Risiko einer Brandentstehung zu senken. Zum Beispiel, indem man Häuser aus schlecht brennbarem Material baut und alle elektrischen Geräte ausschaltet, bevor man das Haus verlässt. Außerdem gehören zum Brandschutz Maßnahmen, um im Brandfall Herr über das Feuer zu werden und die Ausbreitung des Brandes zu verhindern.

Brandschutzbeschichtungen sind im letztgenannten Bereich des Brandschutzes anzusiedeln. Es handelt sich meist um Lacke, die man auf das zu schützende Objekt aufträgt. Im Brandfall quillt diese Schicht aufgrund einer chemischen Reaktion auf. Die aufgequollene Schicht schützt nun das Objekt vor der Hitze des Feuers.

Brandschutzbeschichtungen finden Anwendung im Hausbau. Sie verhindern, dass Stahlträger aufgrund der hohen Temperaturen ihre Tragfähigkeit verlieren und das Gebäude einstürzt oder, dass sich der Brand an Kabeldurchbrüchen oder Rohrdurchführungen von Zimmer zu Zimmer ausbreitet. Diese Art von Abdichtung wird auch im Schiffsbau verwendet. In der Autoindustrie und in der Raumfahrt – beim Wiedereintritt in die Erdatmosphäre entstehen immerhin ganze 3.000 °C – finden Brandschutzbeschichtungen ebenfalls Verwendung. Auch bei der Lagerung und beim Transport von leicht brennbaren oder explosiven Materialien, wie z. B. Feuerwerkskörpern, werden die Kisten durch Brandschutzbeschichtungen geschützt.

Chemischer Prozess bei der Aufschäumung der Intumeszenzbeschichtung

NICO BARTELT

Intumeszenzbeschichtungen ist der Fachbegriff für aufschäumende Brandschutzbeschichtungen und stammt von dem lateinischen Wort „intumescere“ (anschwellen).

Bei der Einwirkung von Temperaturen über 250° Celsius auf die Brandschutzbeschichtung wird eine thermochemische Reaktion ausgelöst, bei der die Intumeszenzbeschichtung auf-

schäumt und eine wärmeisolierende Dämmschicht bildet. Die Schaumschicht kann das Achtzig- bis Einhundertzwanzigfache der aufgetragenen Beschichtungsdicke betragen. Vier chemische Substanzen spielen bei dem Aufquellen der Brandschutzbeschichtung eine essentielle Rolle, nämlich der Säurespender, der Kohlenstoffspender, das Treib- und das Bindemittel.

Die Aufgabe des Bindemittels besteht darin, dass wir die Intumeszenzbeschichtung als Lack vor den Versuchsreihen auf die Metallkisten auftragen konnten. Wenn die brandschutzbeschichteten Metallkisten beflammt werden, erweicht das Bindemittel und die chemische Reaktion beginnt.

Der Säurespender reagiert unter Abgabe von Ammoniak zu Phosphorsäure, die anschließend mit dem Kohlenstoffspender zu Kohlenstoff, Wasser und einem Phosphorsäureester weiterreagiert. Der Kohlenstoff bildet das Gerüst bei der Aufschäumung der Intumeszenzbeschichtung.

Als Kohlenstoffquelle kommt meist ein mehrwertiger Alkohol zum Einsatz, dessen Wirksamkeit am höchsten ist, wenn er viele Hydroxyd-Gruppen, die mit der Phosphorsäure zu einem Ester reagieren, sowie einen hohen Kohlenstoffanteil besitzt. Die bei dem Verdampfen des Wassers, das bei der vorangegangenen Reaktion entstand, erforderliche Energie wird der Kiste entzogen und sorgt so für eine zusätzliche Kühlung. Das Treibmittel reagiert zunächst zu Ammoniak und anschließend unter Sauerstoffaufnahme zu Stickstoff und Wasser, das ebenfalls durch Verdampfen zur Kühlung beiträgt.

Da Stickstoff nicht brennbar ist, dient das Treibmittel somit als Quelle eines nicht entflammbaren Gases. Dieses Gas „füllt“ die Poren im Kohlenstoffgitter und ist für das Aufquellen der Intumeszenzbeschichtung verantwortlich. Der Stickstoff in den Schaumporen verhindert einen Sauerstoffeintritt und hat eine isolierende Wirkung. Außerdem entsteht durch die Konvektion des Gases aus der Dämmschicht eine zusätzliche Kühlwirkung, da die Wärme abgeleitet wird und die Brandausbreitung eingedämmt wird.

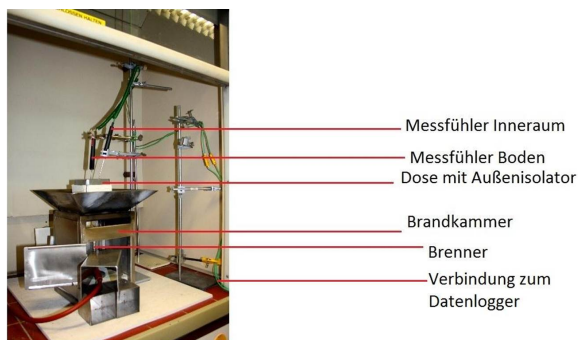
Wie man sieht, haben die Chemiker sich bei der Erfindung dieser Intumeszenzbeschichtung auf eine raffinierte, fortlaufende, chemische Reaktion gestützt, um die erwünschte Isolations- und Kühlwirkung zu erzielen.

Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

JANNIS RAUTENSTRAUCH, PAUL WEISKE

Versuchsaufbau

Um alle Messungen vergleichen zu können, brauchten wir einen Versuchsaufbau, mit dem alle unsere Messungen durchgeführt werden konnten.



Unser Versuchsaufbau

Unser Versuchsaufbau sah so aus: Auf einer Brennkammer aus Metall lag eine Maske aus einem feuerfesten Material. Das war eine Platte mit einem Loch, in das wir unsere Kiste hineinsetzen konnten. Unsere Kisten waren 10x10x10 Zentimeter groß, also schön handlich und klein. Mittig unter der Kiste stand ein Bunsenbrenner. Die Weißblechkiste wurde von außen mit Dämmplatten isoliert, damit die innen entstandene Wärme nicht wieder entweichen konnte. Doch wie bekamen wir die Messfühler in die Kiste? Dazu waren in die Deckel zwei Löcher gebohrt worden, durch die wir zwei Messfühler in die Kiste gesteckt haben. Ein Messfühler berührte den Boden bzw. die Innenisolation und maß somit die Bodentemperatur. Der zweite Messfühler wurde schräg in den Innenraum der Kiste gesteckt und maß die Lufttemperatur im Innenraum der Kiste. Natürlich wurde

alles verkabelt und an einen Datenlogger angeschlossen, der die Messwerte zur Aufzeichnung an den Computer weitergab.

Durchführung

Die Versuchsdurchführung beinhaltete nicht nur die Beflammung der Kiste, sondern auch die Vorbereitung der Kisten und die Auswertung der aufgezeichneten Messwerte.

Damit der Brandschutzlack nicht gleich wieder von der Kiste abbröckelte, bestrichen wir die Weißblechkiste mit einem Haftvermittler. Danach pinselten wir den Brandschutzlack auf die Kiste. Beim Referenztest ohne Beschichtung ließen wir diesen Schritt natürlich weg. Anschließend brachten wir die Innenisolation an. Wir testeten in diesem Projekt zwei verschiedene Arten von Innenisolatoren: Innenisolatoren in Plattenform und Salze, die bei Erhitzung Wasser freisetzen und somit kühlend wirken. Für die Isolationsplatten fertigten wir eine Vorlage für den Boden der Kiste an und schnitten die Platte für den Boden aus. Je nach Härte des Materials brauchten wir dazu ein Cutter-Messer oder eine Säge. Die Bodenplatte wurde in die Kiste gelegt und die Platten für die Seitenwände so dazugestellt, dass sie sich gegenseitig stützen, um nicht umzufallen.



Kiste mit Phenolharzschaum

Für die Innenisolatoren aus Salzen brauchten wir eine Innenkiste aus Edelstahl, damit wir das Material im Zwischenraum von Außenwand und Innenkiste ordentlich einfüllen konnten. Diese wurde eigens für uns schon vor der Science Academy am Fraunhofer ICT angefertigt.

Wir füllten eine Schicht des jeweiligen Salzes auf den Boden, stellten die Innenkiste hinein und füllten die Lücken zwischen der Seitenwand und der Innenkiste auf.

Weil das Salz verklumpt war und sich dadurch nicht einfüllen ließ, mussten wir es vorher noch mörsern.

Dann ging es an die Beflammung. Der Bunsenbrenner wurde auf eine rauschende Flamme eingestellt und so platziert, dass sich die Kiste kurz über der Spitze der blauen, also sauerstoffreichen Flamme befand. Die Messzeit betrug 33:20 Minuten. Auf diese komische, krumme Zeiteinheit kamen wir, weil wir 2000 Messpunkte mit einem Zeitintervall von einer Sekunde aufzeichnen wollten.

Diese Daten mussten natürlich auch irgendwie ausgewertet werden. Nach dem Versuch wurden die erhaltenen Messwerte als Textdatei gespeichert und in eine Exceltabelle eingefügt. Daraus erstellten wir dann Temperaturverlaufsdiagramme.

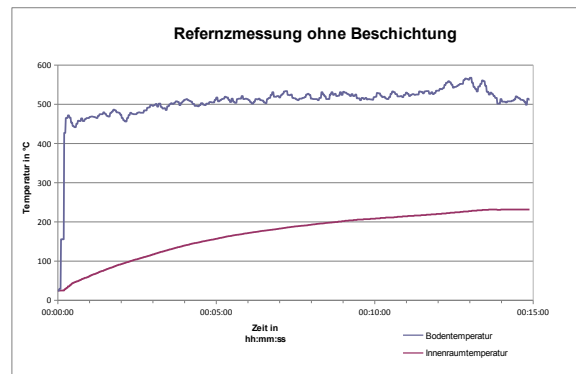
Referenztest

PAUL WEISKE

Vor der Durchführung unserer Messungen musste erst einmal ein Referenztest als Vergleich her, also eine Messung ohne veränderte Variablen, die uns später als Basis für unsere Ergebnisinterpretation diene. Wir haben einen Referenztest mit einer vollkommen unbehandelten Kiste durchgeführt, sowie einen weiteren mit einer Kiste mit Brandschutzbeschichtung, aber ohne Innenisolation.

Die Referenztests dauerten 33:20 Minuten, das entspricht 2000 Messpunkten mit einem Zeitintervall von einer Sekunde. Die Ergebnisse der ersten Referenzmessungen zeigten, dass am geplanten Versuchsaufbau noch einige Dinge geändert werden mussten. So wurde die erste Messung abgebrochen und der Gasbrenner mit der Flamme näher an die Kiste gebracht, weil die Innentemperatur in der Kiste nur sehr langsam anstieg. Außerdem kamen wir so einem defekten Messfühler auf die Spur, der auf Temperaturveränderungen nur sehr träge reagierte.

Beim Erstellen der Diagramme aus den aufgezeichneten Daten der beiden Referenztests und vor allem beim Einfügen der Messdaten in die Diagramme zu den anderen Versuchen fiel dann auf, dass der Referenztest der beschichteten Kiste bei einer ca. 20 °C höheren Temperatur als die anderen Messungen gestartet worden war. Deshalb mussten wir dann kurzfristig die erste Referenzmessung wiederholen. Bei der nicht beschichteten Kiste hatten wir Bodentemperaturen von ca. 500 °C und Innenraumtemperaturen von ca. 220 °C, bei der beschichteten Kiste konnten wir am Boden Temperaturen von ca. 380 °C, im Innenraum von etwa 200 °C messen.



Brenzlige Situation – Referenztest unbeschichtet

Unsere Materialien und Ergebnisse

PAUL WEISKE, JANNIS
RAUTENSTRAUCH

Jedes unserer drei Teams hat zwei Materialien getestet, damit wir möglichst viele verschiedene Materialien vergleichen konnten. Je eines davon war ein dämmendes Material, das durch eine geringe Wärmeleitfähigkeit die Temperaturen in der Metallkiste niedrig halten sollte. Das andere zu testende Material sollte die Kiste kühlen, indem es Wassermoleküle abgibt, die bei 100 °C verdampfen, der Dämmeffekt stand hier eher an zweiter Stelle.

Natriumcarbonat Decahydrat und Isoplan-1100

Team Genius hat die Materialien Isoplan-1100 und Natriumcarbonat Decahydrat getestet. Iso-

plan-1100 gibt es als Dämmplatten im Bauhaus zu kaufen. Es ist geeignet für Temperaturen bis 1100°C und wird u. a. verwendet, um Öfen oder Heizkessel zu isolieren. Es ließ sich zwar gut mit einer Säge schneiden, aber beim Zerschneiden mussten durch die Feinstaubentwicklung Staubschutzmasken getragen werden. Ein Nachteil des Isoplan-1100 ist, dass es relativ teuer ist. Eine 1 m^2 -Platte in 1 cm Dicke kostet über 100 €.



Kiste mit Isoplan 1100

Wir machten Versuche mit Isoplan in 5 mm und in 10 mm Dicke. Die Bodentemperatur lag im Vergleich zum Referenztest über 100°C niedriger, die Innenraumtemperaturen lagen immerhin ca. $20\text{--}40^{\circ}\text{C}$ niedriger, aber Feuerwerkskörper sollte man nicht in dieser Kiste lagern, denn sie würden schnell explodieren.

Natriumcarbonat Decahydrat ist ein Salz, das beim Erhitzen die als Kristallwasser locker gebundenen Wassermoleküle abgibt. Dieses Wasser verdampft und wir erhofften uns, dass dies unsere Kiste kühlt. Natriumcarbonat ist ein weißes Salz, das z. B. als Bestandteil in Backpulver Verwendung findet. Bei dem Versuch mit Natriumcarbonat Decahydrat konnten wir die Verdampfung des Wassers sehr gut beobachten. Aus den Öffnungen für die Messfühler im Deckel der Kiste entwich Wasserdampf wie bei einem Teekessel.

Die erhoffte kühlende Wirkung trat ein: Die Temperatur blieb um die 100°C . Aber wie man auf dem Bild sehen kann, bräuchte die Innenkiste noch einen Deckel, um die notwendige Kühlung zu erreichen, andernfalls könnte man das eingelagerte Material wegschmeißen, weil es durch die Feuchtigkeit durchnässt wäre.



Matsch, Matsch! Natriumcarbonat-Decahydrat-Kiste nach der Beflammung

Kork und Natriumtetraborat Decahydrat

Team Burn testete die Materialien Kork und Natriumtetraborat Decahydrat, das auch unter dem Trivialnamen Borax bekannt ist. Kork ist ein natürliches Material. Man kennt es als Untersetzer für Töpfe, daher dachten wir, es wäre für dieses Projekt geeignet. Ein Vorteil ist, dass es unversiegelt nicht gesundheitsschädlich ist. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass das Material mit 30 €/m^2 billiger ist als Isoplan-1100. Wir testeten es in den Dicken 4 mm, 6 mm und 8 mm. Es sorgte für ähnliche Temperaturen wie das Isoplan-1100. Interessanterweise gab es zwischen den Temperaturen mit 4 mm Kork und 6 mm Kork kaum Unterschiede, zwischen 6 mm Kork und 8 mm Kork gab es aber große Unterschiede bei den gemessenen Innen-temperaturen. Dies lag daran, dass die 4 mm und 8 mm Platten stärker gepresst waren als die 6 mm Platte und somit eine deutlich höhere Dichte hatte. Dadurch wies es eine stärkere Isolierung auf.

Borax ist, wie das Natriumcarbonat Decahydrat, ebenfalls ein weißes Salz und setzt als Hydrat Wasser frei, das die Kiste kühlen sollte, jedoch werden hier bei den entstehenden Temperaturen nur fünf der zehn gebundenen Kristallwassermoleküle freigesetzt. Dies sieht man auch direkt bei der Beflammung, wo es deutlich schwächer ausdampfte. Die Temperaturen bei Borax waren sehr ähnlich zu denen des Natriumcarbonates, sie blieben um die 100°C . Ein Vorteil ist, dass es billiger als Natriumcarbonat Decahydrat ist. Ein Nachteil: Es ist

gesundheitsschädlicher und steht im Verdacht, Erbschäden hervorzurufen.

Phenolharzschaum und ICT-Dämmplatte

Team Flash hat die Materialien Phenolharzschaum (auch bekannt als Phenol-Formaldehyd-Schaum) und eine vom Fraunhofer ICT entwickelte Dämmplatte, die sich aktuell noch in der Entwicklung befindet, getestet. Phenolharzschaum ist ein Hartschaum, den es in Plattenform zu kaufen gibt. Er ist so gut wie umsonst, 1 m² kostet nur knapp einen Euro. Früher wurde er oft als PF-Schaum im Bau verwendet, heute allerdings nicht mehr so häufig, da er möglicherweise mit der Zeit geringe Mengen von giftigen Gasen freisetzen kann. Ein Vorteil der Phenolharzschaumplatten war, dass sie sehr leicht und einfach mit einem Cutter zuzuschneiden sind, wie Butter mit einem Messer. Ein Nachteil der Platten ist aber, dass sie sehr brüchig sind: Im Labor brachen beim Zuschneiden fast 1/3 der Platten. Phenolharzschaum in 5 mm Dicke war nicht zu gebrauchen. Die Temperaturen waren eigentlich die gleichen wie beim Referenztest. Bei 8 mm und 12 mm Dicke war der Dämmungseffekt gut, ähnlich wie beim Isoplan, aber für viele gelagerte Materialien immer noch zu niedrig. Bei der Beflammung der ICT-Plattenkiste schäumte es aus den Öffnungen der Metallkiste hinaus. Die Temperaturen blieben bei 105 °C, ein wenig höher als bei Natriumcarbonat Decahydrat und Natriumtetraborat.

Schwierigkeiten

FRANZISKA KAISER, VIVIENNE
LEIDEL, NICO BARTELT

Ein Projekt ohne Probleme gibt es nicht – kann es gar nicht geben, so auch bei uns.

Klar, man ahnt schon im Vorhinein, wo Probleme auftreten könnten. Daher ist es hilfreich, wenn man sich bereits Gedanken zu den möglichen Schwierigkeiten gemacht hat, um einen Plan B in der Tasche zu haben.

Um technische Probleme bei technischen Projekten kommt man nicht herum. Wir konnten

uns zum Beispiel vorstellen, dass ein Computer ausfällt oder der Datenlogger abstürzt. Durch Berichte aus dem Fraunhofer ICT wussten wir, dass das Programm zur Aufnahme der Messergebnisse schnell abstürzen kann. Doch da wir konzentriert arbeiteten und immer präsent bei den Messungen waren, wurden die Versuchsreihen genau aufgenommen – fast alle – denn manche Ergebnisse waren verfälscht. Damit konnten wir nichts anfangen, weshalb wir sie wiederholen mussten. Im Nachhinein konnten wir sagen, dass unser selbsterstellter Zeitplan durchaus sehr eng kalkuliert war. Doch dies steckten wir mit viel Motivation und Engagement weg. So gelang es uns dann doch noch, alle von uns selbstgesetzten Ziele zu erreichen.



Unser Weg, unsere Arbeitsschritte auf einen Blick

Jedoch sind bei unserem Projekt auch einige Probleme aufgetreten, mit denen wir nicht gerechnet hatten, für die wir jeweils Lösungen finden mussten.

1. Ein Mitglied des TheoPrax-Kurses konnte leider nicht an der Sommerakademie teilnehmen. Deshalb musste Team Burn den Arbeitsaufwand auf drei Personen verteilen. Dank Unterstützung der anderen Teams konnten aber trotzdem alle Arbeiten bewältigt werden.
2. Der Phenolharzschaum war schwer in gleich dicke Platten zuzuschneiden. Somit musste

Team Flash jede einzelne Platte nachmessen und nach ihrer Dicke ordnen.

3. Das Natriumcarbonat Decahydrat verklumpete durch unsachgemäße Lagerung und musste von Team Genius zuerst gemörsert werden, um es in die Kisten einfüllen zu können.



Das große Finale – unsere Abschlusspräsentation

4. Bei der ersten Messung war die Temperatureinwirkung des Bunsenbrenners zu niedrig. Deshalb stellten wir den Bunsenbrenner bei den folgenden Messungen auf mehrere Isoplan1100-Platten, damit der heißeste Punkt der Flamme den Boden der Kiste berührte.

5. Die zwei verwendeten Messfühler zeigten bei gleicher Temperatur unterschiedliche Messwerte an. Durch den Vergleich mit einem dritten Messfühler konnten wir den defekten Messfühler ausfindig machen. Doch für Ersatz war gesorgt!

6. Bei der Messung mit Phenolharzschaum der Dicke 5 mm lagen die gemessenen Ergebnisse über denen der Referenzmessung. Das konnte nicht sein! Deshalb wiederholte Team Flash seine Messung, kam aber zu keinem anderen Ergebnis. Es stellte sich heraus, dass sich die Bodenisolationsplatte gehoben und der Messfühler sie durchstoßen hatte. Dadurch waren die Messverfälschungen zu erklären. Die dritte Messung lieferte dann endlich realistische Ergebnisse.

7. Von Anfang an gab es ein seltsames Phänomen im Labor: Ständig fiel der Strom aus, manchmal mitten in einer Messung. Doch nach ein wenig „Detektivarbeit“ entdeckten wir den Grund: der Notausschalter war an der engsten Stelle im Labor angebracht, und immer wieder kam aus Versehen jemand mit seinem Arbeits-

kittel dagegen und löste dadurch die Stromabschaltung aus. Nach dieser Entdeckung herrschte im Labor äußerste Vorsicht vor Notausschaltern!

8. Außerdem wurde das Benutzerkonto des Computers für die Datenaufzeichnung gesperrt, da auch „Hochbegabte“ versehentlich viermal das falsche Passwort eingeben konnten. Zum Glück entsperrte sich aber der Computer nach einigen Stunden automatisch wieder.

9. Team Burn schaffte es zudem, die Daten der ersten Messung im falschen Format zu speichern, was es somit unmöglich machte, sie als Diagramm darzustellen. Jedoch konnten die Daten dank unseres Computerkenners doch noch als Textdatei gespeichert und ausgewertet werden. Danke, Leonard!

10. Durch ständiges Öffnen der Labortüre kam es zu Luftzügen und kurzfristiger Sauerstoffzufuhr, die die Flamme vom Mittelpunkt weglenkte, was zu Messverfälschungen führte. Doch auch ein „Bitte-nicht-Stören“-Schild an der Labortüre hielt nicht alle davon ab, draußen zu bleiben und so lassen sich auch die Zacken in manchen Temperaturkurven erklären.

Fazit

SVEN SEITZ, VIVIENNE LEIDEL, NICO BARTELT

Für die meisten von uns war am Eröffnungswochenende „TheoPrax“ ein Begriff, von dessen Bedeutung wir, um ehrlich zu sein, keine Ahnung hatten, und doch hat er bei uns „TheoPraxlern“ etwas bewegt – und zwar dauerhaft, im positiven Sinne. Es war eine tolle Möglichkeit, auch im Hinblick unsere Zukunft. Wir sind froh, dass wir diese Chance bekommen und auch wahrgenommen haben. Es war fantastisch, so viel zu lernen – und das ganz anders als in der Schule.

Wir TheoPraxler haben uns für einen Kurs angemeldet, in welchem wir mithilfe von Partnern aus der realen Berufswelt ein Thema bearbeitet und dann sofort in die Praxis umgesetzt haben – eben Projektarbeit mit Ernstcharakter – auch wenn es nicht immer so ernst war. Das Projektergebnis war eine tolle Leistung des gesamten Teams: Alle zogen an einem Strang, um unser

Projektziel zu erreichen. TheoPrax steht für freudiges, anderes und vor allem leidenschaftliches Lernen, der Spaß kommt da auch nie zu kurz. TheoPrax, das bedeutet:

Theorie – Klingt total öde und langweilig, aber durch erfrischende Vorträge und anknüpfende Übungen hat uns selbst die Theorie Spaß gemacht.

Heiterkeit – Nicht nur in der Freizeit, sondern auch im Kurs ging es fast immer heiter zu. Denn wir fanden immer wieder einen Grund zu lachen. Wir erkannten, dass es sich mit Spaß und Freude einfacher arbeiten lässt.

Ernstcharakter – Besonders dieses Wort hat uns stolz gemacht. Wir waren der einzige Kurs, der es mit einem realen Auftraggeber und Projekt zu tun hatte.

O´zapft is – Ohne unseren Begleiter, den Tee, wäre unser Kurs wohl nicht möglich gewesen, also dann, Prost!

Praxis – Ob wir eine Beflammung durchführen oder unseren eigenen Projektstrukturplan erstellen, alles was wir gelernt haben, haben wir sofort in die Praxis umgesetzt.

Rauchende Köpfe – Probleme und der Stress in der Schlussphase brachten unsere Köpfe so zum Rauchen, dass man auf ihnen eine Beflammung hätte durchführen können.

Ausdauer – Viel zu lernen und viel zu tun und das in nur zwei Wochen – wirklich nichts für schwache Nerven!

X-tras – Auch Gummibärchen, Kekse und lustige Spiele zur Auflockerung waren im Kurs inbegriffen.

—> alles zusammen eben TheoPrax!

Kursübergreifende Angebote und weitere Veranstaltungen

Musik

NICO BARTELT, HELENE LÜNSER

Die Musik war auch bei dieser Akademie ein wichtiger Bestandteil der Freizeitangebote, der sogenannten KüAs („kursübergreifenden Angebote“). Die Melodien verhalfen uns Schülerinnen und Schülern, von den umfangreichen Lerninhalten der Kurse Abstand zu nehmen und zur Ruhe zu kommen.

Bereits am Eröffnungswochenende baten uns Elisabeth und Johannes, die Leiter der Musik-KüA, unsere Musikinstrumente und etwaige Wünsche nach Ensembles oder einem Chor in eine Liste einzutragen. Dadurch konnten sie einen ersten Überblick gewinnen, wie die Besetzung im Orchester und den Ensembles aussehen könnte. Auch das interne Forum der Science-Academy gab uns die Möglichkeit, uns im Vorfeld der Akademie auszutauschen.

Am Anreisetag konnte man bereits viele Schülerinnen und Schüler mit ihren Instrumenten im Reisegepäck sichten, die voller Freude den zwei Wochen Akademie entgegenfieberten.

Alle Musikbegeisterten fanden sich schließlich zusammen, um gemeinsam Stücke für das Orchester und die Ensembles auszuwählen.

Nach der Auswahl der Stücke begann auch schon die Probezeit des Orchesters für den Hausmusikabend, denn dieser rückte von Tag zu Tag näher. Dafür übten wir täglich in der ersten Schiene von 13:45 bis 14:45 Uhr. Anschließend konnte man im Chor von Elisabeth oder in den jeweiligen Ensembles proben.

Am Anfang bestand das Orchester aus vier Flöten, die die Sopranstimmen übernahmen. Dazu gesellten sich drei Violinen, die meist die Melodien prägten. Die Klarinetten sowie die Fagotte spielten ebenfalls eine wichtige Rolle in dem Orchester. Und die zwei Pianos darf man nicht vergessen, die häufig den Rhythmus

angaben. Zum Ende hin gesellte sich noch ein Akkordeon zu uns.

Je weiter wir uns dem Hausmusikabend näherten, desto mehr kümmerten wir uns im Orchester um Tempi, Betonung und Dynamik, um all die Musikinstrumente zu einem Orchester zu verschmelzen.



Wir bereiteten drei Stücke aus der Nussknacker-Suite von Tschaikowski vor, wobei wir jedoch nur den Russischen Tanz sowie den Tanz der Rohrflöten am Hausmusikabend aufführten.

Auch der Chor studierte zwei Stücke ein, „Adieu“ und „Only you“ für drei Stimmen. Während den Proben war immer gute Stimmung, und häufig mussten Elisabeth und Johannes wiederholt um Ruhe bitten, weil mindestens drei aus lauter Begeisterung weitersangen, ob-

wohl gerade nur eine kleine Stelle geprobt werden sollte. Nach den Proben liefen wir stets gut gelaunt und singend oder summend zum nächsten Programmpunkt.

Uns gelang es, mithilfe der Band und den Ensembles einen gelungenen Hausmusikabend auf die Beine zu stellen. Besonders die Band mit den Stücken wie „My heart will go on“ oder „Halleluja“ faszinierte das Publikum.

Auch bei der Feierstunde am Mittwoch wurde durch die Musik-KüA für musikalische Abwechslung gesorgt.

An dieser Stelle möchten wir uns ganz herzlich bei Elisabeth und Johannes bedanken, ohne deren Unterstützung und Engagement bei den Proben sowie den Auftritten wir niemals solche Musik dem Publikum hätten vorführen können. Dankeschön!

Theater

REBEKKA ANGENENDT, SVEN SEITZ

„Theater muss sein“, dieses Motto galt auch bei der diesjährigen Science Academy im Rahmen der Theater-KüA. Diese wurde von Sebastian geleitet, der dabei von der Kursleiterin Jana und dem Schülermentor Philipp unterstützt wurde. Beim ersten Treffen kamen dann auch 17 Teilnehmer zusammen, die alle mitspielen wollten. Super, oder? Doch erst einmal musste ein Stück her, das wir am letzten Abend vor versammelter Mannschaft und den Eltern aufführen konnten. Nachdem wir uns mit drei Stücken näher beschäftigt hatten, entschieden wir uns nach einer kurzen Diskussion für „Die Mausefalle“ von Agathe Christie:

In England eröffnet das junge Ehepaar Mollie und Giles Ralston die Pension „Monkswell Manor“. Bald treffen auch die ersten Gäste ein: Eine vornehme, ältere Dame, eine Frau, die man eher mit Mannsweib betiteln könnte, ein pensionierter General und ein junger Architekt. An diesem Tag herrscht aber ein gewaltiger Schneesturm, sodass bald noch ein Mann erscheint, dessen Auto sich im Schnee überschlagen hat, und um ein Zimmer bittet.

Am nächsten Tag kündigt ein Polizist an, dass er kommen würde, nennt aber nicht den Grund.

Weil man sich für gänzlich eingeschneit hält, glaubt man nicht, dass der Polizist es schaffen würde durchzukommen. Kurz darauf kommt er aber doch zu den Eingeschnittenen und erklärt sein Erscheinen: Am Tag zuvor wurde eine Frau ermordet und aufgrund eines Tagebucheintrags und eines Zettels auf der Leiche, der auf das Lied „Drei kleine blinde Mäuse“ aufmerksam macht, vermutet man, dass es in der Pension zwei weitere Morde geben soll. Und noch etwas: Einer von den Personen, die sich in der Pension aufhalten, ist vermutlich der Mörder. Wenige Stunden darauf wird die alte Dame von der Hausherrin ermordet aufgefunden ...

Das Stück ist perfekt: Ein saftiger Mord, schwarzer Humor, und jeder macht sich verdächtig, der Mörder zu sein. Jetzt müssen wir es nur noch einstudieren und aufführen. Wenn das so einfach wäre ... Zuerst mussten wir den Text lesen und die Rollen verteilen. Zum Glück spielten wir in Doppelbesetzung, sodass jeder nicht zu viel Text lernen musste. Trotzdem war es nicht gerade leicht, den Text in nur acht Proben auswendig zu lernen, da ging dann schon mal die Mittagspause drauf, und alle Teilnehmer der Akademie mussten mitlernen und uns abfragen. Aber so hat es dann auch mehr Spaß gemacht.

In den KüA-Schienen probten wir den Text dann vertieft, und nach einer Woche sind wir auf die Bühne in der Turnhalle gegangen, um szenisch zu proben. Zu Beginn jeder Probe wärmten wir uns stimmlich und körperlich mit spielerischen Theaterübungen auf, aber danach wurde mehr oder weniger ernst gearbeitet.

Und wir wurden immer besser und besser. Doch dann, wenige Tage vor der Aufführung, kam ein kleiner Schock: Obwohl wir den Text bereits mehrere Male gekürzt hatten, waren wir noch über unserem Zeitlimit. Also musste noch einmal der Text gekürzt werden, obwohl wir diesen bereits so gut umgesetzt hatten. Dann hat es aber zeitlich endlich gepasst, sodass wir uns voll und ganz auf unsere Darstellung konzentrieren konnten – und auf die Stühle. Denn unser Bühnenbild bestand aus einem einzigen Meer von Stühlen. Natürlich blieben nicht immer alle Stühle stehen, auch bei der Aufführung nicht.

Ja, die Aufführung! So lange haben wir darauf hingearbeitet, und dann war es so weit. Man muss wohl nicht erwähnen, dass wir aufgeregt waren. Aber dann standen wir auf der Bühne, und der Vorhang öffnete sich und schloss sich wieder: Alles war gut gelungen. Nach so langer Arbeit konnten wir stolz auf uns sein und den Applaus genießen.

Vielen Dank an unsere KüA-Leiter, die uns dieses Erlebnis erst ermöglicht haben!

Zeitungs-KüA

WENDY YI, FRANZISKA KAISER

Morgens kurz vor halb sieben in einem Ort, irgendwo im Norden von Baden-Württemberg, zwischen Wald und Wiesen: Erstes Getrampel auf dem Flur, ein Blick auf die Uhr und ein verständnisloses Kopfschütteln von uns Zeitungs-KüA-Teilnehmern: wie kann man nur freiwillig morgens um halb sieben Frühsport machen? Umdrehen und weiterschlämmern! Doch nur wenige Minuten später hatte auch unsere Nacht ein jähes Ende. Mit einer schrecklich schiefen Version von „Für Elise“ ging es aus dem Bett und ab ins Bad, denn um sieben Uhr traf sich die Zeitungs-KüA. Mit dem Läuten der Kirchenglocken waren wir dann auch (fast) komplett.

Da wir weder in der Sofaecke noch später im Plenum besonders viel Zeit hatten, lasen wir nur die für uns wichtigen Zeitungsartikel und fassten diese dann zusammen. Meist war es sehr still beim Lesen, da wir alle sehr auf die Zeitungsberichte konzentriert waren, aber ab und zu konnte man auch mal lautes Gelächter hören, beispielsweise, wenn wir lustige Meldungen in der Randspalte der Zeitungen fanden. Als dann die ersten Akademieteilnehmer müde in die Mensa schlurften, diskutierten wir in ein letztes Mal den Ablauf nachher im Plenum.

Im Plenum wurde es dann ernst. Jeder von uns trug seinen Part vor, was vor allem beim Sport teilweise zu emotionalen Reaktionen im Publikum führte. Aber auch andere Themen interessierten die Teilnehmer, besonders die oben erwähnten Nachrichten aus den Randspalten erheiterten alle regelmäßig. Schließlich wurden wir mit lautem Applaus belohnt und durften

erst mal ruhen, allerdings nur so lange, bis wir am nächsten Tag wieder um dreiviertel sieben aus dem Bett geklingelt wurden ...

Zum Schluss noch ein riesiges Dankeschön an unsere KüA-Leiterinnen Irina und Johanna, die sich jeden Tag tapfer, noch früher als die Jogger, aus dem Bett gequält haben, um die Zeitungen für uns aus der Mensa zu holen und mit uns die kontroversesten Themen zu diskutieren.

Tanzen

LISA MIRLINA, ANNA ZIELKE

Neben den vielen anderen KüA-Angeboten hatten wir auch die Gelegenheit, Standard-, Latein- und Partytänze und sogar einen Latinotanz zu erlernen. Die abendliche Tanz-KüA bildete für viele Teilnehmer den krönenden Abschluss unseres Akademiealltags.

Kevin leitete diese KüA und brachte uns das Tanzen bei. Er selbst entdeckte seine Begeisterung für diesen Sport bei seiner eigenen Akademie 2006 und tanzt nun bereits auf Turnieren für Hobbytänzer. Entgegen unserer Befürchtung war das Verhältnis von Jungen und Mädchen relativ ausgeglichen, sodass jedes Mädchen mit einem Jungen die neu erlernten Tanzschritte einüben konnte. Wenn es doch einmal nicht ganz aufgegangen war, übernahmen die erfahrenen Tänzerinnen unter uns die Rolle des Mannes.

Die Abwechslung des Programms begeisterte uns alle: Ob Modetänze wie Discofox, Standardtänze wie Foxtrott, Langsamer Walzer oder Partytänze wie der Freestyle und der Linedance, den wir auf das Lied „Party Shaker“ tanzten, – es war für jeden etwas dabei. Auch lateinamerikanische Tänze wie Cha-Cha-Cha und Rumba und der Latinotanz Salsa, den wir unter der Leitung von Maria und Petra erlernten, sowie der griechische Sirtaki sorgten für viel Begeisterung.

Getanzt wurde nicht nur während der KüA-Schiene. Auch bei unserem Bergfest und am Abschlussabend wurden ebenfalls neue Figuren eingeübt.

Wir möchten uns daher ganz herzlich bei Petra, Maria und vor allem bei Kevin bedanken,

der auch für die Musik bei unseren beiden Festen zuständig war! Das Tanzen hat uns allen viel Spaß bereitet, und bei so manchem wurde während der Akademie die Begeisterung dafür geweckt.



Sport

CARINA RUPP, ANNA-CELINA SCHMID

Das Sportangebot während der Akademie begann an jedem Tag schon vor dem Frühstück: Um 6:30 Uhr hatten wir die Möglichkeit zu Joggen oder in der Sporthalle unsere Fitness zu verbessern. So konnte jeder seinen morgendlichen Frühsport betreiben.

Nachmittags wurde die eigentliche Sport-KüA angeboten, zu der auch die kamen, die morgens doch lieber noch eine halbe Stunde liegen geblieben waren. Vanessa, unsere Sportmentorin, überlegte sich für die täglichen zwei Stunden verschiedene Sportarten, sodass für jeden von uns das Richtige dabei war.

Die Sportanlagen des LSZU boten uns viele Möglichkeiten, sodass wir neben Fußball auch Ultimate Frisbee, Beachvolleyball und Basketball spielen konnten. Wir durften selbst auswählen, welchen Sport wir machen wollten. Beispielsweise hatten wir die Möglichkeit, neue Techniken im Ultimate Frisbee kennenzulernen, die Alex uns sehr professionell erklärte, und die wir dann sofort auf dem großen Rasenplatz testeten.

Auf dem roten Platz wurden des Öfteren kleine Basketball- und Indiacamatches gespielt, und auch die Beachvolleyballfelder waren immer voll besetzt. Zwischendurch gab uns Vanessa immer wieder kleine Tipps, sodass wir schon



bald richtig gute Spiele aufbauten und dabei mit vollem Körpereinsatz versuchten zu gewinnen. Dabei ging es nicht nur um den Sieg auf dem eigenen Feld, sondern auch darum, besser als das Konkurrenzfeld zu spielen. Es war für jeden etwas dabei, und selbst Regen konnte uns nicht von unserem täglichen Sportangebot fernhalten, denn dann konnten wir in die Sporthalle ausweichen.



Die Sport-KüA hat uns allen immer großen Spaß gemacht, und wir möchten uns bei Vanessa bedanken, die uns während der KüA mit Rat und Tat zur Seite stand, sodass die Sport-KüA nie langweilig wurde. Auch das Sportfest, das sie organisiert hatte, war ein voller Erfolg.

Physik

Nahezu jeden Tag wurde eine Physik-KüA von Hans Geerds angeboten. Aufgrund begrenzter Ressourcen konnte jede KüA-Schiene nur mit maximal 10 Teilnehmern stattfinden, sodass die Anmeldeliste meist schon wenige Minuten nach dem Plenum voll war. Nach der Erklärung der Funktionsweisen verschiedener elektroni-

scher Schaltkreise, wandten wir diese an und löteten sie selbst. Von einer Sirene über einen Morse-Signalgeber bis zu Taschenlampen war viel Abwechslung dabei. Stets wurde auch der Hintergrund zu den jeweiligen Geräten erklärt, beispielsweise eine kurze Einführung in den Amateurfunk beim Morse-Signalgeber.

Es gab aber auch KüA-Schienen, in denen die Lötkolben kalt blieben: Einmal stellten die Teilnehmer unter genauer Anleitung dreiflügelige Bumerangs mit Hilfe von Schleifmaschinen und Schmirgelpapier her, die in der Praxis eindrucksvolle Flugeigenschaften zeigten – teilweise direkt in den nächsten Baum.

Etwas ganz anderes war die sogenannte Fuchsjagd: Im Vorfeld hatte Hans Geerds vier Peilsender, die „Füchse“, auf dem gesamten Gelände versteckt. Jeder „Fuchs“ sendete eine für ihn spezifische Kennung. Die Teilnehmer wurden in Zweierteams eingeteilt und bekamen jeweils einen Empfänger. Nun begann ein Wettlauf, bei dem es darum ging, möglichst schnell alle Füchse zu finden. Wer diese Herausforderung gemeistert hatte, wurde mit Süßigkeiten und einer Urkunde belohnt.

Das enorme Gedränge vor der Anmeldeleiste und der (zum Leidwesen einiger Kursleiter/-Nachtaufsichten) häufige Gebrauch der hergestellten Objekte zeigte deutlich die große Beliebtheit dieses Angebots.

Gutenachtgeschichte

IZEL GEDIZ

Es war später Abend. Die Uhr schlug viertel elf, als etwa 40 Schüler in Schlafanzügen und manche mit Kissen in den Gang des Treppenhauses strömten, denn wie fast jeden Abend gab es vor dem Zubettgehen noch eine kurze Gutenachtgeschichte.

Anfangs etwas skeptisch, doch vom Trubel angezogen, gesellten sich die folgenden Abende auch die heimlichen Treppenlauscher zu uns, sodass die Gutenachtgeschichte immer gut besucht war. Selbst die Jungs, die sich am ersten Abend noch schüchtern auf der Treppe zusammengedrängt und vorsichtig in den „verbotenen Stock“ hochgeschickt hatten, trauten sich bald

zu uns nach oben, und so entstand eine ausgelassene, gemütliche Atmosphäre.

Meist las uns Patricia aus einem Buch von Horst Evers vor, einer Sammlung lustiger Kurzgeschichten über Kaffeefüllautomaten, Steinobstschalen und andere Katastrophen des Alltags.

Patricia schaffte es immer wieder, den Geschichten durch ihre lebendige Art des Vorlesens Leben einzuhauchen, und wir amüsierten uns köstlich über Horst und sein ganz normales, furchtbar kompliziertes Leben.

Eines Abends wurden wir von Alexander, dem Kursleiter des Physikkurses überrascht, der extra für uns einen Poetry-Slam von Patrick Salmen mitgebracht hatte, der uns alle so stark zum Lachen brachte, dass wir uns nicht mehr halten konnten.

Die Gutenachtgeschichte war ein schönes Ritual, bei welchem wir uns nach einem anstrengenden Tag noch einmal entspannen und gemeinsam herzlich lachen durften, bevor wir uns anschließend glücklich und leise lächelnd zum Schlafen in unsere Zimmer verzogen.

EVE ARDIZZONE

Als der Begriff [REDACTED] eines Morgens im Plenum auf dem KüA-Plan stand, hatte natürlich keiner eine Ahnung, um was es sich dabei handeln sollte. Georg erklärte uns daher, dass der World Wildlife Fond (WWF) [REDACTED] ausbilde. Diese würden in Alaska dringend gebraucht, um für ökologische Studien [REDACTED] zu [REDACTED]. Des Weiteren sei dies unter Studenten ein beliebter und lukrativer Ferienjob.

Die Misstrauischen unter uns waren sich nicht sicher, ob Georg wirklich die Wahrheit sprach. Ihnen entgingen vor allem die Gesichter der Kurs-, KüA- und Akademieleiter nicht, die sich offensichtlich sehr anstrengen mussten, nicht in Gelächter auszubrechen. Trotzdem überwog bei den Meisten von uns die Neugier.

Zu Beginn der KüA mussten wir zu allererst schwören, gegenüber Jedermann Stillschweigen über die Inhalte und die Durchführung der

■■■■■ zu bewahren, bis wir selbst ■■■■■ wären.

Dann ging es los: Georg erklärte, dass wir mit Hilfe von ■■■■■ echte ■■■■■ simulieren würden, da so ein realistisches Szenario geschaffen würde. Beim ersten ■■■■ sagte uns Georg, wie viele ■■■■ und ■■■■ zu sehen seien. Erst waren wir alle vollkommen verwirrt und hatten keine Ahnung, wo auf den ■■■■ ■■■■ zu erkennen sein sollten, aber nach und nach riefen immer mehr von uns „Ah!“, „Mann, ist das einfach!“ oder „Oh mein Gott bin ich blöd!“, während die, die noch keine Erleuchtung bekommen hatten, sich immer dümmer vorkamen, weil sie immer noch keine ■■■■ auf dem Tisch zu Gesicht bekommen hatten. Kaum hatte man gedacht, einen ■■■■ oder eine ■■■■ gesehen zu haben, stellte sich dies oft beim nächsten ■■■■ als Illusion dar.

Nach und nach erreichten wir ■■■■ ■■■■ und größere ■■■■, sodass neben den ■■■■ und ■■■■ auch ■■■■, ■■■■ mit ■■■■ ■■■■, ■■■■ ■■■■ und ■■■■, ■■■■ und zu guter Letzt auch ■■■■. Trotz immer anspruchsvollerer ■■■■ stiegen immer mehr von uns in den Rang eines Assistenten ersten, zweiten, dritten oder sogar vierten und fünften Grades auf. Besonders stolz waren die Absolventen des dritten Grades, dass sie nun auch selbst ■■■■ durften.

Am 1. 9. 2012 kam Frau Viermann vom WWF nach Adelsheim, um die Prüfungen nach der ■■■■ des WWF – Sektion ■■■■ abzunehmen. Nicht alle schafften es zwar beim ersten Mal, aber nach zwei oder drei Versuchen hatten alle, die es gewagt hatten nach vorne zu gehen und die Prüfung abzulegen, diese auch bestanden. Diese Glücklichen durften am nächsten Morgen im Plenum stolz ihre Urkunde entgegennehmen. Jene – und nur jene – sind es auch, die ihr Wissen über das ■■■■ weitervermitteln dürfen.

Bergfest

RIZA-MARIA BERZ

Nach einer anstrengenden Rotation und erfolgreichen Rotationspräsentationen konnten wir

uns endlich auf das Highlight des Tages freuen: Das Bergfest (ugs. Börgfest).

Das Fest, das tatsächlich auf einem Berg (dem Eckenberg) stattfand, sollte uns die Möglichkeit geben, nach der Hälfte der Akademie auf die schöne Zeit hinter uns und auf die erlebnisreiche Woche vor uns zu blicken.

Schon zwei Tage vor der Festlichkeit begann das Organisationsteam mit den Vorbereitungen, vom Aufbau über ein unterhaltsames Programm und leckeren Snacks bis hin zum Aufräumen. Die Aufregung und die freudige Erwartung wuchsen immer mehr.

Um acht Uhr war es dann endlich so weit, und die Akademieband leitete das Fest mit dem Song „Euphoria“ von Loreen ein. Den weiteren Abend moderierten die Teilnehmer Sven und Sebastian witzig und unterhaltsam.

Nach einer ausschweifenden und lustigen Eröffnungsrede von (einem anderen) Sebastian begann der Wettstreit zwischen den Leitern und den Teilnehmern, dessen Spiele sich über den ganzen Abend verteilten.

Noch in der ersten Runde, einem Schubkarrenrennen, gewannen die Teilnehmer. Aber schon im zweiten Spiel, das ein Quiz war, mussten wir uns am Ende gegen unsere Leiter geschlagen geben.



Das nächste Spiel „Apfelkuss“ erforderte zwei mutige Freiwillige, die sich einen Apfel über eine Strecke lang nur mit dem Mund weitergeben sollten. Nach zwei Läufen ging auch dieser Punkt knapp an die Leiter.

In der nächsten Runde waren akrobatische Leistungen im Limbotanz gefragt, und obwohl die Teilnehmer gewannen, zeigten sich bei dieser

Herausforderung erstaunliche Fähigkeiten bei den Leitern.

Das letzte Spiel musste nun entscheiden, wer an diesem Abend gewinnen sollte. Dieses bestand aus mehreren Herausforderungen, bei welchen es zwei Teams mit jeweils vier Leuten schaffen mussten, mit einer vorgegeben Anzahl von Händen und Füßen den Boden zu berühren. Nach diesem – leider klar entschiedenen – Match siegten die Leiter im Wettkampf gegen die Teilnehmer.

Bereichert wurde dieser unvergessliche Abend unter anderem auch durch viele lustige Beiträge, wie zum Beispiel die „Impro-Theater-Einlage“, die die Schauspielkunst einiger ahnungsloser Freiwilliger erforderte. Ein Sketch über die klägliche Kopfrechnen-Situation in Familienkreisen sowie der Sketch über die – natürlich nicht vorhandene – Notwendigkeit des Fernsehens trugen zur fröhlichen Stimmung des Festes bei. Nicht zu vergessen ist auch der tolle Auftritt der „Saunafreunde“.

Den Höhepunkt bildete die mit Spannung erwartete Siegerehrung des diesjährigen Sportfestes.

Nach dem Programm begann der inoffizielle Teil des Abends, der hauptsächlich aus guter Musik von zwei DJs und ausgelassenem Feiern und Tanzen bestand. Zur Freude der Teilnehmer wurde das Bergfest erst nach der vorgesehenen Zeit beendet. Müde und zufrieden gingen wir daraufhin in unsere Betten, um uns schon früh am nächsten Morgen dem Aufräumen und dem Akademiealltag zu widmen.

Das Sportfest – vom Gummistiefelwurf und anderen olympischen Disziplinen

PAUL WEISKE

Wir waren in Adelsheim nicht nur fleißig am Denken, nein, auch der olympische Gedanke kam nicht zu kurz. Nach der Hälfte der Akademie wurde ein Sportfest veranstaltet, bei welchem alle Kurse gegeneinander antraten.

Nachdem wir von unseren Schülermentoren mit einem kleinen Aufwärmprogramm auf Trab ge-

bracht worden waren und uns mit Schlachtrufen wie „Theo Präääx“ oder „Astro-Power“ motiviert hatten, maßen wir uns in verschiedenen Disziplinen. Diese waren jedoch weitaus kreativer als bei der Olympiade in London, denn sie waren sehr viel exotischer. So traten wir in Sportarten wie Gummistiefelweitwurf, Pflaumensteinweitspucken, Staffellauf in Taucherflossen, Kleinbus-Ziehen und allerhand Balancier- und Gleichgewichtsdisziplinen gegeneinander an. Den krönenden Abschluss bildete schließlich ein Staffellauf, bei welchem Wasser mit Schwämmen in einen Eimer transportiert werden musste. Hier kam es auf Grund von kleineren Missgeschicken noch zu überraschenden Wendungen in der Gesamtwertung.



Zu unserer aller Enttäuschung wurden die Ergebnisse erst einen Tag später beim Bergfest verkündet, sodass wir noch eine ganze Weile auf die Folter gespannt wurden. Strahlender Sieger war der Physikkurs. Den zweiten Platz auf dem Treppchen belegte der Digitaltechnikkurs. Bronze gewann der Medizinkurs. Bemerkenswert ist die Platzierung des TheoPrax-Kurses. Dieser brach nämlich mit der unglücklichen Tradition, beim Sportfest Letzter zu werden und wurde entgegen aller Erwartungen weder Letzter noch Vorletzter, sondern sogar Vierter. Damit hatte – außer uns TheoPraxlern – niemand gerechnet.

Nachtwanderung

LENA KLÖSEL

Nachdem wir uns mit den Sternen, Sternbildern, dem Mond und anderen Objekten unseres Nachthimmels vertraut gemacht hatten, plan-



ten wir mit allen Teilnehmern der Akademie eine Nachtwanderung. Ziel dieser Wanderung sollte eine freie Wiese zum Beobachten und Erklären der Sterne sein.

Jeweils mit zwei Teilnehmern unseres Astronomiekurses, die Weg und Sternbilder kannten, trafen sich sechs Teilnehmergruppen aus den anderen Kursen zu unterschiedlichen Zeiten vor dem Plenum. Bewaffnet mit Sternkarten, Ferngläsern und Rotlichttaschenlampen machten sich die Gruppen zwischen 21:15 und 22:30 Uhr auf den Weg in den Wald. Geschützt vor störendem Licht konnten wir hier an Lichtungen und einem baumfreien Platz den anderen beibringen, was wir in den Tagen zuvor gelernt hatten.

Sternbilder wie der Große Wagen und die Cassiopeia (das „Himmels-W“) waren den meisten bekannt, doch als es dann „ans Eingemachte“ ging, war es für uns sehr schwer, den anderen Teilnehmern die genaue Position von einigen Sternen zu zeigen. Um Sternbilder wie die des Sommerdreiecks wirklich allen begreiflich zu machen, erzählten wir Geschichten aus der griechischen Mythologie, die man sich zu den Göttern und den dazugehörigen Sternbildern ausgedacht hat.

Angekommen an unserem Ziel auf einem freien Feld mit Rundumsicht auf den sternenklaren Himmel begrüßten uns Anna, Carolin, Dominik und einige Teleskope herzlich. Durch diese zeigten wir den anderen mit tatkräftiger Unterstützung unserer Kursleiter Himmelsobjekte wie den Mond mit seinen Kratern, einen Kugelsternhaufen (eine Anhäufung von Millionen Sternen) und ein Doppelsternsystem (zwei Sterne, die nahe beisammen stehen). Wir erklärten,

was man durch die Teleskope sehen konnte, und gaben noch ein paar weitere interessante Informationen, z. B. dass das Licht des Mondes 1,28 s bis zur Erde braucht. Das heißt, man sieht ihn so, wie er vor 1,28 s war. Zwischen durch zeigten wir noch mit Hilfe eines starken Laserpointers einige Sternbilder, die man eigentlich nur mit geübtem Auge erkennen kann.

Als alle einmal die Himmelsobjekte betrachtet hatten und die übrig gebliebenen Fragen beantwortet waren, ging es wieder zurück nach Adelsheim, wo die meisten sofort todmüde ins Bett fielen. Wie auch in den vergangenen Jahren verlief sich eine Gruppe während der Wanderung im Wald, was jedoch nicht sehr tragisch war, da der richtige Weg schnell wiedergefunden wurde.

Die Nachtwanderung war nicht nur für uns Astros eine spannende Erfahrung, auch den anderen Teilnehmern hat sie sehr viel Spaß gemacht, und das nicht nur weil dadurch die Bettruhe nach hinten verschoben wurde.



Astronomen zeigen Himmelsobjekte durch Teleskope

Themenabend: Prof. Dr. Hanns Ruder zu Besuch

ASTRONOMIE-KURS

Am Mittwoch der zweiten Akademiewoche fand der Themenabend statt. Herr Prof. Ruder von der Universität Tübingen hielt einen fesselnden Vortrag über seinen Weg vom Amateur zum Profiastronomen.

Schon vor dem Vortrag gelang es uns, Prof.

Ruder durch unser selbstgemachtes Stickstoff-Speiseeis zu beeindrucken. Er stellte die Qualität unseres Eises sogar mit der von Mövenpick gleich! Gesättigt machten wir uns auf den Weg ins Plenum, um den Vortrag „Mir hat es immer Spaß gemacht – Vom Amateur- zum Profiastronom und zurück“ von unserem Gast zu hören.



Prof. Ruder stärkt sich vor seinem Vortrag noch kurz mit Akademieeis

Vor Beginn seiner Präsentation veranlasste ihn ein Anruf zunächst dazu, uns von seiner Autopanne auf der Anreise zu erzählen und sorgte so für eine lockere Atmosphäre.

Begeistert von der modernen Technologie startete er die PowerPoint-Vorstellung und versetzte uns in seine Jugendzeit zurück, in der er schon ein frühes Interesse an der Astronomie zeigte. So baute er sich als Teenager ein eigenes Spiegelteleskop, mit dem er beeindruckende Mondbilder machte. Die Vorstellung, aus so wenigen Mitteln sein eigenes Teleskop mit einer so guten Bildqualität selbst bauen zu können, faszinierte uns sehr.

Da sein Vater mit einem Astronomiestudium nicht einverstanden war, einigten sie sich auf ein Studium der Physik. Trotzdem verfolgte er seine Leidenschaft weiter und setzte sein Studium mit dem Schwerpunkt Astronomie fort. Er zeigte uns damit, dass man im Leben immer das machen sollte, was einen interessiert, und motivierte uns, unsere Leidenschaft zu verfolgen, welche auch immer das sein mag.

Er erzählte uns von seinem weiteren Leben, seinen Forschungen und unzähligen Projekten im Bereich der Astrophysik, was uns schwer beein-

druckte. Beispielsweise berichtete er von seinen Beobachtungen und Theorien zu Doppelsternsystemen aus zwei Neutronensternen. Obwohl selbst wir aus dem Astrokurs dabei nicht allen seinen Erklärungen folgen konnten, gewährte er uns trotzdem einen tiefen Einblick in seine wissenschaftliche Arbeit und deren Ausmaß.

Im Laufe seiner Karriere hat er auch viele Teleskope auf der ganzen Welt aufgebaut, darunter auch das ROTAT-Teleskop in der Provence, das er für Lehrzwecke eingerichtet hat. Viele Schulklassen können dieses von der Stiftung Interaktive Astronomie und Astrophysik betriebene Teleskop nutzen. Auch wir hatten während der Akademie die tolle Gelegenheit dazu. Außerdem hilft er bei der Erbauung des Teleskops auf dem Royal Clock Tower in Mekka.

Seinen Vortrag gestaltete er sehr interessant, indem er einzigartige und witzige Anekdoten seines Lebens einfließen ließ. Besonders beeindruckend war auch, dass er sich trotz seines körperlichen Handicaps nie von seinem Weg abbringen ließ. Nicht einmal Löwen und andere Raubtiere konnten ihn davon abhalten, an einem Observatorium in Afrika zu beobachten!

Für uns alle ist Prof. Dr. Hanns Ruder während seiner Präsentation zu einem Vorbild geworden. Er hat sehr viel in seinem Leben erreicht, ist sich selbst und seinen Interessen immer treu geblieben und versucht nun, jungen Leuten wie uns seine Erfahrungen nahe zu bringen. Dies tut er zum Beispiel mit Hilfe des Einsteinmobils und Vorträgen für Schüler und Studenten.

Danksagung

In diesem Jahr fand die JuniorAkademie Adelsheim / Science Academy Baden-Württemberg bereits zum 10. Mal statt. Zu unserer großen Freude kamen zur Feierstunde des zehnjährigen Jubiläums rund 350 Festgäste. Wir möchten uns an dieser Stelle bei allen ehemaligen Teilnehmern, Akademie- und Kursleitern, Assistenten und Schülermentoren für die gute Zusammenarbeit und ihr außerordentliches Engagement und ihre Kreativität über die vielen Jahre hinweg ganz herzlich bedanken.

Finanziert wurde die diesjährige Akademie in erster Linie durch die großzügige Unterstützung der H. W. & J. Hector Stiftung sowie durch Spenden ehemaliger Teilnehmer der JuniorAkademie und deren Eltern und dem Förderverein der Science Academy Baden-Württemberg e. V. Dafür sei an dieser Stelle allen Unterstützern ein ganz herzliches Danke gesagt.

Auf administrativer Ebene findet die JuniorAkademie Adelsheim als Projekt des Regierungspräsidiums Karlsruhe Unterstützung am Ministerium für Kultus, Jugend und Sport, Baden-Württemberg, sowie bei Bildung & Begabung gGmbH Bonn. Namentlich möchten wir unseren Dank an Herrn Prof. Dr. Werner Schnatterbeck, den Schulpräsidenten im Regierungspräsidium Karlsruhe, an Frau Hannelore Buchheister, die Referatsleiterin des Referates 75 – Allgemein bildende Gymnasien, und an Herrn Volker Brandt aus Bonn richten, der die Deutschen Schüler- und JuniorAkademien koordiniert.

Auch in diesem Jahr fanden am Eckenberg-Gymnasium mit dem Landesschulzentrum für Umwelterziehung (LSZU) in Adelsheim während der letzten beiden Wochen der Sommerferien etwa hundert Gäste eine liebevolle Rundumversorgung vor. Für diese logistische Meisterleistung sowie den freundlichen Empfang als auch den offenen Umgang mit allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sei hier stellvertretend Herrn Meinolf Stendebach, dem Schulleiter des Eckenberg-Gymnasiums, und Herrn Bürgermeister Klaus Gramlich besonders herzlicher Dank ausgesprochen.

Trotz der vielen tragenden Säulen bildet aber das Fundament für unser Akademiegebäude die hingebungsvolle Arbeit der Kurs- und KüA-Leiter, der Schülermentoren und der Assistenz des Leitungsteams. Ein großer Dank gilt Jörg Richter, der wieder für die Gesamterstellung der Dokumentation verantwortlich war.

Die Hauptpersonen, die auch in diesem Jahr unsere Akademie wieder zum Leben erweckt haben, sind aber die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Ihnen gebührt ein ganz besonderer Dank, ebenso deren Eltern für ihr Vertrauen und nicht minder den Schulen, die sich der Mühe unterzogen haben, eine geeignete Kandidatin oder einen geeigneten Kandidaten vorzuschlagen.