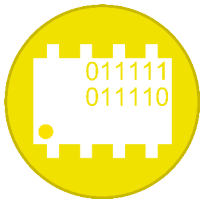
Deutsche JuniorAkademien

JuniorAkademie Adelsheim

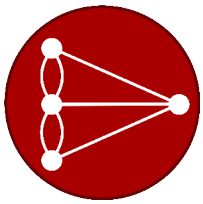
12. Science Academy Baden-Württemberg 2014



Digitaltechnik

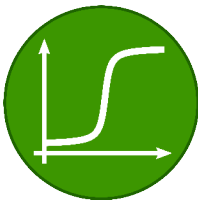
Geophysik

Geschichte/Germanistik



Mathematik

Physik



TheoPrax

H.W. & J. Hector Stiftung

Regierungspräsidium Karlsruhe
Abteilung 7 – Schule und Bildung

Dokumentation der JuniorAkademie Adelsheim 2014

12. Science Academy Baden-Württemberg

Träger und Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2014:
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 12. JuniorAkademie Adelsheim 2014 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mit Hilfe von LaTeX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter
Druck und Bindung: RTB Reprotechnkik Bensheim
Copyright © 2014 Georg Wilke, Petra Zachmann

Vorwort

Die Science-Academy Baden-Württemberg fand in diesem Jahr bereits zum 12. Mal am Landesschulzentrum für Umwelterziehung auf dem Eckenberg in Adelsheim statt. Gemeinsam mit einem fast 30-köpfigen Leiterteam verbrachten hier rund 70 Schülerinnen und Schüler aus ganz Baden-Württemberg die zweiwöchige Sommerakademie, das Eröffnungswochenende und das Dokumentationswochenende.

Am Eröffnungswochenende stehen sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer gegenüber, ohne sich jemals zuvor begegnet zu sein. Am Dokumentationswochenende hat sich jeder von ihnen nicht nur in die wissenschaftlichen Inhalte seines Kurses vertieft, sondern sich auch persönlich weiterentwickelt.

Während der gemeinsamen Zeit wurde aus diesen einzelnen Personen eine große Gemeinschaft. Es entstand eine Atmosphäre, die die Zeit zu einer sehr besonderen machte. Das Gefühl, im Kurs eine „bahnbrechende“ Erkenntnis gewonnen zu haben und etwas Neues ausprobiert zu haben, trägt ebenso dazu bei wie das Gefühl, seine Grenzen kennengelernt zu haben, vielleicht überwunden zu haben, zumindest aber daran gewachsen zu sein. Auch sind es der respektvolle Umgang miteinander und der Raum für Kreativität und Individualität, die diese besondere Atmosphäre entstehen ließen und sie prägten.

Um der Gemeinschaft zusätzlich einen gemeinsamen Rahmen zu geben, steht jede Akademie unter einem bestimmten Motto. In diesem Jahr war es das „Glück“, das uns über die Zeit hinweg begleitete. Glück ist ein weiter Begriff und hat unwahrscheinlich viele Facetten. Für uns standen die kleinen Glücksmomente, die Freundschaften, die entstehen und die Erfahrungen, die hier gemacht werden, im Vordergrund. Für einige Glücksmomente sorgte unser *geheimer Freund*, der

uns immer wieder mit kleinen Aufmerksamkeiten überrascht hat. Gemeinsam haben wir viele schöne Momente erlebt. Diese Momente werden uns immer begleiten und in Erinnerung bleiben.

Am Ende haben wir die Akademie wieder durch die Akademietür verlassen, und unsere gemeinsame Zeit ist zu Ende gegangen. Doch eines möchten wir euch mit auf dem Weg geben: Eure Wege werden sich wieder kreuzen! Die Freundschaften, die hier entstehen, halten oft noch über Jahre hinweg, und die Erfahrungen und die Erkenntnisse, die ihr hier gewonnen habt, gehen euch nie mehr verloren. Geht also mit offenen Augen durchs Leben und haltet Ausschau nach neuen „Türen“. Habt den Mut, sie zu öffnen und durch sie hindurch zu gehen.

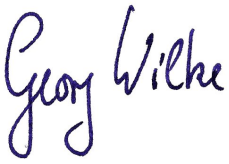
Wir wünschen euch alles Liebe und Gute für euren weiteren Weg und für das, was als nächstes auf euch zukommt. Wir freuen uns sehr darauf, euch bald – in egal welchem Zusammenhang – wieder zu sehen. Vielleicht ja sogar wieder hier in Adelsheim!

Viel Spaß beim Lesen und Schmökern!

Eure/Ihre Akademieleitung

Patricia Keppler (Assistenz)

Nico Röck (Assistenz)



Georg Wilke

Dr. Petra Zachmann

Inhaltsverzeichnis

VORWORT **3**

KURS 1 – DIGITALTECHNIK **7**

KURS 2 – GEOPHYSIK **27**

KURS 3 – GESCHICHTE/GERMANISTIK **47**

KURS 4 – MATHEMATIK/INFORMATIK **71**

KURS 5 – PHYSIK **95**

KURS 6 – THEOPRAX **113**

KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE **129**

DANKSAGUNG **143**

Kurs 1 – Digitaltechnik: Wir bauen einen Computer

Vorwort – *grit*

Laura Merker, Kevin Sommer,
Michael Mattes

Das englische Wort *grit* trifft gut, was wir bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern beobachten können. Es könnte mit Charakterstärke beziehungsweise Durchhaltevermögen übersetzt – oder mit *ich will es ganz genau wissen und bin bereit, dafür zu arbeiten* umschrieben werden. Nicht die reine Intelligenz ist wichtig, sondern dieser vorurteilsfreie Hunger nach neuem Wissen und die Bereitschaft, sich darauf einzulassen. Wenn diese Voraussetzungen erfüllt sind, folgt der Spaß ganz von alleine.

Wir Kursleiter sind jedenfalls stolz, eine so motivierte Gruppe junger Menschen betreut haben zu dürfen. Im Folgenden stellen unsere „Digis“ Ihnen vor, womit sie im Sommer 2014 voller *grit* ihre Zeit verbracht haben.

Unser Kurs

Michael ist einer unserer Kursleiter und begeisterte uns sehr für die Inhalte des Digitaltechnikkurses. Die hat er uns immer gutgelaunt nahegebracht und uns jedes Mal geholfen, wenn es Probleme gab. Trotzdem gab er uns immer neue Denksportaufgaben zum Knobeln, beispielsweise während der Zugfahrt an unserem Exkursionstag, als er uns mit schweren Rätseln den ganzen Tag beschäftigte.

Kevin hat uns, genauso wie Michael, als Kursleiter mit seinem großen Wissen und Können unterstützt. Kein Fehler in unseren Programmen war vor seinen Adleraugen sicher. Über den Kurs hinaus hat er auch seine Begeisterung für das Tanzen an alle Interessierte in einer KüA weitergegeben und mit seiner Kamera viele besondere Momente der Science-Academy festgehalten.

Laura, unsere Schülermentorin, stand uns mit Rat und Tat zur Seite, egal um was es ging, sei es eine Verständnisfrage oder das Wählen des „Schlachtrufs“ am Sporttag. Mit ihrer liebenswürdigen Art hat sie nie die Geduld mit uns verloren und war immer bereit, uns etwas zu erklären – auch wenn es nur die Welt war.

Alina ist diejenige, die noch eine Idee hatte, wenn keiner mehr weiter wusste. Sie fand immer alle Programmierfehler und war uns eine große Hilfe. Zudem ist sie eine super Teamarbeiterin und immer schnell fertig, wenn es um das Programmieren geht. Außerdem war sie in der Sport-KüA sehr aktiv und zeigte am Abschlussabend ihr turnerisches Können.

Florian ist ein sehr netter Kursteilnehmer mit seinem ganz eigenen Humor. Während des Kurses hat er mit seiner schnellen Kombinationsfähigkeit und seinem Wissen auch die härtesten Nüsse geknackt. Außerdem hat er den Inhalt des Kurses sehr schnell verinnerlicht und war somit immer einer der Ersten, der die Aufgaben gelöst hatte.

Helen kam grundsätzlich pünktlich eine Minute zu spät. Doch wenn sie dann da war, hat sie immer freudig mitgearbeitet und mit ihrer lockeren Art alle zum Lachen gebracht. Außerdem hat sie bei den Vorbereitungen für unsere Abschlusspräsentation tatkräftig mitgeholfen.

Holger ist ein eher ruhigerer Teilnehmer unseres Kurses. Er zeigt sich immer freundlich und aufgeschlossen und war daran interessiert aus der Akademiezeit viele neue Eindrücke mitzunehmen. Er konnte darüber hinaus schnell HDL-Dateien verfassen und machte hierbei fast keine Fehler. Außerdem konnte man ihn immer gut um Hilfe fragen, falls man mal etwas nicht verstanden hatte.

Kevin ist ein gut gelaunter Teilnehmer, der schon viele Vorkenntnisse zum Thema Programmieren und Computeraufbau hatte. Mit seiner lässigen Art meisterte er die schwierigen und stressigen Phasen unseres Kurses. Auch in seiner Freizeit engagierte er sich sowohl als DJ an den Partys, als auch in der Theater-KüA, in der er die Hauptrolle spielte.

Lukas ist ein sehr aufmerksamer Teilnehmer mit vielen guten Ideen für den Kurs. Bei der Gruppenarbeit hat er immer sein Wissen zeigen können und hat dadurch die Gruppe voran gebracht. Sobald es mal Fehler in den Programmen gab, hat er sie schnell gefunden.

Melina ist eine sympathische und offene Teilnehmerin und man hat gemerkt, wie sehr sie sich für das Thema Digitaltechnik interessiert. Sie ist immer motiviert in den Kurs gegangen, und beim Programmieren war sie eine große Hilfe. Nie hatte sie Schwierigkeiten, etwas zu verstehen oder umzusetzen. Ferner ist sie eine begnadete Tänzerin und zeigte dies am Bergfest und am Abschlussabend in der Zirkusaufführung.

Nevena ist ein wissbegieriges und super nettes Mädchen, das neuen Dingen stets offen ist. Im Kurs arbeitete sie sehr aufmerksam und aktiv mit und trug entscheidend zu den Kurs-Präsentationen bei. Außerdem brachte sie sich mit der Querflöte in verschiedenen Ensembles ein. Sie war also nicht nur eine tolle Teilnehmerin im Kurs, sondern man hatte mit ihr auch viel Spaß und Freude in der restlichen Zeit.

Noah ist ein energiegeladener und lebendiger Teilnehmer unseres Kurses. Er wollte die Kursinhalte immer sehr genau verstehen und trieb durch seine vielen Fragen den Kurs voran. Sein besonderes Interesse lag beim Programmieren, und durch seine Vorkenntnisse konnte er uns vor allem beim Programmieren unseres Spiels helfen.

Peter hat mit seiner guten Laune und seinem Elan Schwung in die ganze Gruppe gebracht. Im Kurs hat ihn besonders das Programmieren und die HDL interessiert, und sein Lieblingsbaustein ist der „Multiplexer“. Auch wenn er zu allem ein Kommentar hatte, brachte er uns doch immer zum Lachen.

Teresa ist ein aufgeschlossenes, total freundliches und fröhliches Mädchen, und sie war während der ganzen Kurszeit immer sehr interessiert und motiviert bei der Sache. Sie ist eine begeisterte Turnerin, stellte uns sogar beim Abschlussabend etwas von ihrem

Können vor und liebt es, sich Dinge wie Taschen und Geldbeutel selbst zu nähen. Teresa hat alles, was wir im Kurs neu gelernt haben, immer mit erstaunlicher Schnelligkeit verinnerlicht und verstanden. Es hat riesigen Spaß gemacht, mit ihr zusammenzuarbeiten.

Tobias ist ein aufmerksamer und gewissenhafter Mensch, der alle Aufgaben gründlich erledigte. Er kennt sich gut mit den HDL-Dateien aus und war schnell mit dem Schreiben der Dateien fertig. Wenn man nicht weiter kam, konnte man Tobias immer um Hilfe bitten.

Einleitung

Helen Zwölfer

Der Kurs Digitaltechnik: Drei engagierte Betreuer, zwölf interessierte Jugendliche – mit mehr oder weniger Vorwissen – und ein gemeinsames Ziel: Wir wollen einen Computer bauen – und das in nur zwei Wochen!

Vielleicht dachte der ein oder andere am Anfang noch, dass wir in das nächste Elektronikfachgeschäft gehen, dort die groben Einzelteile kaufen und diese dann zusammenbauen. Doch weit gefehlt! Unsere Betreuer hatten etwas ganz anderes mit uns vor: Wir bauen einen Computer, aber von Anfang an. Das heißt, wir beschäftigen uns mit jedem Einzelteil und versuchen, es zu verstehen.

Dazu „zoomen“ wir sozusagen in den Computer, um den Aufbau Schritt für Schritt zu analysieren: Zuerst trifft man auf die CPU (Central Processing Unit → Prozessor). Darin befindet sich die ALU (Rechenzentrum). In dieser findet man die logischen Operatoren, die alle aus einem Grundbaustein, dem NAND, aufgebaut sind. Würden wir noch eine Stufe weiter „hineinzoomen“, kämen wir zu den Transistoren, aber mit diesen haben wir uns in unserem Kurs nicht beschäftigt.

Stattdessen haben wir mit der Hardware Description Language (kurz HDL) gearbeitet, damit konnten wir die logischen Operatoren, die ALU, die CPU und sogar unseren ganzen Computer simulieren. Allerdings war unser Computer nicht so modern wie die, die heutzutage jeder zu Hause hat. Unser Computer entsprach eher einem älteren Modell, ähnlich dem Apple II von 1977: Er hat einen Schwarz-Weiß-Monitor, keine Maus und ist zudem etwas langsam – aber dafür wurde unser Computer in nur zwei Wochen von uns programmiert bzw. simuliert.

Nachdem die „Hardware“ stand, sind wir noch eine Stufe weiter gegangen und haben ein Betriebssystem programmiert. Mit diesem konnten wir das kleine – aber bekannte – Spiel „Galgenmännchen“ programmieren, welches dann auf unserem simulierten Computer lief.

Apple II von 1977[1]

In den folgenden Abschnitten wollen wir die einzelnen Teile und Schritte genauer erklären. Dazu schauen wir wieder ganz tief in den Computer hinein und treffen zunächst auf die logischen Operatoren – und unser erstes Problem! Denn diese Operatoren können mit unserer Sprache nichts anfangen – sie verstehen nur 0en und 1en. Anders gesagt: Das Binärsystem.

Binärsystem und ASCII

Florian Wiese

Wie schafft es der Computer, mit diesen zwei Möglichkeiten alles Nötige zu berechnen? Dazu sehen wir uns als erstes die zwei Zustände genauer an. Es gibt einerseits den Zustand „1“, der für „Spannung liegt an“ oder „wahr“ steht. Andererseits den Zustand „0“, der für „Spannung liegt nicht an“ oder „falsch“ steht. Aber es gibt nicht nur einzelne 1en oder 0en,

[1] Photo: Wikimedia (Marcin Wichary, CC-BY-2.0)

sondern man kann diese zu Ketten aus 0en und 1en zusammenschließen. Diese stehen zum Beispiel für dezimale Zahlen, Zeichen oder Befehle. Diese Schreibweise aus 0en und 1en wird Binärsystem genannt.

Wie aber werden die Zahlen dargestellt? Im Groben ist es sehr ähnlich zum Dezimalsystem. Allerdings gibt es ja nur zwei mögliche Zustände, nämlich 0 und 1. Wenn wir eine Zahl um 1 erhöhen wollen, dann müssen wir eine 1 an der letzten Stelle hinzuzählen. Ist die letzte Ziffer jedoch 1 und zählen wir dann die 1 hinzu, wird diese auf 0 gesetzt und es gibt einen Übertrag, der zur nächsten Stelle hinzugefügt wird. Hier wird dann wieder genauso verfahren, wie bei der ersten Stelle und immer so weiter. Dies ähnelt sehr der schriftlichen Addition. So ist es möglich, auf die Binärzahlen zu schließen:

- $0000 \rightarrow 0$
- $0001 \rightarrow 1$
- $0010 \rightarrow 2$
- $0011 \rightarrow 3$
- ...

Die letzte Stelle hat den Wert 2^0, die zweite Stelle 2^1, die dritte 2^2 und so weiter. So können wir durch eine Binärzahl auf die entsprechende dezimale Zahl schließen, als Beispiel hier die Zahl 5: 0101. Die letzte Stelle steht für 2^0, also 1. Da hier eine 1 steht $1 \cdot 2^0$. Jetzt zur zweiten Stelle: Sie steht für 2^1, also 2. Dies multipliziert mit Null, da hier eine 0 steht. Also $0 \cdot 2^1$. Jetzt zur dritten Stelle, diese steht für 2^2, also 4. An dieser Stelle steht eine 1, also $1 \cdot 2^2$. Zählen wir jetzt die Zahlen zusammen $(1 \cdot 2^0 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^3)$, so ist das Ergebnis die entsprechende Dezimalzahl, hier also 5.

Wenn wir dies jetzt mit dem Dezimalsystem vergleichen, stellen wir fest, dass einige Gemeinsamkeiten vorhanden sind. Allerdings gibt es auch einige Unterschiede, denn hier steht die erste Ziffer für 10^0, also 1, die zweite Ziffer für 10^1, also 10, die dritte Stelle für 10^2, also 100 und so weiter. Hier kann man aber die Zahl nicht nur mit 0 oder 1 multiplizieren, wie in dem Binärsystem, sondern mit Zahlen von 0 bis 9.

Zum Darstellen von Buchstaben und Zeichen im Binärsystem wird das ASCII-System verwendet. Hierzu wird jedem Buchstabe und Symbol eine Zahl zugeordnet, welchen die Tastatur dann an den Computer weitergibt. Beispiel:

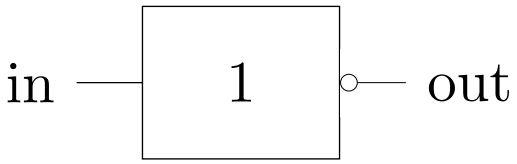
- A wird mit 75 codiert,
- B mit 76, ...
- a mit 90,
- b mit 91, ...

Diese Zahlen werden natürlich auch im Binärsystem an den Computer übermittelt, A ist für den Computer also 01001011. Auf diese Weise kann der Computer die Eingaben der Tastatur verarbeiten und speichern.

Logische Operatoren

Melina Soysal

Im Abschnitt zuvor haben wir bereits gelesen, dass der Computer mit nur zwei Zuständen arbeiten kann. Wie schafft es aber so ein Computer, nur durch zwei Zustände so viele verschiedene Befehle, wie zum Beispiel 7+9, auszuführen? Hier kommen die kleinsten logischen Bauteile des Computers ins Spiel: Die logischen Operatoren. Diese sind aus noch kleineren Bauteilen aufgebaut, den Transistoren. Transistoren sind elektronische Schalter, aus denen elektronische Schaltungen gebaut werden, aber auf diese sind wir im Kurs nicht genauer eingegangen.



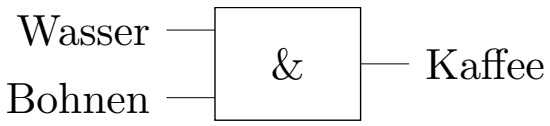
Hier sieht man das NOT-Schaltbild: Es besteht aus einem Rechteck mit einer 1 in der Mitte und einem Kreis auf der rechten Seite, also am Ausgang. Dieser Kreis steht für das Invertieren des Signals.

Die einfachste logische Operation ist das NOT. Es hat einen Eingang und einen Ausgang. Liegt ein Signal am Eingang an, wird es invertiert. Das heißt, das Signal wird umgekehrt: Aus einer 1 wird eine 0 und aus einer 0 eine 1. Das ist auch an der Wahrheitstabelle erkennbar.

IN	OUT
0	1
1	0

Die linke Spalte zeigt das Signal am Eingang und die rechte das am Ausgang.

Schon etwas schwieriger wird es beim AND, das zwei Eingänge und einen Ausgang hat. Man kann diesen Operator mit einer Kaffeemaschine vergleichen. Dabei ist der Eingang A Wasser und der Eingang B stellt die Bohnen dar. Der Ausgang ist Kaffee. Diesen bekommt man nur, wenn Bohnen und Wasser zeitgleich vorhanden sind, nicht aber, wenn man nur Bohnen, nur Wasser oder keins von beidem hat. So ergibt sich, dass ein AND nur eine 1 ausgibt, wenn an beiden Eingängen eine 1 anliegt.

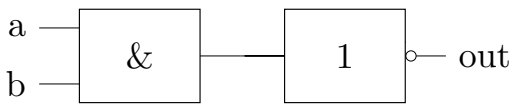


AND-Baustein am Beispiel der Kaffeemaschine

B	A	OUT
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

An der Wahrheitstabelle kann man ebenfalls erkennen, dass nur dann eine 1 ausgegeben wird, wenn an beiden Eingängen eine 1 anliegt.

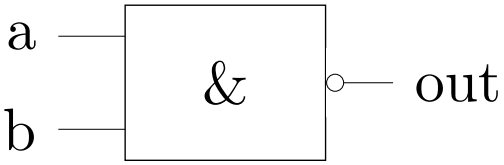
Die beiden ersten Bausteine kann man miteinander kombinieren. Dabei entsteht ein NAND, also ein NOT-AND. Wie der Name schon sagt, ist dieses Logikgatter genau gleich aufgebaut wie ein AND, jedoch wurde der Ausgang invertiert. Deshalb wird auch hier wieder hinter das Schaltsymbol, das genauso aussieht wie ein AND-Gatter, ein Kreis hinzugefügt. Dieser steht wie schon beim NOT für das Invertieren des Ausgangssignals.



Aufbau eines NAND

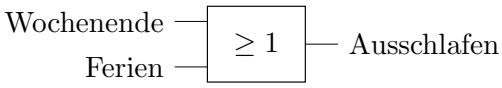
B	A	OUT
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Wahrheitstabelle eines NAND – die Spalte Ausgang ist im Vergleich zum AND invertiert.



Schaltbild eines NAND

Ein weiteres Logikgatter ist das OR. Das OR kann man auch mit etwas Alltäglichem vergleichen: Nämlich dem Ausschlafen. Dabei sind die beiden Eingänge Wochenende (A) und Ferien (B) und der Ausgang ist Ausschlafen. Wenn nun der Eingang A 1 ist, ist es Wochenende und man kann ausschlafen. Am Ausgang liegt also eine 1 an. Das Gleiche gilt für die Ferien oder falls beides zutrifft. Ist aber keins von beidem wahr, ist der Ausgang auf 0, das heißt man kann nicht ausschlafen, da weder Wochenende noch Ferien sind.



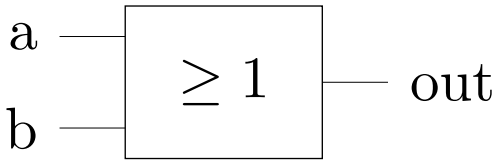
OR-Baustein am Beispiel Ausschlafen

B	A	OUT
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Wahrheitstabelle eines OR

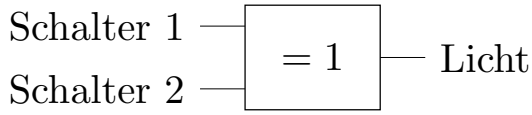
Auch hier kann man das OR mit dem NOT verbinden. Man erhält ein NOR, also ein invertiertes OR. Die Wahrheitstabelle ist wieder genau gleich wie beim OR, sobald man die Spalte des Ausgangs invertiert.

Außerdem gibt es noch ein XOR (engl. exclusive OR), das man sich praktisch wie zwei Lichtschalter im Treppenhaus als Eingänge und das Licht selbst als Ausgang vorstellen kann. Egal welchen Schalter man zuerst drückt, das Licht



Schaltbild eines OR

geht an, und egal welchen Schalter man danach drückt, das Licht wird ausgehen. Das kann man auch in der Wahrheitstabelle sehen.

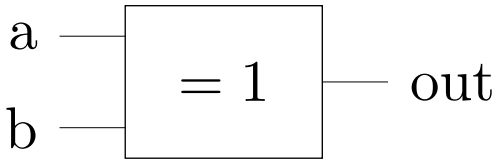


XOR-Baustein am Beispiel Lichtschalter

B	A	OUT
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Wahrheitstabelle eines XOR

Der ganze Computer lässt sich aus NANDs aufbauen. Deshalb benutzen wir es als Grundbaustein. So bauen wir auch unser NOT aus einem NAND. Das einzige Eingangsignal des NOTs schließt man an beide Eingänge des NANDs. Dadurch entsteht ein NOT, denn wenn das Eingangssignal eine 0 ist, sind beide Eingänge des NANDs auch auf 0. Laut der Wahrheitstabelle bedeutet das, dass eine 1 am Ausgang anliegt, so wie es bei einem NOT der Fall ist. Das Gleiche gilt, wenn das Eingangssignal eine 1 ist. Beide Eingänge des NOTs sind auf 1, das heißt der Ausgang ist eine 0, wie bei einem NOT.



Schaltbild eines XOR

Wenn man nun das NAND mit dem NOT verbindet, erhält man ein AND. Da der Ausgang des NANDs einem invertierten AND entspricht, heißt das, man erhält durch erneute Invertierung des NANDs wieder den Ausgang eines ANDs. So hat man schon ein NOT und ein AND aus NANDs aufgebaut. Führt man dieses Schema nun immer weiter und baut größere Bauteile aus Teilen, die man bereits aus NANDs gebaut hat, erhält man eine fast fertige Computerhardware.

Minimierung und Boolesche Algebra

Teresa Augustin

Wie man logische Operatoren baut, haben wir im Abschnitt zuvor schon erläutert. Wie man sie aber einfach aufschreibt, ohne Schaltsymbole, und wie man den Endwert einer komplizierten Schaltung schnell herausfindet, werden wir nun mit Hilfe der Booleschen Algebra kennenlernen. Die Boolesche Algebra dient der Verallgemeinerung logischer Operationen mit Hilfe von Symbolen. Dafür werden folgende Symbole verwendet:

AND-Operator: $\wedge$

OR-Operator: $\vee$

NOT-Operator: $\neg$ oder ein Strich über einer Variablen $\rightarrow \neg x = \overline{x}$

Diese Symbole werden wie mathematische Symbole in Gleichungen verwendet. Dabei ist jedoch folgende Regel zu beachten:

$\neg$ kommt vor $\wedge$, und $\wedge$ kommt vor $\vee$

Durch Klammern lassen sich andere Prioritäten setzen. Außerdem gelten die folgenden Gesetze:

Für alle $x, y, z \in \{0, 1\}$ gilt:

Kommutativgesetze:
$x \wedge y = y \wedge x$
$x \vee y = y \vee x$

Assoziativgesetze:
$x \wedge (y \wedge z) = (x \wedge y) \wedge z$
$x \vee (y \vee z) = (x \vee y) \vee z$

Distributivgesetze:
$x \wedge (y \vee z) = (x \wedge y) \vee (x \wedge z)$
$x \vee (y \wedge z) = (x \vee y) \wedge (x \vee z)$

Idempotenzgesetz:
$x \wedge x = x$
$x \vee x = x$

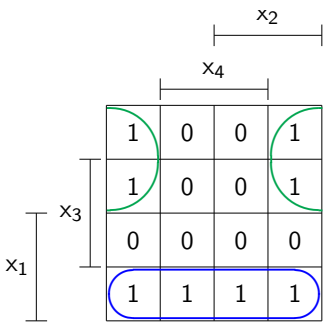
Absorbtionsgesetz:
$x \wedge (x \vee y) = x$
$x \vee (x \wedge y) = x$

De Morgansche Gesetze:
$\neg(x \wedge y) = \neg x \vee \neg y$
$\neg(x \vee y) = \neg x \wedge \neg y$

Um von der Wahrheitstabelle einer Schaltung auf die passende Boolesche Gleichung zu kommen, gibt es die Möglichkeit, ein Karnaugh-Veitch-Diagramm (KV-Diagramm) zu verwenden. Dieses kann man jedoch nur bis maximal 4 Variablen anwenden, ohne den Überblick zu verlieren. Dennoch ist es sehr sinnvoll, denn wenn man bei 4 Variablen den Schaltplan direkt aus der Wahrheitstabelle ablesen würde, müsste man einen sehr großen und komplizierten Schaltplan entwerfen. Das Prinzip funktioniert für 4 Variablen folgendermaßen:

Wir zeichnen ein Quadrat, wobei dieses in 16 Kästchen unterteilt wird (siehe Bild).

Die mit x_1, x_2, x_3 bzw. x_4 gekennzeichneten Bereiche, wie auf dem Bild, beziehen sich immer auf 8 Kästchen und bedeuten, dass bei diesen 8 Kästchen die Variable 1 ist. In den restlichen 8 Kästchen ist die Variable 0.



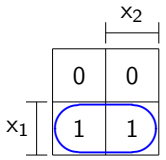
KV-Diagramm mit vier Variablen

Nun tragen wir von der Wahrheitstabelle die jeweiligen Werte in die Kästchen. Das heißt, die Werte, die sich ergeben, wenn bestimmte Bedingungen gelten (Variable 1 oder 0).

Dabei gibt es zwei verschiedene Vorgehensweisen, die Minterm- und die Maxterm-Methode.

Im KV-Diagramm von oben wird die Minterm-Methode angewandt. Das heißt, dass wir alle 1en zu 2er-, 4er-, 8er- oder 16er-Blöcken zusammenfassen. Dabei darf man auch, wie im Beispiel eben, über die Kanten des Quadrats hinaus gehen. Wenn sich 1en nicht mit anderen verbinden lassen, kann man auch eine einzelne 1 als Block einzeichnen. Generell gilt, dass man eine vollständige Überdeckung der 1en mit möglichst großen rechteckigen Blöcken sucht.

Als nächstes werden Bedingungen für diese 1er-Blöcke formuliert. Das bedeutet, welche Variable bei dem gesamten Block immer 1 und welche 0 ist.



KV-Diagramm mit zwei Variablen

Der nächste Schritt ist, dass wir unsere Bedingungen eines Blocks in Konjunktionsterme umwandeln. Das heißt, wir schreiben zwischen die Variablen ein AND.

Zum Schluss verknüpfen wir diese Konjunktionsterme mit OR. Damit haben wir unsere fertige Boolesche Gleichung, aus der wir problemlos den dazugehörigen Schaltplan ablesen können. Die fertige Gleichung lautet also: $(x_1 \wedge \neg x_3) \vee (\neg x_1 \wedge \neg x_4)$

Bei der Maxterm-Methode ist die Vorgehensweise grundlegend gleich, nur dass hier die 0en zusammengefasst werden. Außerdem werden die Variablen eines Blocks zu Disjunktionstermen umgewandelt, also mit einem OR verknüpft, und die Blöcke werden mit AND verknüpft.

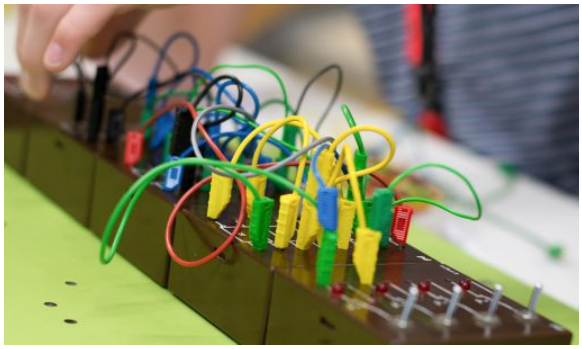
x_1	x_2	x_3	x_4	out
0	0	0	0	1
0	0	0	1	0
0	0	1	0	1
0	0	1	1	0
0	1	0	0	1
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	0	1	1
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	1
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

HDL

Peter Martin

Um diese komplexen Gleichungen erfolgreich umzusetzen, bedienen wir uns der HDL. HDL ist die Abkürzung für Hardware Description Language. Wie dieser Name uns schon verrät, ist die HDL eine Sprache zur Beschreibung von Hardware. In dieser Sprache beschreiben wir unseren ganzen Computer. Mithilfe eines Programms simulieren wir dann an einem Computer unseren nun erstellten Computer.

Wir haben unser Ziel erreicht: Wir haben einem richtigen Computer gebaut, den wir danach mit Software ausstatten (siehe „Das Spiel“). Den Bildschirm des fertigen Computers mit der Software können wir dann an einer Simulation betrachten und unseren simulierten Computer mit der Tastatur bedienen.



Auf diesem Bild sieht man verkabelte NAND-Bausteine.

Aber warum die HDL? Wir könnten doch einfach auch alles mit unseren NAND-Bausteinen bauen. Als wir die ersten größeren Chips bauten, wie etwa das XOR, das vergleichsweise noch ziemlich klein ist, fiel uns auf, dass wir eine Menge Platz benötigen würden, wenn wir den ganzen Computer mit den NAND-Bausteinen bauen würden. Wie wir am Ende des Projektes ausrechneten, bräuchten wir etwa 2500 Quadratmeter, um alle Bausteine aufzustellen. Die circa 3 500 000 NANDs würden uns 162 Tage 24 Stunden am Tag beanspruchen, wenn wir nur zwei Sekunden für jedes NAND bräuchten. Außerdem sind 100.000 € allein für die Bausteine einfach kein allzu angenehmer Betrag, wenn man beachtet, dass wir diese auch noch mit Strom versorgen und miteinander verkabeln müssten. Deshalb verwenden wir für unseren Computer die HDL.

Nun müssen wir in der HDL strikte Regeln beachten, die wir an einigen Chips darstellen möchten. Zunächst müssen wir jedoch noch erwähnen, dass der einzige, durch die Simulationssoftware vorgegebene Chip, das NAND ist.

```
CHIP Kaffee{
 IN Bohnen, Wasser;
 OUT Kaffee;

 PARTS:
 AND(a = Bohnen, b = Wasser, out = Kaffee);
}
```

Mit den Wörtern „CHIP Kaffee“ zeigen wir der Simulation, dass wir einen Chip erstellen, den wir Kaffee nennen. Nun schreiben wir „IN“, wodurch wir angeben können, wie viele Eingänge der Chip haben soll und wie diese heißen. In diesem Fall haben wir zwei Eingänge, mit den Namen „Wasser“ und „Bohnen“. Nun geben wir die Menge und Namen der Ausgänge mit Hilfe des „OUT“ an.

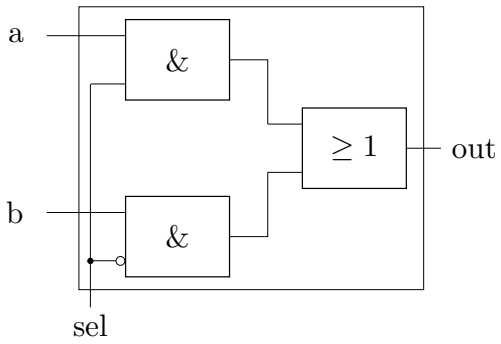
Nun folgt die genaue Beschreibung des Inneren des Chips. Diese Beschreibung wird mit „PARTS:“ eingeleitet. Hier greifen wir nun den bereits vorhandenen Chip „AND“ auf, welchen wir zuvor bereits in HDL beschrieben haben. Wir teilen die Eingänge und die Ausgänge des „Kaffee-Chips“ den Eingängen und Ausgänge des „AND-Chips“ zu.

```
CHIP And {
 IN a, b;
 OUT out;

 PARTS:
 Nand(a=a, b=b, out=nand);
 Not(in=nand, out=out);
}
```

Des Weiteren werden wir noch kurz auf den sogenannten „Multiplexer“ oder kurz den „MUX“ eingehen. Dieser hat drei Eingänge: A, B, SEL. Der Eingang „SEL“ entscheidet, welcher dieser beiden Eingänge dem OUT zugewiesen wird. Wenn SEL 0 ist, nimmt OUT den gleichen Wert

an, der auch dem Eingang A zugewiesen wurde. Wenn SEL 1 ist übernimmt OUT den Wert von B.



Auf diesen Bild sieht man einen MUX in seinen Einzelteilen.

In der Abbildung sieht man, dass man für diesen MUX ein OR, zwei ANDs und ein NOT benötigt. In der HDL beschrieben muss man, anders als in dem Schaubild, das NOT extra aufschreiben. Theoretisch ist es egal in welcher Reihenfolge man die einzelnen Chips aufschreibt, dennoch ist es für eine übersichtliche Schreibweise ratsam. Außerdem kann man an diesem Beispiel sehen, dass man einen Eingang an mehrere Chips anschließen kann. Hier ist es der SEL-Eingang. Er geht sowohl in eines der ANDs als auch in das NOT. Zusätzlich ist es möglich, einen Ausgang eines Chips innerhalb eines größeren Chips nicht weiter zu verwenden, solange das letztendliche OUT definiert wird.

```
CHIP Mux {
 IN a, b, sel;
 OUT out;

 PARTS:
 And(a = sel, b = b, out = selB);
 Not(in = sel, out = notSel);
 And(a = notSel, b = a, out = notSelA);
 Or(a = selB, b = notSelA, out = out);
}
```

Die vorhandenen, bereits beschriebenen Chips kann man weiterverwenden. So bauen wir uns immer größere Chips, wie zum Beispiel das Rechenwerk, das Steuerwerk und letztendlich den Computer.

CPU und Program Counter

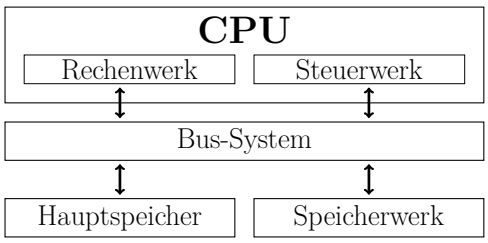
Lukas Ruf

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben konnten wir nun unseren ganzen Computer simulieren. Dazu zählt alles, was physisch zum System gehört, also alle Computerteile und Peripheriegeräte – auch als Hardware bezeichnet, die man in die Hand nehmen kann.

Computer mit Peripheriegeräten

Das wichtigste Element eines Computers ist heutzutage die Hauptplatine, auch Mainboard oder Motherboard genannt, mit dem Hauptprozessor, auch CPU (Central Processing Unit).

In unserem Kurs haben wir uns gezielt mit der CPU, dem Arbeitsspeicher, der Tastatur und dem Bildschirm beschäftigt.



Schema der Bauteile im Computer

Die CPU besteht aus integrierten Schaltkreisen, die mittlerweile mehrere Millionen Transistoren enthalten. Die Integrationsdichte und damit die Leistungsstärke nimmt dabei ständig zu. Die CPU setzt sich im Wesentlichen aus drei Teilen zusammen: Dem Steuerwerk, dem Rechenwerk und den Registern. Das Steuerwerk steuert, wie der Name schon sagt, wohin die Befehle gehen, holt die benötigten Daten aus dem Hauptspeicher und sagt dem Rechen-

werk, was es rechnen muss. Das Rechenwerk führt nun den eigentlichen Befehl aus.

Sowohl das Steuerwerk als auch das Rechenwerk brauchen sehr schnelle Zwischenspeicher. Das sind die Register, die alle in einem Registersatz zusammengefasst sind. Verbunden sind die drei Teile durch ein internes Bussystem, das über den angeschlossenen Systembus auch Zugriff auf den Hauptspeicher oder Peripheriegeräte wie den Bildschirm hat.

Ein spezielles Element des Steuerwerks ist der Program Counter. Er zeigt an, an welcher Stelle man sich im Programmablauf befindet und ist ein spezielles Register, das die Speicheradresse des Befehls enthält. Es gibt drei verschiedene Befehle, die der Program Counter ausführen kann: Sprungbefehle, bei denen an eine bestimmte Stelle des Ablaufes gesprungen wird; Resetbefehle, bei denen der Zähler auf 0 gesetzt wird und Zählbefehle, bei denen einfach auf die nächste Adresse gezählt wird.

Das Rechenwerk führt den sogenannten aktuellen Befehl aus und rechnet in der ALU (Arithmetic Logic Unit), was das Steuerwerk vorgibt, und leitet das Ergebnis wieder zurück an das Steuerwerk.

Die Register dienen zur Datenspeicherung. Hier werden die auszuführenden Befehle gespeichert. Es gibt verschiedene Register, wie zum Beispiel das Befehlsregister, das Statusregister und die Datenregister.

In den Datenregistern sind die Operanden der ALU und ihre Zwischenergebnisse gespeichert. In dem Adressregister sind die Speicheradressen eines Operanden oder Befehls gespeichert.

Der Bus (Binary Unit System) ist ein System zur Datenübertragung zwischen mehreren Teilnehmern über einen gemeinsamen Datenweg. Dabei sind die Teilnehmer nur an ihrem Datenaustausch beteiligt und vom Datenaustausch zwischen zwei anderen Teilnehmern nicht betroffen. Man unterscheidet zwischen drei verschiedenen Bussen: Dem Adressbus, dem Datenbus und dem Steuerbus. Ein Adressbus überträgt Speicheradressen. Ein Datenbus überträgt Daten zwischen zwei Computerkomponenten. Der Steuerbus bewerkstelligt die Steuerung des Bussystems. Alle Komponenten der CPU und des Computers können auf das Bussystem zugreifen und es benutzen.

Addierer und 2er-Komplement

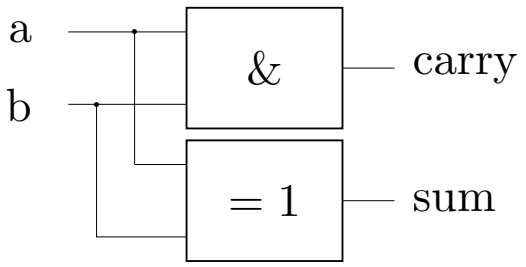
Tobias Gross

Um die ALU bauen zu können, benötigt man Addierer. Addierer sind Bauteile, die in Computern verwendet werden. Es gibt sowohl Halb- als auch Volladdierer. Sie dienen dazu, zwei beziehungsweise drei Ziffern miteinander zu verrechnen. Allerdings sind sie nur dazu in der Lage zu addieren und nicht zu subtrahieren, multiplizieren oder dividieren. Sie gehen dabei wie bei der schriftlichen Addition vor:

- $0 + 0 = 0$
- $1 + 0 = 1$
- $0 + 1 = 1$
- $1 + 1 = 0$, Übertrag 1

Der Übertrag 1 wird zur nächsten Stelle weitergereicht.

Ein Halbaddierer ist ein Bauteil, das dazu in der Lage ist, zwei einstellige Binärzahlen, also $0 + 0$, $0 + 1$, $1 + 0$ oder $1 + 1$ miteinander zu addieren. Er hat zwei Eingänge, a und b, und zwei Ausgänge, carry out und sum. Carry out gibt den Übertrag beider Zahlen an (Bei $1 + 1 = 0$, Übertrag 1, sonst ist der Übertrag 0). Hierfür verwendet man ein AND. Sum gibt die Summe zweier Zahlen an (Ergibt bei $1 + 0$ und $0 + 1$ die 1, sonst 0). Hierfür verwendet man ein XOR.



Halbaddierer

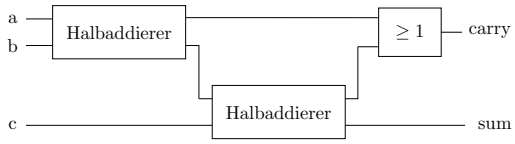
Ein Volladdierer dagegen hat drei Eingänge: a, b und c. Der letzte Eingang c wird auch Carry in genannt, in den der Übertrag des vorherigen Addierers eingeht. Dieser Volladdierer kann je

a	b	carry	sum
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

Halbaddierer Wahrheitstabelle

drei einstellige Binärzahlen miteinander addieren.

Um einen solchen Addierer zu bauen, schließt man zwei Halbaddierer und eine OR-Operation hintereinander an.



Volladdierer

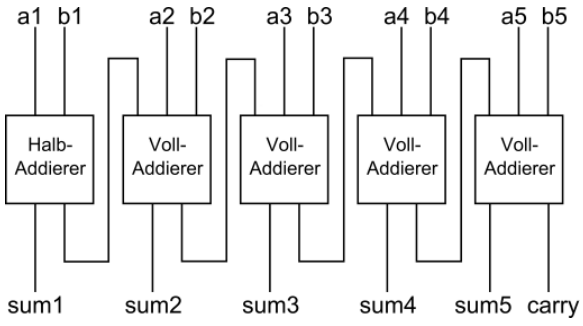
a	b	carryin	sum	carryout
0	0	0	0	0
0	0	1	1	0
0	1	0	1	0
0	1	1	0	1
1	0	0	1	0
1	0	1	0	1
1	1	0	0	1
1	1	1	1	1

Volladdierer Wahrheitstabelle

Um aber größere Binärzahlen miteinander addieren zu können, reicht ein Volladdierer allein nicht mehr aus. Deswegen schaltet man mehrere Addierer so zusammen, dass der Übertrag des vorherigen Addierers in den nächsten Addierer miteingeht. So kann man beliebig lange Binärzahlen addieren. Diesen Zusammenschluss aus mehreren Addierern nennt man dann Paralleladdierwerk.

In diesem Zustand kann unser Addierer aber bis jetzt nur addieren. Für eine Subtraktion stellt man folgende Überlegung an: Wenn eine negative Zahl mit einer Positiven addiert wird, z. B. $5+(-3)=2$, hat das denselben Effekt, als wenn die zuvor negative Zahl (-3) invertiert wird und von der Positiven (5) subtrahiert wird. Hier: $5-3=2$.

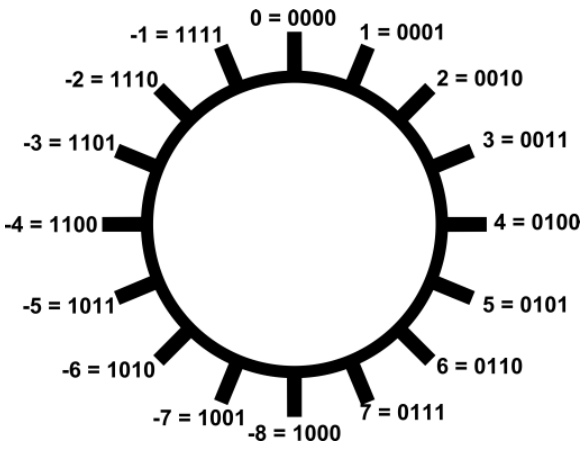
Deswegen können wir für die Subtraktion eben-



Paralleladdierer

falls einen Addierer nutzen. Will man zwei Zahlen voneinander subtrahieren, wandelt man eine Zahl in eine Negative um und addiert sie dann nach denselben Regeln, wie man auch davor zwei positive Zahlen addiert hat.

Nun steht man aber erneut vor einem Problem: Diese negativen Zahlen müssen auch im binären System dargestellt werden können. Dazu werden alle Stellen, beispielsweise 0101 für die 5, mithilfe einer NOT-Operation negiert (aus jeder 0 wird eine 1 und aus jeder 1 wird eine 0). Man erhält also den Binärcode 1010. Zuletzt addiert man noch eine 1 hinzu: Wichtig ist hierbei jedoch die 0en vor der ersten 1 zu berücksichtigen. Beispiel: $1010+1=1011$ Das ist nun der binäre Code für -5.



Zahlenkreis

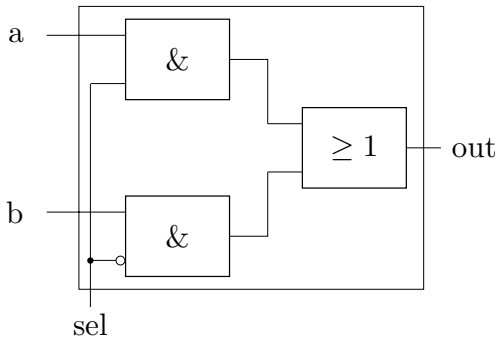
Schaut man genau auf den Zahlenkreis, fällt auf, dass alle positiven Zahlen als erstes Bit eine 0 besitzen und alle negativen Zahlen eine 1. Deswegen kann man das erste Bit als Vorzeichenbit bezeichnen. Es zeigt an, ob es sich bei der Zahl um eine negative oder positive Zahl handelt. Diese Darstellung der negativen und positiven Zahlen nennt man 2er-Komplementdarstellung.

Oder kurz: 2er-Komplement. So kann ein n-Bit-Rechner (ein Rechner, der n Bits gleichzeitig verarbeiten kann) Zahlen bis 2^{n-1} sowohl in positive als auch in negative Richtung verarbeiten. Allerdings gibt es da noch eine Unstimmigkeit, die auffällt, wenn man sich den Zahlenkreis näher anschaut. Man erkennt, dass die Zahl 7 direkt an die Zahl -8 grenzt. So ist $7+1=-8$. Oder allgemein: Der höchsten positiven Zahl $2^{n-1}-1$, folgt die kleinste negative Zahl -2^{n-1}. Bei einem 4-Bit-System sieht das dann folgendermaßen aus: $0111+0001=1000$ $(7+1=-8)$

ALU und Multiplexer

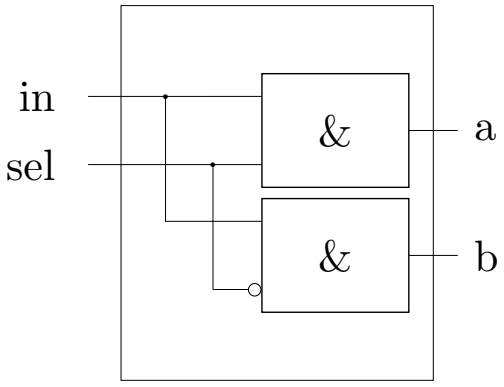
Kevin Yuan

Nun können wir die fehlenden Teile für die CPU fertig stellen, da wir wissen wie unser Computer rechnen kann. Im Prozessor befinden sich auch noch weitere Bauteile, wie der Multiplexer, Demultiplexer und das Herzstück – die ALU.



Schaltbild eines Multiplexers

Ein Multiplexer ist ein elektronisches Bauteil, bei dem man das am Ausgang anliegende Signal mit Hilfe des Selektorpins aus einem der mehreren Eingänge auswählen kann. Er ist vergleichbar mit einem Drehschalter, welcher rein mechanisch funktioniert. Der Multiplexer besitzt zwei oder mehr Dateneingänge (A, B, ...), ausreichend Selektor-Eingänge, sowie einen Ausgang (OUT). Er wird oft mit MUX [+Zahl] Way abgekürzt, wobei MUX für einen Multiplexer mit zwei Engängen steht, folglich bezeichnet man mit MUX4Way einen zweifachen Multiplexer mit vier Eingängen. Man kann einen Multiplexer aus einem NOT, zwei ANDs und einem OR bauen. Man verwendet ihn beispielsweise in einem Speicherchip oder in der ALU, um die gewünschte Rechenoperation auszuführen.



Schaltbild eines Demultiplexers

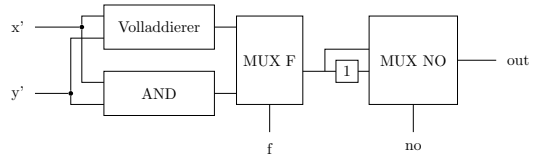
Der Demultiplexer macht genau das Gegenteil des Multiplexers. Mit dem Demultiplexer kann man ein am Eingang liegendes Signal auf einen der mehreren Ausgänge legen. Auf welchen Ausgang man das Signal nun schaltet, legt man auch hier wieder mit Hilfe des Selektorpins fest. Der Demultiplexer besitzt einen Eingang (IN), mindestens zwei Ausgänge (OUT1, OUT2), bei zwei Ausgängen ein Selektorpin (SEL1), bei vier Ausgängen zwei Selektorpins (SEL1, SEL2) und so weiter. Abgekürzt wird der Demultiplexer oft mit DMUX oder DMUX [+Zahl] Way. Ein DMUX4Way ist ein Demultiplexer mit einem Eingang und vier Ausgängen, ein DMUX8Way ein Demultiplexer mit acht Ausgängen. Den DMUX4Way kann man aus zwei NOTs und vier ANDs bauen, indem man sie so verschaltet wie auf dem Bild. Der Demultiplexer wird beispielsweise im Speicherchip verwendet.

Die ALU oder auch Arithmetic Logic Unit (deutsch: Arithmetisch-logische Einheit) ist ein Bauteil, welches sowohl arithmetische Operationen, wie beispielsweise Addieren, als auch logische Operationen, wie AND-Verknüpfungen, NOT-Verknüpfungen oder OR-Verknüpfungen durchführen kann.

Man findet die ALU innerhalb des Prozessors. Dort sitzt sie neben ein paar Registern und führt die Befehle, die sie bekommt, aus. Die Bezeichnung für die ALU lautet n-Bit-ALU,

wobei n für die Anzahl der Bits am Eingang steht. Derzeit anzutreffen sind 8-; 16-; 32- und 64-Bit-ALUs. Die ALU hat zwei Eingänge, X und Y, welche jeweils die maximale Bitbreite der ALU haben, bei einer 16-Bit-ALU wäre die Bitbreite der Eingänge 16 Bit. Des Weiteren besitzt sie einen 16-Bit-Ausgang und Selektorpins, deren Anzahl und Funktion nach Prozessortyp und Architektur variieren. Die ALU, die wir in unserem Kurs gebaut haben, besitzt sechs Selektorpins, welche alle unterschiedliche Funktionen besitzen.

Die meisten ALUs sind unserer ähnlich aufgebaut. Die am Eingang liegenden Signale gehen zuerst durch aktivierbare Inverter (NOTs) und gelangen anschließend zu den intern verbauten Logik-Gattern und arithmetischen Bauteilen. Um am Ausgang nur das Ergebnis einer Rechenoperation zu erhalten, wird mit einem Multiplexer eines der Ergebnisse ausgewählt.



Ausschnitt aus dem Schaltbild der ALU. Über die Multiplexer-Selektoren f und no werden die Rechenoperation sowie die Ausgabeart gewählt.

Bei unserer selbst gebauten ALU wird das Verhalten über verschiedene Selektoren – die Flags – eingestellt. Unsere ALU ist in der Lage, einen oder beide Eingänge zu ignorieren sowie die Ein- und Ausgabewerte zu invertieren. Über das f-Flag wird die Rechenoperation – entweder AND oder Addition – gewählt.

Mit Hilfe der verschiedenen Flag-Kombinationen kann die ALU verschiedene Rechenoperationen wie Subtrahieren, welche hardwareseitig nicht direkt implementiert sind, ausführen.

Memory und Flipflop

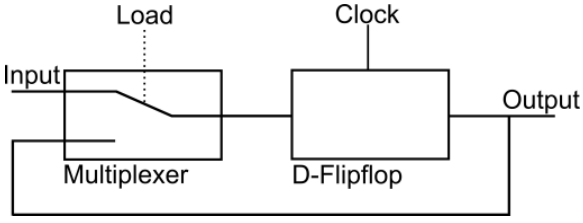
Holger Hujjon

Ein Flipflop ist ein logischer Baustein, der einen Datenwert, also eine 1 oder eine 0 speichern kann. Der Flipflop hat zwei Eingänge, INPUT und CLOCK und einen Ausgang OUT. Die CLOCK ist ein Baustein des Computers, der in regelmäßigen Abständen ein Signal an alle angeschlossenen Bauteile sendet und so das Arbeitstempo im Computer vorgibt. Immer dann, wenn am Eingang CLOCK 1 anliegt, wird ein Schritt ausgeführt, das heißt ist der Eingang CLOCK auf 1 gestellt, speichert das Flipflop den INPUT. Der Ausgang OUT gibt den gespeicherten Zustand, also 1 oder 0, aus.

Schaltbild eines D-Flipflop

Wenn der Wert gespeichert bleiben soll, muss man immer, wenn sich die CLOCK auf 1 stellt, den gespeicherten Wert nochmals einspeichern. Um dies zu umgehen, kann man mit dem Flipflop einen neuen Chip, den 1-Bit-Speicher, bauen.

Der 1-Bit-Speicher wird mit einem Flipflop und einem Multiplexer gebaut. Er besitzt 3 Eingänge und 1 Ausgang. Über den INPUT-Eingang lässt sich ein Wert eingeben, der dann gespeichert wird, aber nur, wenn der Eingang LOAD 1 ist. Auch dieser Chip hat einen CLOCK-Eingang. Der Ausgang OUT gibt auch hier den gespeicherten Zustand aus. Der Multiplexer entscheidet, ob der Speicher den INPUT oder OUT, also den momentan gespeicherten Wert speichert. Diese Entscheidung trifft der Multiplexer aufgrund des LOAD-Eingangs. Ist LOAD auf 0, so bleibt der eingespeicherte Wert gleich, daher leitet der Multiplexer OUT weiter, ist LOAD auf 1, so wird der INPUT vom Multiplexer weitergegeben und gespeichert.

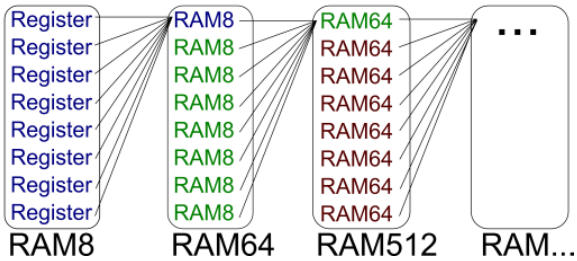


1-Bit Speicher

Mehrere 1-Bit-Speicher lassen sich zu einem Register zusammensetzen, welches bei unserem

Computer 16 Bit speichern kann. Heutzutage haben moderne Computer normalerweise Registergrößen von 32 und 64 oder sogar 128 Bit. Die Registergröße entscheidet, wie groß die größte Zahl ist, mit der der Computer arbeiten kann. Aus acht einzelnen 16-Bit-Registern haben wir anschließend einen Speicher für acht 16-Bit-Zahlen, genannt einen RAM8, gebaut. Ein RAM8 hat vier Eingänge. Die ersten drei, INPUT, LOAD und CLOCK funktionieren wie beim Register. Über ADDRESS, dem vierten Eingang, wird mit Hilfe mehrerer Demultiplexer ausgewählt, welches Register überschrieben werden soll. Der Demultiplexer entscheidet aufgrund der ADDRESS-Eingänge, die an die Selektorpins angeschlossen sind, bei welchem Register LOAD auf 1 gesetzt wird. Alle Register bekommen also den INPUT, aber nur ein Register speichert die Daten, da LOAD nur bei diesem Register auf 1 gesetzt wird. Der RAM8 hat natürlich auch einen Ausgang OUT. Dabei wird über einen Multiplexer einer der Ausgänge der Register ausgewählt, wobei als Selektorpins wieder ADDRESS verwendet wird. Der Eingang ADDRESS wählt also aus, welches Register überschrieben wird, gleichzeitig aber auch, welches Register ausgelesen wird.

Da wir aber noch größere Speicher benötigten, um einen Computer zu bauen, setzten wir immer größere Speicher zusammen: Acht RAM8 ergeben zusammengesetzt einen RAM64. Acht RAM64 ergeben einen RAM512 und so weiter...



Wie unser RAM aufgebaut ist

Je größer der Speicher, desto mehr Eingänge zur Angabe der Adresse hat er. Der größte Speicher, denn man in einem Computer einbaut, ist dann der fertige RAM. Der RAM ist ein Teil des Memory-Chips, welcher allerdings noch ein paar andere Dinge kann. Der Memory-Chip beinhaltet den Zugang zum Bildschirm und die Ausgabe der Tastatur. Er hat als Eingänge INPUT, LOAD und ADDRESS, die wir ja schon vom RAM8 kennen. Gibt man eine Zahl in ein Zugangsregister des Bildschirms ein, so werden die entsprechenden Pixel auf unserem 512*256 Pixel großen Bildschirm schwarz gefärbt. Beim Memory-Chip kann OUT auch die momentan gedrückte Taste der Tastatur sein. Der RAM ist, neben dem ROM, dem Programmspeicher des Computers, und der CPU, dem Prozessor, einer der drei wichtigsten Bausteine des Computers. Nun haben wir alle Teile, die wir für die Hardware benötigen und können an die Software gehen.

Maschinensprache, Assembly und Hochsprache

Nevena Dimitrova

Unsere nun fertige Hardware versteht nur 0 und 1, also müssen die Befehle, die sie erhält und ausführen soll, genauso formuliert werden. Die Sprache, die das erfüllt, nennt sich Maschinensprache und besteht aus 16 Bit pro Befehl, die die auszuführenden Befehle enthalten. Die Maschinensprache ist die niedrigste Instanz der Programmiersprachen und für den Computer lesbar. Ein Befehl kann zum Beispiel so aussehen: 0000000000001101

Alle Befehle sind im ROM, dem Programmspeicher des Computers, gespeichert. Von dort werden sie ausgelesen und ausgeführt. Je nach Befehl wird anschließend, gesteuert durch den Wert im Program Counter, der nächste Befehl oder ein anderer Befehl ausgeführt.

Dabei werden zwei Befehle der Maschinensprache unterschieden, die nur an dem ersten Bit erkannt werden. Der A-Befehl fängt im Binärcode mit einer 0 an: $0xxx$ und dient dazu, eine neue Zahl in dem A-Register der CPU zu speichern.

Die zweite Befehlsart wird C-Befehl genannt. Ihr Befehl fängt mit einer 1 an: 1xxx. Er bestimmt, wohin der Code geleitet wird und was mit diesem gemacht werden soll, beispielsweise welche Berechnungen die ALU, das Rechenzentrum der CPU, vornehmen soll. Der C-Befehl kann alle drei Speicher der CPU verändern:

Das A-Register, das D-Register und das M-Register (Memory).

Durch das erste Bit wird nun entschieden, ob ein neuer Befehl, der im A-Register gespeichert wurde, oder der alte Befehl, der im M-Register (dem Memory) ist, übernommen werden soll. Anschließend wird dieser ausgewählte Code mit dem vorherigen Befehl in die ALU geschickt und dort bestimmen die anderen Bits des 16stelligen Befehls, was nun mit dem ausgewählten Code passiert, zum Beispiel welche Rechenoperationen ausgeführt werden sollen.

Man programmiert natürlich nicht in dieser Maschinensprache, denn für uns ist es viel zu umständlich, komplexe Computerprogramme nur mithilfe von 0 und 1 zu schreiben. Deshalb programmiert man heutzutage nur noch mit Hochsprachen wie Java oder C++. Die Hochsprache ist die höchste und abstrakteste Instanz der Programmiersprachen und liegt auf einer viel höheren Ebene als die Maschinensprache. Diese Hochsprachen haben eine sehr menschennahe und an unser Denken angepasste Schreibweise, damit das Programmieren möglichst schnell und einfach funktioniert.

Wir haben zum Beispiel unser Spiel, das wir für unseren Computer programmiert haben, mithilfe von JACK geschrieben.

Zwischen der Maschinensprache und der Hochsprache gibt es allerdings noch eine Zwischenstufe: Die Assembly.

Die Assembly ist etwas abstrakter als die Maschinensprache, ist aber trotzdem noch sehr hardwarenah. Sie verwandelt die binären Befehle der Maschinensprache in „vereinfachte“ Assembler-Sprache. Durch diese Vereinfachung können wir schon besser nachvollziehen, was der Computer macht. Eine beispielhafte Assembly-Befehlsfolge ist die Vorgehensweise für das Überschreiben der Speicherstelle 108 im Memory mit dem Wert 17.

@17	Hier wird der Wert 17 im A-Register gespeichert.
D = A	Der Wert, der im A-Register gespeichert wurde, wird nun in das D-Register übernommen.
@108	Diese Zeile legt dann die Speicherstelle fest,
M = D	in die, als letzter Schritt, der Wert aus dem D-Register, also 17, in das Memory an der Adresse 108 gespeichert wird.

Damit wir allerdings in unserer Hochsprache schreiben können und der Computer uns trotzdem versteht, gibt es eine Art „Übersetzer“: den Compiler. Er wandelt die Befehle, die wir in der Hochsprache eingeben, in Assembly und anschließend in Maschinensprache um. Mit diesem haben wir uns aber nicht näher im Kurs beschäftigt und deshalb wird hier nicht weiter darauf eingegangen.

Betriebssystem

Alina Valta

Da unser Computer nun Hochsprachen – in unserem Fall JACK – versteht, können wir nun beginnen, mit dieser Programmiersprache unser Betriebssystem zu programmieren. Denn wie jeder Computer braucht auch unserer ein Betriebssystem.

Das Betriebssystem ist ein Programm, das die Verbindung zwischen Hardware und Anwenderprogrammen, wie Word oder Spielen, herstellt. Dies macht es, indem es den Programmen eine Reihe von Methoden (eine Methode ist ein kurzes Programm) zur Verfügung stellt, zum Beispiel eine zum Zeichnen eines Kreises. Man kann die Aufgaben eines Betriebssystems in zwei Bereiche einteilen.

Zum Einen hat das Betriebssystem systemorientierte Aufgaben. Es sorgt dafür, dass der Computer reibungslos läuft. Das beinhaltet Dinge wie die Benutzeroberfläche (Programmfenster, Menü, ...), Starten vom Computer, Speicherverwaltung (lesen, speichern, löschen von Daten), Sicherheit (zum Beispiel Zugriffsbeschränkungen) oder Gerätetreiber.

Auf der anderen Seite stellt es Grundmethoden zur Verfügung, die in den Anwenderprogrammen benötigt werden. Dazu zählen Grundlegende mathematische Operatoren, wie Multiplikation oder Division (unsere ALU kann ja nur addieren und subtrahieren), Ausgeben von

Buchstaben und Wörtern, Auslesen der Tastatur oder Maus und Grafikmethoden zum Zeichnen von geometrischen Figuren, wie Linien, Kreisen oder Rechtecken.

Unser Betriebssystem hat grundsätzlich die gleichen Aufgaben. Allerdings stellt es nur einige wichtige Grundfunktionen zur Verfügung. Auch die systemorientierten Aufgaben sind sehr beschränkt. Dinge wie Benutzeroberfläche, Betreiben von mehreren Programmen gleichzeitig, Zugriffsbeschränkungen oder Dateimanager besitzt es nicht. Unser Betriebssystem JackOS hat folgende Klassen (Klassen bestehen aus mehreren Methoden):

- Math: Mathematische Operatoren (Multiplikation, Division, Wurzel, . . .)
- String: Bei Strings handelt es sich um Zeichenketten, sodass man nicht nur einzelne Zeichen sondern ganze Wörter oder Sätze speichern kann.
- Array: Ein Array kann mehrere Elemente haben, so kann man mehre Werte zusammen speichern.
- Output: Die Klasse Output kann etwas an eine bestimmte Stelle am Bildschirm schreiben.
- Screen: Zeichnet Pixel, Linien und Rechtecke in schwarz oder weiß auf den Bildschirm.
- Keyboard: Liest die Tastatur aus.
- Sys: Kann Fehlermeldungen ausgeben und das Programm anhalten.

Da wir keine Zeit hatten, das ganze Betriebssystem selbst zu schreiben, beschränkten wir uns auf einen Teil der Klasse Screen und der Klasse Output.

In der Klasse Screen schrieben wir zwei Methoden selbst: Zum einen *setColor()*, die die Farbe, mit der wir zeichnen, auf schwarz *setColor(1)* oder weiß *setColor(0)* setzt. Außerdem schreiben wir die Methode *drawPixel (x-Koordinate, y-Koordinate)* zum Zeichnen von einzelnen Pixeln in der momentan gesetzten Farbe an der angegebenen Position. Dazu mussten wir einen Programmcode für die folgenden Schritte schreiben.

Zuerst mussten wir die Koordinaten in unsere entsprechende Speicherstelle umrechnen, sodass wir wussten, mit welcher Adresse wir den Inhalt der entsprechenden Speicherstelle ändern können und somit unser Bildschirm an dieser Stelle etwas anderes anzeigt. Unsere Speicherstellen speichern immer eine 16-stellige Binärzahl, also 16 Pixel unseres Bildschirms in einer Speicherstelle. Wir wollen aber nur einen Pixel verändern, also müssen wir noch berechnen, an welcher Position in der Speicherstelle wir unseren Pixel speichern.

Schüler in Betrieb

Danach muss der Wert der Speicherstelle ausgelesen werden, denn wir können immer nur die ganze Speicherstelle auf einmal ändern. Wir wollen aber nur eine Stelle – ein einzelnes Pixel – ändern. Damit sich auch wirklich nur das eine Pixel schwarz beziehungsweise weiß wird, benutzen wir verschiedenen Bitoperationen. Das Ergebnis wird an der entsprechenden Stelle gespeichert und somit ändert sich das Pixel auf dem Bildschirm.

```
function void drawPixel(int x, int y)
 {
 var int speicherstelle;
 var int pixel;
 var int index;
 var int spalte;

 let spalte = x / 16;
 let index = x - (spalte * 16);
 let speicherstelle
= 24576 + ((y * 32) + spalte);
 let pixel = Memory.peek(speicherstelle);

if(black)
 {
 let pixel = Math.Pow(2, index) | pixel;
 }
```

```
 else
 {
 let pixel = ~(Math.Pow(2, index)) & pixel;
 }

do Memory.poke(speicherstelle, pixel);
 return;
 }
```

Weil wir aber nicht nur einzelne Pixel zeichnen wollen, sondern Buchstaben ausgeben wollen, entwarfen wir exemplarisch die Großbuchstaben A, B und C und schrieben diese Entwürfe in unsere Klasse Output. Hierzu malten wir auf Papier in ein Rechteck von sieben auf neun Pixeln unsere Entwürfe der Buchstaben. Dabei sind die zwei unteren Zeilen und die zwei rechten Spalten der Abstand zur nächsten Zeile und zum nächsten Buchstaben. Dann wurde jede Zeile in eine Zahl umgewandelt. Waren zum Beispiel von den sieben Pixeln in der Reihe nur der dritte und vierte angemalt, ergab sich die Zahl 0011000, also 48. Dies wurde für jede Zeile gemacht und dann von bereits fertigen Methoden, die wir nicht selbst geschrieben hatten, dem entsprechenden ASCII-Wert zugewiesen und gezeichnet.

Das Spiel

Noah-Yannick Schmid und Kevin Yuan

Da wir jetzt ja ein Betriebssystem zur Verfügung hatten, wollten wir nun ein kleines Spiel programmieren.

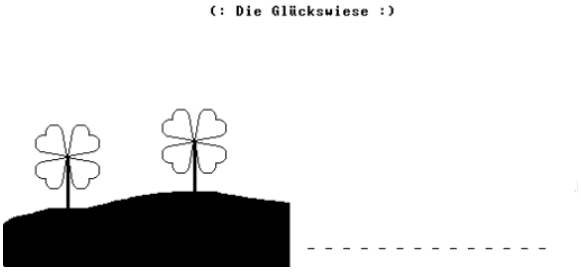
Planung und Aufbau

Zuerst haben wir uns Gedanken darüber gemacht, was wir für ein Spiel programmieren wollen. Lange hat das nicht gedauert, da wir nur sehr wenige Möglichkeiten zur Verfügung hatten. Beispielsweise konnten wir kein Spiel programmieren, bei dem große Animationen auf dem Bildschirm stattfinden, also haben wir uns für eine Computer-Version des Spiels Galgenmännchen entschieden und es passend zum Akademiemotto „Die Glückswiese“ genannt. In dem Spiel befindet sich der Spieler auf einer Wiese, auf der zwei vierblättrige Kleeblätter wachsen. Glückswiese soll ähnlich wie Galgenmänchen funktionieren: Zu Beginn gibt der Spielleiter ein Wort ein, welches später im Spiel von den Spielern erraten werden soll. Nennt der Spieler einen falschen Buchstaben, so verliert er eines seiner acht Leben/Kleeblätter. Da wir nicht alle am selben Script arbeiten konnten, mussten wir uns in Gruppen aufteilen, die alle jeweils verschiedene Aufgaben übernahmen.

Durchführung

Während der Durchführungsphase haben die verschiedenen Gruppen Teile des Spiels in der Programiersprache JACK programiert. Von den insgesammt sechs Gruppen haben sich fünf Gruppen mit der Grafik des Spiels, also dem Startbildschirm, Endbildschirm, Alphabet, Kleeblätter und Wiese beschäftigt. Die sechste Gruppe beschäftigte sich mit dem Spielablauf und dem Zusammenfügen der einzelnen Teile.

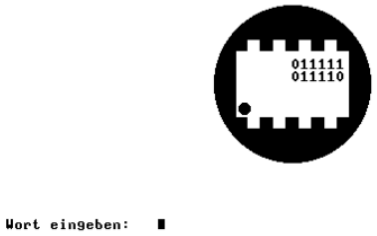
Die Kleeblatt-Gruppe zeichnete ein Musterkleeblatt zunächst in ein Papierraster. Anschließend beschrifteten sie die Seiten, sodass aus dem Raster ein Koordinatensystem wurde, dessen Punkte leicht abgelesen werden konnten. Diese vielen Punkte auf dem Papier wurden nun Pixel für Pixel nach JACK übertragen. Daraus entstand dann ein Kleeblatt.



Spielbildschirm zu Beginn

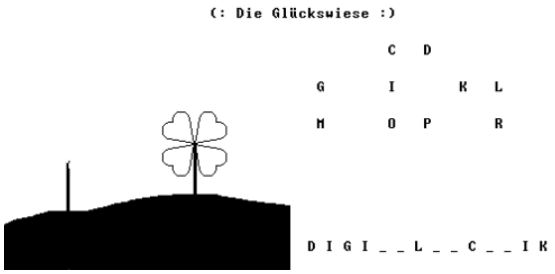
Da die Wiese-Gruppe ein relativ großes Objekt erstellen musste, konnte die „Pixel-Methode“, die die Kleeblatt-Gruppe angewendet hat, nicht mehr benutzt werden. Stattdessen haben sie die Wiese mit vielen unterschiedlich langen, horizontalen, übereinander geschichteten Linien gezeichnet. Für diese Linien gab es im JackOS schon einen vordefinierten Befehl, mit dem man diese zeichnen lassen konnte.

Außerdem gab es einen Gruppe, die den Startbildschirm programmierte. Auf diesem war unser Kurslogo abgebildet, und man hatte die Möglichkeit, das Wort für das Spiel einzugeben. Für das Logo arbeiteten wir hier mit den Befehlen einen Kreis und ein Rechteck zu zeichnen, denn unser Logo besteht eigentlich nur aus Kreisen, Rechtecken und Zahlen.



Startbildschirm

Um das Alphabet und die bereits genutzten Buchstaben anzuzeigen, gab es eine Alphabet-Gruppe, die dies übernahm. Hierfür zeigten wir das Alphabet in richtiger Reihenfolge auf den Bildschirm an, die jeweils nach der Benutzung eines Buchstabens gezeichnet werden.



Alphabet

Selbstverständlich musste unser Spiel auch ein Ende haben, und dafür programmierte eine Gruppe den Endbildschirm. Je nachdem, ob man gewonnen hat, ließ unser geschriebener Programmcode einen aus Kreisen und Strichen bestehenden traurigen beziehungsweise glücklichen Smiley zeichnen.

Die letzte Gruppe setzte die einzelnen Programmteile zusammen, damit es ein fließendes Programm ergab. Es bestand daraus, dass zuerst der Startbildschrirm angezeigt wird, bei dem man das zu erratende Wort eingeben sollte. Dann erschien das eigentliche Spiel mit der Glückswiese, den Kleeblättern, die anzeigten,

Endbildschirm

wie viele Leben man noch hat und das Alphabet. Wenn man das Wort herausfindet, bevor man alle Kleeblätter verliert, soll das Programm den fröhlichen Smiley anzeigen. Wenn man das Wort binnen der acht Leben nicht herausfindet, wird ein trauriger Smiley angezeigt.

Als das Spiel nun fertig war, haben wir es alle zusammen ausprobiert und waren sehr stolz darauf, was wir geschafft hatten. Deshalb haben wir dann auch bei der Abschlusspräsentation das Spiel vorgeführt. Dort gab es große Begeisterung bei den Zuhörern, und so spielten wir oft ein paar Runden mehr.

Exkursion

Helen Zwölfer

Wir saßen aber nicht nur vor unseren Rechnern, sondern verließen auch einmal das kleine Adelsheim. Denn während der Akademie gab es einen Tag, an dem alle Kurse eine Exkursion unternahmen.

Also machten wir uns mit dem Zug auf nach Stuttgart. Dort hatten wir zuerst zwei Stunden Freizeit, die wir natürlich gerne nutzten. Hier gab es für manche von uns den ersten langersehnten Kaffee seit mehr als einer Woche.

Nach dieser leckeren Kräftigung ging es weiter in das Institut für Mikroelektronik (IMS CHIPS). Dort hat man extra für uns eine Führung mit einem Vortrag organisiert, dem wir aufmerksam zuhörten. Obwohl wir schon früh morgens um neun losfuhren, kamen wir erst um halb neun Uhr abends wieder an, weil es so interessant war, dass wir alles noch genauer wissen wollten.

Was bekamen wir nun alles zu hören und zu sehen? Zuerst durften wir einen Reinraum von

außen sehen. Davor musste aber jeder von uns kleine Plastiktüten über seine Schuhe anziehen, die sehr witzig aussahen.

Ein Reinraum ist, wie der Name schon sagt, ein Raum, der völlig rein und somit möglichst staubfrei gehalten wird. Damit innen auch alles schön sauber bleibt, müssen die Wissenschaftler, die dort arbeiten, erst durch eine Schleuse gehen. In dieser werden sie mithilfe von Luftströmen grob gesäubert. Drei von uns durften diese Schleuse auch ausprobieren: Von allen Seiten kam Luft, und die Haare wurden nach oben gezogen, man kam sich vor wie in einem großen Föhn.

Danach muss man einen weißen Ganzkörperanzug aus Plastik anziehen und alle Wertsachen draußen lassen: Schlüssel, Geldbeutel und sogar die Handys. Aber diese wären sowieso nutzlos, weil es in dem Raum keinen Empfang gibt. Die Wände sind dazu viel zu dick. Bevor man dann endgültig im Reinraum ist, muss man noch eine letzte Schleuse durchqueren.

Die Wissenschaftler arbeiten dort mit lang ausgestreckten Armen, um so viel Abstand wie möglich zu den empfindlichen Chips zu haben. Damit kommen so wenige Fremdpartikel wie möglich an die Chips. Es muss auch dauernd die gleiche Temperatur herrschen, denn dies ist notwendig für das, was in diesem Raum entsteht: Die Mikrochips. So ein Chip ist nicht größer als ein kleiner Fingernagel, trotzdem besteht er aus über 100 Millionen Transistoren. Dies ist eine Zahl, die man sich kaum noch vorstellen kann. Noch weniger kann man sich vorstellen, wie die Transistoren auf den Chip gelangen. Aber wie werden diese Chips nun hergestellt?

Am Anfang gibt es nur Silizium. Aus diesem wird das Fundament der Chips erstellt, indem man es in hauchdünne Platten zerschneidet. Die Transistoren werden anschließend mit dem sogenannten Fotolackverfahren erzeugt:

Es wird zuerst die Siliziumplatte mit Aluminium beschichtet. Diese wird durch Rotation mit einer Schicht Fotolack besprüht. Jetzt wird eine Vorlage aus Glas, die mit Chrom beschichtet ist, auf die Platte gelegt. Die Platte wird nun belichtet, und durch die Vorlage dringt das Licht nur durch die richtigen Stellen. Der beschädigte Fotolack kann somit anschließend durch ein Säurebad entfernt werden.

Der Wafer, also die Siliziumplatte mit der Aluminiumschicht und der Fotolackschicht, wird nun geätzt, und nur die Stellen mit dem Fotolack bleiben unversehrt. Zum Schluss wird der Wafer noch gereinigt.

Dieses Fotolackverfahren wird nicht nur einmal gemacht, sondern ungefähr 10 Mal wiederholt. Jetzt haben wir viele Millionen Transistoren, aber es kommen nochmals circa sechs Schichten dazu. Diese sind Verbindungen, sodass aus den einzelnen Transistoren Logikgatter entstehen, denn die brauchen wir unbedingt für den Computer.

Da diese Chips nun sehr empfindlich sind, müssen sie in ein Gehäuse. Dazu werden die Chipanschlüsse durch sogenannte Bonddrähte mit dem Gehäuse verbunden. Zur Wahl stehen Keramikgehäuse und Plastikgehäuse. Beide haben ihre Vor- und Nachteile. Keramik ist teuer, aber schnell herstellbar. Deshalb nimmt man sie in Deutschland zur Testversion, denn da muss die Lieferzeit kurz sein. Die Plastikgehäuse sind billiger, aber es braucht seine Zeit, bis sie fertig sind. Diese werden hauptsächlich in Asien hergestellt.

Nach diesem spannenden Vortrag waren unsere Beine schon ganz schwer, weil wir fast die gesamte Zeit über stehen mussten. Zum Glück gab es eine kleine Trinkpause, in der wir auch die ganzen neuen Informationen verarbeiten konnten. Als krönenden Abschluss gab es noch einen kleinen Vortrag über Kamerachips. Das sind Chips, die so gebaut sind, das sie auch fotografieren können. In der Industrie gibt es dadurch auch bei sehr schlechten Lichtverhältnissen gute Bilder. Und es gibt keine Verzerrungen mehr, da alle Pixel vom selben Zeitpunkt ausgegeben werden. Nicht nur in der Industrie, sondern auch in der Medizin kann man diese Kamerachips benutzen. Diese ganz winzigen Chips können sich zum Beispiel in Endoskopen finden. Das sind Geräte, mit dem man das Innere von Menschen oder Tieren untersuchen kann.

Als wir am Stuttgarter Bahnhof ankamen, hatten wir aber unseren Zug zurück ins beschauliche Adelsheim verpasst. Da wir erwarteten,

dass es, wenn wir zurückkamen, schon viel zu spät für das Abendessen sein würde und wir außerdem noch eine Stunde Zeit hatten, schlugen wir uns die Bäuche mit Fast Food voll, und genossen noch ein letztes Mal die richtige Zivilisation. Als wir dann um halb neun Adelsheim erreichten, begrüßten uns schon freudig alle anderen Kurse und die Wiedersehensfreude nach der langen Trennung war groß.

Vielen Dank an das Institut für Mikroelektronik Stuttgart für die Organisation dieses tollen Tages. Insbesondere wollen wir uns bei Herrn Dr. Zimmermann, Herrn Strobel, Herrn Berndt sowie Herrn Futterer bedanken!

Kurs 2 – Geophysik: Atmosphärenforschung

Unser Kurs

Clara ist zeichnerisch und musikalisch sehr begabt und erklärte den anderen schwere Themen sehr anschaulich. Hinter ihrem Lockenkopf verbirgt sich ein phänomenales Gedächtnis, mit dem sie uns jeden Tag aufs Neue beeindruckte.

Lukas ist der kleine, blonde Stuttgart-Fan, der sich oft scherzeshalber mit unserer Schülermentorin Johanna über Fußball stritt. Er half engagiert bei den Mini-Kameras und sorgte mit seinem einheimischen Dialekt für lockere Stimmung.

Julian war stets sehr hilfsbereit, was etwa daran deutlich wurde, dass er uns selbst noch freitags spät abends die Heliumformel erklärte – und das mehrmals. Selbst bei seinen sehr langen Sätzen verlor er nie den Überblick über die Kommasetzung, und er blieb immer ruhig und konzentriert.

Nelly war immer gut drauf und für einen Spaß zu haben. Regelmäßig lockerte sie die Stimmung mit Musik auf, blieb jedoch sehr engagiert und erarbeitete unser wundervolles SMILE-Logo.

Kai war unser Master-Programmierer in Sachen Canon-Kamera und arbeitete sich fleißig durch das Skript durch. Mit seinem Kommentar „Das war gar nicht mal so dämlich“ sorgte er für so viele Lacher, dass er es bis aufs Kursshirt schaffte und somit in die Geschichte einging.

Tobias trug mit seiner fröhlichen Art und seinen erfrischenden Ideen maßgeblich zur Entstehung unseres Kurs-T-Shirts bei. Auch das geniale Major-Dom-Video stammt von ihm.

Viktoria brachte als ausdauernde Leistungsschwimmerin viel Energie in die Gruppe

mit. So ist es auch nicht verwunderlich, dass sie wie ein Wasserfall redete. Durchhaltevermögend wie sie war, eignete sie sich zusammen mit ihrem schnellen Denken perfekt als Gondelbauerin.

Jan hatte als unser Ninja-Meister blitzschnelle Reflexe und wusste in jeder Situation sofort, was zu tun war. Mit seinem scharfen Verstand rettete er uns vor so mancher Schwierigkeit. Wenn er nicht gerade seine laute Trompete spielte, war er ein ruhiger Typ. Er designte unser Kursshirt.

Anna Lena stand wie eine mutige Heldin mit einem Lötkolben bewaffnet vor der undurchdringlichen Wand aus Styropor. Tapfer ertrug sie den beißenden Gestank und brannte Loch für Loch in unsere Gondel. Sie lachte gerne und hielt unseren Ballon so ausdauernd fest, dass ihr Umriss auf unserem T-Shirt landete.

Lion wusste stets um seinen Standpunkt. Deshalb ist es nicht verwunderlich, dass er derjenige war, der für die GPS-Geräte zuständig war. Seit dem schicksalhaften Tag, an dem wir unsere Gondel nach dem Flug fast nicht wiedergesehen hätten, bedeutet sein Handy-Klingelton, mit dem die Ankunft der Koordinaten der Gondel per SMS verkündet wurde, für uns pures Glück.

Felicia behauptet von sich, nicht leise reden zu können. Sie überzeugte mit ihrer sympathischen, fröhlichen Art nicht nur beim gemeinsamen Theaterstück. Großes Engagement zeigt sie als Rettungsschwimmerin bei der DLRG und auch als Expertin für die Mini-Camcorder, womit sie auch maßgeblich zum Erfolg unseres Projektes beitrug.

Ruozhao ist nicht nur die ausgeglichenste Person unseres Kurses, sie war auch immer konzentriert bei der Sache. Mit ihrer stets fröhlichen Art gab sie jedem das Gefühl, es könne gar nichts schief gehen.

Caros vielseitigen Talente waren uns oft eine große Hilfe. Was hätten wir ohne ihre Lötfähigkeiten gemacht? Wer hätte diese Doku gesetzt, wenn nicht sie? Und wer hätte uns sonst mit Süßigkeitenbergen überschüttet? Immer lachend gab sie nie auf und wusste immer eine Lösung.

Dominik besser bekannt als Major Dom, redete viel und gerne. Nicht ohne Grund hat Caro ihm manchmal den Mund mit Panzertape zugeklebt. Ohne ihn hätten wir an einem ordentlich gespart: Cola. Allerdings hatte er viele wichtige Ideen und Anmerkungen und baute mit seinem Motivationstalent den „krass coolsten Kurs der Welt“ immer wieder auf.

Johanna, unsere furchtlose Schülermentorin, hätte für uns jeden Baum bezwungen, um die Gondel wiederzuholen. Solange sie ihre Schokolade hat, meistert sie jede Herausforderung. Immer gut gelaunt und doch immer zielorientiert rief unser liebster SC-Fan uns immer wieder zur Ordnung. Beim Countdown zum Start – mit Megafon – war sie fast genauso wenig zu halten wie beim Wiederfinden unserer Gondel.

Beim Sportfest.

Vorwort

Clara McKellar

Strikt getrennt nach Jungs und Mädchen saßen wir am Eröffnungswochenende im Kursraum und warteten auf die Leiter. Im Nachhinein kann ich über unser aller Zurückhaltung und über unsere Schüchternheit nur schmunzeln.

Innerhalb kürzester Zeit hatte sich ein Gruppenzusammenhalt gebildet, wie ich ihn noch nie erlebt habe.

Gemeinsam kletterten wir auf Bäume, liefen – nur mit einem GPS-Gerät ausgestattet – im Wald herum und verloren beim Sportfest. Natürlich durfte auch das traditionsreiche, allseits beliebte Ninja-Spiel nicht fehlen.

Trotz all dieser Vergnügungen verloren wir nie unser Ziel aus den Augen: Unser Projekt namens SMILE (Station um Messwerte in luftigen Höhen zu erfassen). Doch wie kriegt man eine Wetterstation auf über 20 km Höhe? Unsere Antwort: Mit einem Wetterballon. Und waren wir einmal erschöpft vom vielen Planen und Bauen, kam immer jemand mit einer Tüte Chips oder einer Packung Gummibärchen und päppelte uns wieder auf. Hier nun also die Ergebnisse unserer Arbeit.

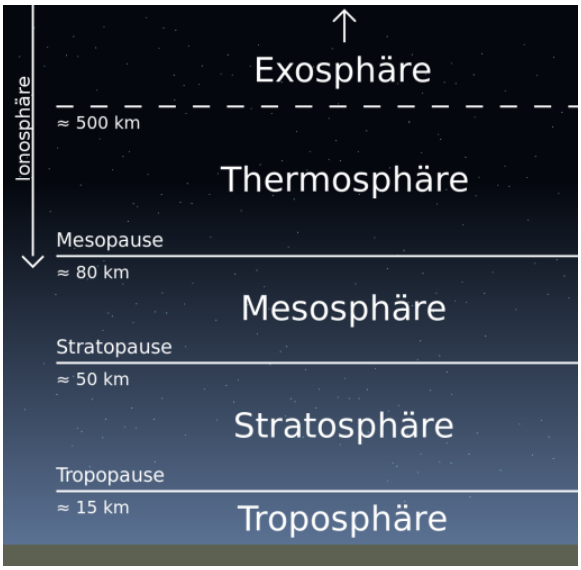
Die Erdatmosphäre

Clara McKellar

Wenn man vom Erdboden aus immer höher steigt, passiert man auf dem Weg zum Weltraum die verschiedenen Schichten der Atmosphäre. Zwischen den einzelnen Schichten gibt es Grenzzonen, sogenannte Pausen.

Die unterste Atmosphärenschicht ist die Troposphäre: die Schicht, in der sich das, was wir Wetter nennen, hauptsächlich abspielt. Innerhalb der Troposphäre steigt warme Luft auf, während kalte absinkt. In Bodennähe ist es in der Troposphäre noch ziemlich warm. Das liegt daran, dass die Erde die Energie der Sonne aufnimmt und dadurch auch die Luft in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche aufheizt. Je höher man kommt, desto kälter wird es, bis die Temperatur schließlich am Beginn der Stratosphäre nach der Tropopause nur noch etwa −60 °C beträgt.

In der Stratosphäre ist die Luft sehr trocken, weshalb sich auch kaum Wetterphänomene beobachten lassen. Nur unter extrem kalten Bedingungen, zum Beispiel in der Polarnacht, bildet sich dann und wann eine Wolke. Während der sogenannten Blauen Stunde in der Dämmerung kann man die berühmte Ozonschicht, die sich hauptsächlich in der Stratosphäre befindet, mit eigenen Augen sehen. In der Stratosphäre steigt die Temperatur wieder auf ca. 0 °C an, denn in der Ozonschicht wird die UV-Strahlung der Sonne absorbiert und in Wärme umgewandelt.



Aufbau der Erdatmosphäre. Grafik: Niko Lang und Ladyt (CC-BY-SA 3.0).

Danach durchquert man die Mesosphäre. Sie ist auch als „kalte Schicht“ bekannt, da hier Temperatur und Luftdruck dramatisch sinken. Bis zum Ende der Mesosphäre, der Mesopause, fällt die Temperatur auf ca. −90 °C, bevor sie später wieder ansteigt. Die UV-Strahlung ist in der Mesosphäre so stark, dass ein Mensch sich in kürzester Zeit starke Verbrennungen zuziehen würde. Über den Polarkappen bilden sich in dieser Sphäre im Sommer bläulich-silbern schimmernde Nachtwolken, die man gelegentlich auch in unseren Breiten beobachten kann. Dabei handelt es sich um Ansammlungen von Eiskristallen.

Die äußerste klar definierte Schicht der Erdatmosphäre ist die Thermosphäre, bevor der fließende Übergang zum Weltraum beginnt. Hier herrschen Temperaturen zwischen 300 °C und 1500 °C. Je nach Sonnenaktivität können es aber auch an die 2000 °C sein. Trotzdem würden wir keine Hitze spüren, wenn wir unsere Hand aus unserem Gefährt strecken würden, denn die Dichte hier ist millionenfach geringer als auf der Erde. Die Temperatur äußert sich vielmehr in der Geschwindigkeit der Teilchen.

In der Thermosphäre umkreist unter anderem die Internationale Raumstation (ISS) die Erde.

Das Ziel unseres Projektes war es, Daten aus der Stratosphäre zu messen und mit auf der Erdoberfläche ermittelbaren Werten zu vergleichen. Der Ballonbau war dabei nur ein Mittel zum Zweck. Doch im Laufe des Sommers rückte der Ballon immer mehr in den Vordergrund, und alles drehte sich um die entscheidende Frage: Würde er es bis in die Stratosphäre schaffen? Und noch viel wichtiger: Würde die Gondel heil zurück zur Erde gelangen? Ich bin sehr stolz, sagen zu können, dass wir all unsere Ziele erreicht haben. Sowohl die ursprünglich zentralen, als auch die, die später in den Mittelpunkt rückten.

Ballon und Fallschirm

Anna Lena Schaible

Schon vor Beginn der Akademie im Sommer diskutierten wir fleißig im Internetforum der Science-Academy, welcher Ballon und welcher Fallschirm am geeignetsten sind und was wir am besten für die Gondel verwenden könnten. Für die Recherche teilten wir unseren Kurs in vier Gruppen mit jeweils drei Leuten ein.

Das Team „Skyfall“, bestehend aus Viktoria, Clara und Lukas, kümmerte sich um den Fallschirm, „die Helis“, bestehend aus Lion, Julian und Anna Lena, um den Ballon und die Berechnung der benötigten Heliummenge. Beim Ballon entschieden wir uns für den Wetterballon vom Typ 1700 von der Firma Stratoflights. Er wiegt selbst 2,3 kg und hat befüllt auf dem Erdboden einen Durchmesser von ca. 2,5 m. Dieser Ballon kann laut Herstellerangaben bis zu 2,5 kg transportieren, so dass wir problemlos zwei Datenlogger, zwei Mini-Camcorder, eine Digitalkamera und zwei GPS-Geräte in einer selbstgebauten Gondel aus Styropor mit auf die Reise schicken konnten.

Der Ballon hat an der Oberseite eine Öffnung, durch die das Gas mithilfe eines Schlauches eingefüllt wird. Verschlossen wird er mit einer Kugel, die man mit einer Schnur in die Öffnung ziehen kann. An dem Ballon war ursprünglich eine Lastverteilungshaut befestigt, die wir entfernten. Stattdessen befestigten wir unsere Gondel direkt am Ballon. Dadurch sparten wir 0,6 kg ein.

Der Ballon musste bis zum Start lichtgeschützt gelagert werden. Außerdem trugen wir beim Befüllen Handschuhe, da unser Hautfett dem Material der Ballonhaut schaden würde und somit das Risiko bestehen würde, dass der Ballon an dieser Stelle früher als gewollt platzt.

Fallschirm (rot, im Vordergrund ausgebreitet) und Ballonhülle (braun, noch nicht befüllt) vor dem Start.

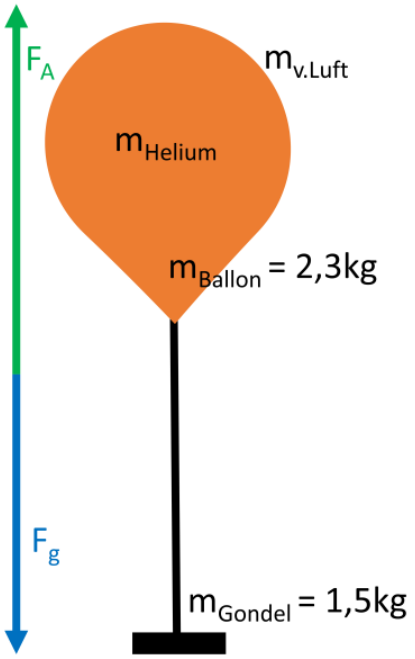
Beim Fallschirm entschieden wir uns für das Modell 2500, ebenfalls von der Firma Stratoflights, das speziell für Wetterballons designt wurde und 600–1200 g Nutzlast, also unsere Messgeräte in der Gondel, sicher zurück zur Erde bringen kann. Der Fallschirm hat einen Durchmesser von 120 cm und wiegt 80 g. Er öffnet sich automatisch nach dem Platzen des Ballons und besteht aus einem reißfesten Gewebe, das nicht so schnell zerknittert. Oben in der Mitte hat der Fallschirm ein kleines Loch, damit sich der Druck ober- und unterhalb ausgleichen kann. Ein weiterer Vorteil war die rote Farbe des Fallschirms, damit wir die Gondel nach der Landung besser finden konnten.

Der Fallschirm wird mit einer leichten, reißfesten Spezialschnur ca. 5 m unterhalb des Ballons befestigt. Die Gondel wiederum wird 10 m unterhalb des Fallschirms angebracht, damit keine Gefahr besteht, dass sich die einzelnen Objekte ineinander verfangen. Da unser Flug optimal verlief, können dass wir sagen, dass wir bei Ballon und Fallschirm die richtige Wahl getroffen haben.

Der Aufstieg eines Ballons

Julian Todt

Zunächst haben sich „die Helis“ darüber Gedanken gemacht, wieso unser Ballon überhaupt aufsteigt und was wir dafür tun müssen. Ein Ballon steigt aus anderen Gründen auf als ein Passagierflugzeug, das Triebwerke und riesige Tragflächen besitzt. Vereinfacht gesagt wirken aber auf beide dieselben physikalischen Kräfte: zum einen die Gewichtskraft, die sowohl Flugzeug oder Ballon als auch jede andere Masse in Richtung Erdmittelpunkt zieht, und zum anderen die Auftriebskraft, die nach oben gerichtet ist. Erst wenn die Auftriebskraft größer ist als die Gewichtskraft, steigt ein Gegenstand nach oben. Die Geschwindigkeit dieser Bewegung hängt dabei im Endeffekt von der Differenz der beiden Kräfte ab. Um sicherzugehen, dass unser Ballon steigen wird, muss man also beide Kräfte bestimmen und vergleichen.



Gewichts- und Auftriebskraft beim Ballon

Die Gewichtskraft F_g lässt sich dabei über $F_g = m_{\text{gesamt}} \cdot g$ leicht berechnen, wobei m_{gesamt} für die Masse des Ballons inklusive Füllgas und Gondel steht, und g für den Ortsfaktor, der auf der Erdoberfläche näherungsweise $9{,}81\,\text{m/s}^2$ beträgt. Die Auftriebskraft F_A ist die Gewichtskraft der durch den Ballon verdrängten Luft, also $F_A = m_{\text{Luft}} \cdot g$, wobei zu beachten ist, dass die Auftriebskraft zwar steigt, je mehr Gas man in den Ballon füllt, da mehr Luft verdrängt wird, gleichzeitig aber auch die Gewichtskraft zunimmt, da natürlich auch die Füllung eine Masse hat.

Die Auftriebskraft wird größer als die Gewichtskraft, wenn der Ballon genügend Luft verdrängt und damit die Auftriebskraft steigt, ohne dass gleichzeitig wieder viel Masse und damit Gewichtskraft hinzukommt. Normalerweise wird das durch ein besonders leichtes Füllgas wie Helium erreicht. Wasserstoff würde diese Kriterien zwar auch erfüllen, verwendet werden sollte er aber aufgrund der großen Brandgefahr nur mit äußerster Vorsicht.

Durch den mit der Höhe sinkenden Luftdruck dehnt sich das Füllgas beim Aufstieg aus und der Ballon platzt schließlich. Danach fällt die Gondel zurück auf die Erde. Man darf also nicht zu viel Helium in den Ballon füllen, sonst platzt er zu früh und kommt eventuell nicht hoch genug. Es gibt zwar im Internet einige Rechner, die die benötigte Heliummenge für eine vorgegebene Nutzlast anzeigen, aber auf diese wollten wir uns nicht verlassen. Deshalb haben wir uns überlegt, wie wir die benötigte Heliummenge selbst berechnen können. In Erfahrungsberichten anderer Ballonprojekte kann man nachlesen, dass die sogenannte positive Auftriebskraft, also die Kraft, die nach oben wirkt, wenn der Ballon startbereit mit Helium gefüllt aber noch nicht mit der Gondel verbunden ist, dem 1,5-fachen des Gewichts der Gondel entsprechen sollte.

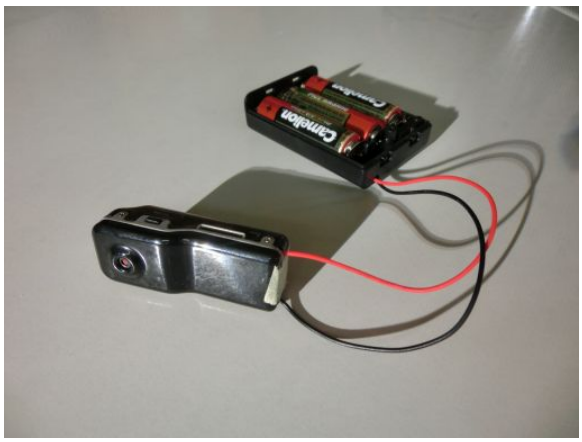
Gesucht ist also das dafür benötigte Volumen des Ballons, wobei gilt $m_{\text{Luft}} = V_{\text{Ballon}} \cdot \rho_{\text{Luft}}$. Also erhalten wir $F_A = V_{\text{Ballon}} \cdot \rho_{\text{Luft}} \cdot g$. Die Gewichtskraft des Ballons ergibt sich aus den Massen von Gondel (großzügig geschätzt 1,5 kg) und Ballonhülle (2,3 kg). Inklusive des oben angesprochenen Faktors 1,5 bei der Gondel kommen wir damit zusammen auf effektiv ca. 4,55 kg. Außerdem kommt noch die bislang unbekannte Masse des Heliums dazu. So ergibt sich für die anzunehmende Gewichtskraft: $F_G = (4{,}55\,\text{kg} + V_{\text{Ballon}} \cdot \rho_{\text{Helium}}) \cdot g$. Wenn man nun alle Teile zusammensetzt, erhält man $V_{\text{Ballon}} \cdot \rho_{\text{Luft}} \cdot g = (4{,}55\,\text{kg} + V_{\text{Ballon}} \cdot \rho_{\text{Helium}}) \cdot g$

Damit ergibt sich dann eine ungefähre Heliummenge von 4,4 m^3. Allerdings muss man berücksichtigen, dass beim Befüllen des Ballons auch eine gewisse Menge Helium verloren geht (z. B. durch undichte Schläuche). Außerdem kann man an der Gasflasche nicht genau ablesen, wie viel Helium schon entnommen wurde. Wichtig ist auch, dass es besser wäre, wenn der Ballon nicht ganz so hoch fliegt, als dass eventuell zu wenig Helium eingefüllt wird und er daher gar nicht oder erst nach langer Flugstrecke platzt. All das spricht dafür, im Zweifel lieber etwas mehr Helium einzufüllen.

Die Auswahl der Messgeräte und Kameras

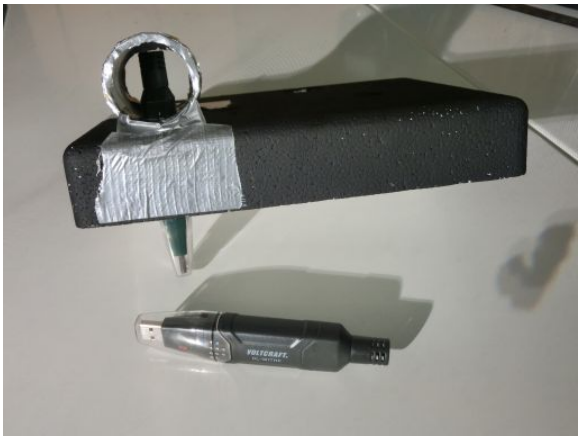
Tobias van Lier

Das Team bestehend aus Felicia, Jan und Tobias, das sich zwischen Eröffnungswochenende und Sommerakademie mit den Messgeräten beschäftigte, hat im Forum sehr viel und lange diskutiert, denn es musste festgelegt werden, was wie gemessen werden sollte. Eine ungefähre Vorstellung davon hatten wir bereits am Eröffnungswochenende: Temperatur und Luftdruck sollten es sein, außerdem wollten wir natürlich auch Fotos haben. Deshalb setzt sich auch der Name der Gruppe, „KeBaP“, aus den Einheiten Kelvin, Bar und Pixel zusammen. Später entschieden wir uns nach dem Tipp eines Bekannten von Jan dazu, auch noch die Luftfeuchtigkeit zu messen.



Mini-Camcorder mit Batteriepack

Zunächst musste entschieden werden, welche Messgeräte und Kameras wir konkret verwenden wollten. Jans Bekannter, der selber schon Wetterballons gestartet hatte, empfahl uns kleine Videokameras vom Typ Mini DV Camcorder PMDV80, die leicht und platzsparend sind. Diese haben wir dann auch verwendet. Zur Datenmessung empfahl er uns ein Gerät namens Tiny Track-4, das GPS-Koordinaten und die Messwerte von externen Sensoren per Funk auf die Erde sendet und ins Internet stellt. Das hätte den Vorteil gehabt, dass unsere Daten gesichert gewesen wären, auch wenn wir die Gondel nicht wiedergefunden hätten. Allerdings konnten wir bis 25 Tage vor der Akademie keine passenden Sensoren finden, die ohne größeren Aufwand an den Tiny Track adaptiert werden konnten. Dafür wären tiefergehende Elektronikkenntnisse nötig gewesen, weshalb wir uns am Ende dagegen entschieden haben.



Die Datenlogger, einmal einzeln, einmal in den Deckel der Gondel eingebaut

Also machten wir uns stattdessen auf die Suche nach leichten Messgeräten, die gleichzeitig auch noch Daten speichern konnten. So entdeckten wir ziemlich schnell verschiedene Datenlogger. Ein bezahlbares Messgerät zu finden, dessen Druckmessbereich laut Beschreibung tief genug reicht, gelang uns allerdings nicht. Da uns schließlich die Zeit davon lief, bestellten wir einfach zwei Datenlogger von verschiedenen Firmen, die wir dann während der Akademie testen wollten.

Zu dieser Zeit kam dann noch die Idee auf, eine zusätzliche Kamera mit hoch zu schicken, die höher auflösende Fotos machen sollte: eine einfache Digitalkamera, die so umprogram-

miert werden sollte, dass sie automatisch Bilder macht. Rückblickend muss man sagen: Gut, dass wir uns dazu entschlossen haben, denn die wirklich guten Bilder stammen von dieser Kamera.

Der Bau der Gondel

Viktoria Scherb

Bereits vor der Akademie überlegte sich das Team „die Helis“, aus welchem Material die Gondel bestehen sollte, damit unsere Messinstrumente den Flug sicher überstehen. Sie entschieden sich für eine Styroporbox, da diese gegen Kälte isoliert und auch Stöße dämpft. Jedoch wussten wir nicht, welche Boxgröße wir für unsere Messgeräte benötigen. Daher wurden zwei Thermoboxen bestellt, um dann während der Akademie zu entscheiden, welche geeigneter ist. Die größere der beiden Boxen hatte ein Fassungsvermögen von 7,5 l (Außenmaße $33 \times 22,5 \times 22\,\text{cm}$), die zweite 3,6 l ($26 \times 21 \times 18\,\text{cm}$). Beide hatten eine Wandstärke von 3 cm.

Während der Sommerakademie war die Entscheidung, welche der beiden Boxen es sein sollte, eine der ersten, die das Gondelbau-Team, bestehend aus Anna Lena, Ruozhao und Viktoria, traf. Wir stellten fest, dass die kleinere der beiden Boxen genug Platz für unsere Messgeräte bietet.

Unser nächster Schritt war zu überlegen, an welche Stelle der Gondel welches Messgerät kommt, damit sowohl die Geräte ihre Aufgabe erfüllen können als auch die Gondel beim Flug im Gleichgewicht bleibt. Da die Geräte jedoch während des Baus der Gondel für den Start vorbereitet werden mussten, konnten wir sie nicht verwenden, um zu testen ob unsere Gondel ausbalanciert ist. Also wogen wir alle Messgeräte ab und suchten kleine Steine zusammen, die wir mit Klebeband so zusammenklebten, dass die Gewichte zu den einzelnen Messgeräten passten und ordneten die Steine in der Gondel so an, dass sie ausbalanciert war.

Als nächstes überlegten wir uns, wie wir in das Styropor der Gondel Löcher machen können, ohne dabei die Gondel zu zerstören. Unsere beiden Mini-Camcorder und die Digitalkamera benötigten Sichtfenster, um Videos und Bilder aufnehmen zu können, und auch die Datenlogger brauchten Kontakt zur Außenluft, damit ihre Sensoren die Temperatur, den Luftdruck und die Luftfeuchtigkeit messen können.

Zuerst probierten wir, mit einem Bohrer Löcher in Styropor-Teststücke zu bohren. Es gab jedoch keinen geeigneten Bohrer und auch keine Styroporsäge im Eckenberg-Gymnasium. Deshalb suchten wir nach weiteren Möglichkeiten, um die Löcher in das Styropor zu bekommen. Schließlich versuchten wir es mit einem heißen Lötkolben. Dieser schmolz das Styropor. und es entstanden geeignete Löcher. So verbrachten wir eine Kursschiene damit, die passenden Löcher vorsichtig in die Styroporbox zu „löten“.

Währenddessen hat Nelly unser Projektlogo designt und eine Notiz mit Kontaktinformationen aufgesetzt, falls jemand anderes die Gondel finden sollte.

Beim „Löten“ der Löcher in die Gondelwände.

Wir malten den Deckel und die Seiten der Gondel schwarz an, damit die Sonne sie erwärmt und unsere Messgeräte die Kälte in der Stratosphäre überstehen. Weil manche Farben sich in das Styropor fressen, führten wir auch dafür zuerst wieder Tests an Styroporstücken durch. Wir fanden jedoch Farbe, die geeignet war. Den Boden beschlossen wir rot anzumalen, damit die Gondel für den Fall der Landung in einem Baum leichter zu sehen ist. Nachdem die Farbe getrocknet war, klebten wir unser einlaminiertes Logo und den Finderzettel mit Heißkleber an den Längsseiten der Gondel fest.

Außerdem stellte sich die Frage, ob wir Stabilisatoren an die Gondel bauen sollten, um zu

verhindern, dass die Gondel sich schnell dreht, so dass unsere Aufnahmen verwackelt werden würden. Wir entschieden uns für Stabilisatoren, wobei wir auch hier zuerst überlegten, auf welche Weise wir diese an der Gondel befestigen können. Gemeinsam beschlossen wir, dass es am sinnvollsten ist, die zwei Stabilisatoren an einem Stab zu befestigen, um den Hebel zu vergrößern. Wir klebten dafür drei Holzstücke mit einer Größe von etwa 25 Zentimeter Länge und 10 Zentimeter Breite mit Heißkleber dachziegelartig übereinander, sodass die Stabilisatoren etwa 25 cm × 18 cm groß wurden.

Den ersten Stabilisator befestigten wir mit Heißkleber an einen 70 cm langen Holzstab. Den zweiten Stabilisator konnten wir erst direkt vor dem Start an dem Holzstab anbringen, da dieser noch durch die Gondel geschoben werden musste, nachdem die Messgeräte eingesetzt waren. Für den Holzstab mussten wir in der Mitte der Breitseiten der Gondel nochmals jeweils ein Loch „löten“, um ihn durchstecken zu können.

Auf dem einen Stabilisator unterschrieben alle Teilnehmer des Kurses einschließlich unserer Kursleiter und unserer Schülermentorin. Auf den zweiten schrieben wir in klingonisch (eine konstruierte Sprache für eine außerirdische Art in den Star-Trek-Filmen) unseren Projektnamen SMILE.

Innenansicht der vorbereiteten Gondel.

Nun überlegten wir uns, auf welche Weise wir die Geräte befestigen können. Bei einem der Datenlogger nutzten wir dazu die schon mitgelieferte Halterung. Für den zweiten Datenlogger hatten wir nach oben ein Loch in den Deckel der Gondel „gelötet“ und steckten ihn durch das Loch. Zudem musste eine Art Brücke für den einen Mini-Camcorder, der nach oben aus der Gondel schauen sollte, aus Styropor gebaut werden. Dafür „löteten“ wir ein halbzylindriges Loch in ein Stück Styropor, sodass eine Art Bogenbrücke entstand, die wir mit Heißkleber an der einen Innenseite der Gondel so befestigten, dass der Bogen nach oben zeigte, um einen Mini-Camcorder hineinlegen zu können. Für den zweiten Camcorder „löteten“ wir ein Loch in die Unterseite die Gondel. Außerdem klebten wir eine Styroporrampe für die Digitalkamera in die Gondel, da sie den Horizont fotografieren sollte. Später fiel uns jedoch auf, dass wir die Rampe falschherum eingebaut hatten, und so demontierten wir sie wieder. Stattdessen befestigten wir die Digitalkamera kurz vor dem Start nur leicht nach vorne gekippt mit Schrauben und Panzertape.

So hatten wir für alle Messgeräte einen passenden Platz gefunden, sie gegen Kälte und Sonneneinstrahlung geschützt und die Gondel mit Stabilisatoren versehen. Damit war die Gondel im Prinzip startklar.

Vorbereitung der Messgeräte und Tests

Lukas Benz und Kai Bartnick

Um sicherzugehen, dass alle Geräte in der Stratosphäre richtig funktionieren würden, mussten wir sie jedoch noch ausgiebig testen. Wenn uns zum Beispiel erst nach dem Start aufgefallen wäre, dass die Kameras bei −20 °C bereits aufhören zu filmen, wäre das natürlich ein fataler und nicht korrigierbarer Fehler gewesen.

Zuerst haben wir die Akkulaufzeit unserer beiden Mini-Camcorder gemessen. Dabei stießen wir auch schon auf das erste Problem: Die Akkus hielten nur eine gute Stunde. Da wir dies bereits vermutet hatten, hatten wir zwei Batterie-Packs gekauft, bei denen wir die Kabel abisolierten. Dasselbe taten wir auch mit dem Kabel des Mini-USB-Anschlusses der beiden Mini-Camcorder. Dann konnten wir die beiden Kabelenden ganz einfach zusammenlöten. Der Knackpunkt und damit das eigentliche

Problem an der Sache war nur, dass die Kameras, die durch diese Maßnahme nun Strom für ca. zwei Stunden hatten, durch die Versorgung über den USB-Anschluss reagierten, als ob sie aufgeladen werden. Das heißt, dass die Kameras, sobald man sie an die Batterie-Packs anschloss, die Aufnahme abbrachen und in den Lade-Modus wechselten. Unsere Idee war, im nächsten Schritt den internen Akku der beiden Kameras auszubauen und die Batterie-Packs direkt anzulöten, was dann auch funktioniert hat.

Mini-Camcorder beim Kältetest.

Darüber hinaus haben wir mit den Camcordern natürlich auch Probeaufnahmen gemacht und sie im Vakuum und bei niedrigen Temperaturen getestet. Unsere Tieftemperaturtests haben wir mit Flüssigstickstoff vorgenommen, was uns allen einen riesen Spaß gemacht hat. Flüssiger Stickstoff hat eine Temperatur von −196 °C. Unsere Geräte durften also auf keinen Fall in Berührung mit der Flüssigkeit kommen. Wir haben dazu Holzquader in den Stickstoff gelegt und darauf unsere Kameras etwas oberhalb der eigentlichen Flüssigkeit platziert.

Für Bilder aus der Stratosphäre schickten wir eine handelsübliche Kompaktkamera mit, und zwar eine Canon Powershot A1400. Doch da solche Kameras normalerweise nicht von alleine stundenlange Bilderserien machen, musste die Firmware um einen Aufsatz erweitert werden. Wir verwendeten dazu das Canon Hack Development Kit, kurz CHDK.

Nach der Installation von CHDK auf der Kamera konnte es über das Einstellungsmenü in den Arbeitsspeicher geladen und verwendet werden. Doch auch CHDK macht noch nicht von alleine Aufnahmen. Es gibt aber die Möglichkeit, über sogenannte Skripte kleine Programme zu schreiben und dann auf der Kamera auszuführen. Für die Intervallaufnahme war glücklicherweise schon ein Skript vorhanden, welches allerdings noch modifiziert werden musste. Als erstes arbeiteten wir daran, dass das Skript das Display ausschaltet, um Strom zu sparen. Als dies klappte, konnte als Ergebnis eines Akkutests mit billigen Batterien bei einem Aufnahmeinvervall von einem Bild pro Minute eine Laufzeit von 2 h 45 min festgestellt werden. Beim Flug konnte die Laufzeit dann durch die Verwendung von teureren Spezialbatterien auf über 3 h 55 min verlängert werden: Die Kamera lief sogar beim Wiederfinden der Gondel noch.

Außerdem haben wir noch Versuche gemacht, ob es nicht besser sei, die Belichtung oder die Blende über das Skript fest einzustellen. Da dies jedoch nicht klappte, wurde entschieden die Kamera im Normalbetrieb zu lassen, dafür jedoch die Entfernungsmessung auf unendlich, den Blitz auf aus und die ISO-Empfindlichkeit auf Automatik zu stellen.

Da in der Stratosphäre Druck und Temperatur extrem niedrig sind, mussten wir testen, ob die Kamera diesen Bedingungen auch standhält. Für den Niedrigdrucktest starteten wir eine Testversion des Skriptes, legten die Kamera unter eine Vakuumglocke und ließen die Kamera bei niedrigem Druck Aufnahmen machen. Hierbei waren keine Beeinträchtigungen feststellbar. Anschließend testeten wir die Kamera auch noch bei niedrigen Temperaturen. Auch hierbei ließen wir Testaufnahmen machen, und es gab glücklicherweise ebenfalls keine Probleme.

Leider kam in der Hektik des Einbauens später ein Teil der Styroporwand ins Bild, dafür sind die von der Kamera aufgenommenen Bilder jedoch unverwechselbar als unsere zu erkennen.

Das Herzstück unseres Projekts waren jedoch trotz der tollen Bilder unsere beiden Datenlogger für Außentemperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit. Sie haben uns Daten geliefert, aus denen wir unsere wichtigsten Schlüsse und Ergebnisse gezogen haben. Wir haben beide, genau wie auch die Kameras, auf ihre Funkti-

onstätigkeit sowohl bei sehr niedrigem Druck als auch bei sehr niedrigen Temperaturen getestet.

Da einer der beiden Datenlogger nach unten und einer nach oben aus der Gondel herausschauen sollte, haben wir uns bei dem oberen noch zusätzliche Gedanken machen müssen. Nach einem Test mit einer Wärmelampe hatten wir nämlich große Bedenken, dass die direkte Sonneneinstrahlung die Temperaturmessungen verfälschen würde. Unsere Lösung war eine mit Alufolie beschichtete kleine Röhre, die wir über den Sensor stülpten und die die Sonneneinstrahlung reflektierte. Auf diese Weise maß der Datenlogger die reale Außentemperatur. Was die Akkulaufzeit anging, mussten wir uns bei den Datenloggern keine Gedanken machen, da beide eine nicht aufladbare und fest eingebaute Batterie besaßen, die laut Herstellerangaben ca. ein Jahr lang halten sollte.

GPS-Logger (links) und GPS-Tracker (rechts).

Neben den eigentlichen Messgeräten waren aber auch zwei GPS-Geräte in der Gondel, die ein wichtiger Teil unseres Projekts waren: ein GPS-Logger und ein GPS-Tracker. Ursprünglich wollten wir nur den Tracker benutzen, aber als wir bei unseren Tests gemerkt haben, dass dieser die Koordinaten zwar erfolgreich per SMS weitergibt, aber nicht abspeichert, haben wir uns dafür entschieden, noch einen GPS-Logger zusätzlich mit einzubauen. So konnten wir am Ende auch ganz bequem am Computer die gesamte Route nachverfolgen, die unser Ballon zurückgelegt hatte.

Nachdem der Punkt „Speicherfunktion“ nun also erledigt war, haben wir unsere beiden Geräte wie auch die anderen auf ihre Funktion bei niedrigen Temperaturen und verschiedenen Luftdruck-Umgebungen getestet. Ebenfalls haben wir sie einem Langzeittest unterzogen, bei dem der Tracker einmal pro Minute eine SMS mit den Koordinaten des aktuellen Standortes sendete, und so neben der Sendefunktion und der Genauigkeit unsere Gerätes auch gleich die Akkuzeit getestet.

Wettervorhersage

Kai Bartnick

Um unseren Ballonflug so erfolgreich wie möglich zu gestalten, musste auch das Wetter berücksichtigt werden. Doch wann kann ein Ballon überhaupt starten? Um dies zu klären, hat eine unserer vier Kleingruppen, „die Lenker“, bestehend aus Nelly, Ruozhao und Kai, bereits vor der Akademie recherchiert und herausgefunden, dass wir, um starten zu können, einiges beachten müssen: Ein Ballon darf nicht in der Nähe eines Windkraftwerkes, von Strommasten oder in der Einflugschneise eines Flughafens starten. Auch das Wetter muss bestimmte Voraussetzung erfüllen: Es darf weder regnen noch gewittern, da sonst die empfindliche Ballonhülle beschädigt wird. Außerdem brauchten wir eine stabile Hochdrucklage, und es musste möglichst windstill sein, das heißt bodennahe Windgeschwindigkeiten von etwa 2 m/s sollten nicht überschritten werden. Um dies zu überprüfen, hatten wir im Voraus bereits einige Webseiten mit Wettervorhersagen herausgesucht:

- Proplanta
- wetter.com, speziell berechnet für Adelsheim
- meteoblue, speziell berechnet für Adelsheim
- Ballonwetterbericht vom Deutschen Wetterdienst

Mit diesen Webseiten überprüften wir dann in der ersten Hälfte der Akademie regelmäßig, an welchem Tag der Start am wahrscheinlichsten klappen würde. Mögliche Starttermine waren Samstag, der 6. September, Sonntag, der 7. September und Dienstag, der 9. September 2014. Glücklicherweise klappte es bereits am ersten dieser drei.

Der Starttag

Ruozhao Wang

Ist der Ballon erst einmal gestartet, kann nichts mehr verändert werden. Daher musste jedes Detail vor dem Start exakt durchdacht und in einer Checkliste festgehalten werden, an die wir uns beim Start auf dem Sportplatz des Akademiegeländes auch haargenau hielten.

Zunächst wurden die Teilnehmer des gesamten Kurses Tage vor dem Start in zwei Teams aufgeteilt – eines für draußen und eines für drinnen. Das Team zum Befüllen des Ballons fand sich auf dem Sportplatz ein. Als Erstes wurden Planen als Unterlage für den Ballon sowie den Fallschirm ausgelegt. Dann wurde der Ballon mit behandschuhten Händen darauf ausgebreitet und der Fallschirm sowie die dazugehörigen Schnüre zurechtgelegt. Währenddessen musste der Sportplatz abgesperrt werden, damit nachher die Menge der Schaulustigen nicht zu nah an den Ballon kam und diesen eventuell beschädigte.

Befüllen des Ballons.

Nun war die Zeit zum Befüllen des Ballons gekommen. Dazu wurde zunächst der Deckel der Heliumflasche abgenommen und ein Druckminderer aufgeschraubt. Anschließend wurde der Schlauch mit einem Ende auf das Heliumventil gesteckt, mit dem anderen Ende in die Ballonöffnung gehalten. Nachdem das Ventil geöffnet wurde, konnte die Ballonbefüllung beginnen, wobei mehrere Personen den Ballon festhielten. In der Zwischenzeit wurden Kamerastative und Teleskope aufgebaut sowie Ferngläser herbeigeholt, um den Start genau zu dokumentieren bzw. zu verfolgen. Nach etwa einer Stunde – länger als einkalkuliert – war der Ballon endlich gefüllt und konnte geschlossen werden.

Die Gondel beim Einbau der Messgeräte.

Das Gondelteam, bestehend aus den jeweiligen Experten für die einzelnen mitzufliegenden Geräte, blieb im Kursraum und bereitete diese für den Start vor. Bei allen Geräten musste die Stromversorgung überprüft und die Speicher geleert werden, bevor sie eingeschaltet wurden, sobald das Ballonteam Bereitschaft signalisierte. Erst nach dem Einschalten konnten die Geräte in der Gondel befestigt werden, weil man sonst nicht mehr an die entsprechenden Knöpfe gekommen wäre. Waren alle Geräte am richtigen Platz angebracht und mit Panzertape und/oder Schrauben festgemacht, und saßen auch die Stabilisatoren mit Heißkleber und Panzertape fest, dann konnte der Deckel geschlossen und mit Panzertape versehen werden.

Noch lange sahen wir dem Ballon nach, bis er sogar für unsere Ferngläser und Teleskope außer Sicht war.

Anschließend wurde der Ballon in größter Eile mit dem Fallschirm verbunden, und das Messgeräteteam mit der Gondel traf auf dem Sportplatz ein. Schnell wurde sie mit dem Fallschirm verknotet, weil wir das uns von der Deutschen Flugsicherung zugewiesene Startfenster einzuhalten hatten.

Unser Ballon kurz nach dem Start. Dem orangen Ballon folgt der Fallschirm, und ganz unten sieht man unsere Gondel mit den Stabilisatoren.

Auf ein abschließendes Kursfoto folgte dann der Countdown zum Start: Gegen 11:30 Uhr ließ einer nach dem anderen die Schnüre los, die Ballon, Fallschirm und Gondel miteinander verbanden, und der Ballon stieg unter Beifall der gesamten Akademie die Lüfte empor.

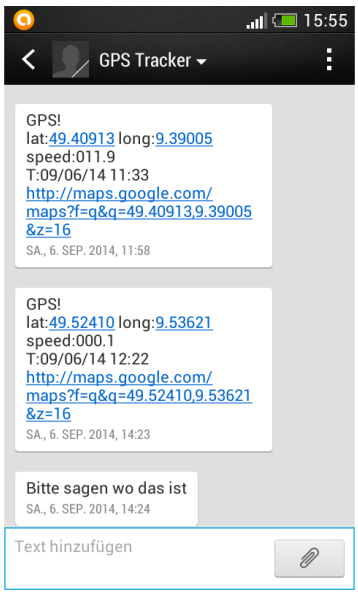
Die Suche nach der gelandeten Gondel

Kai Bartnick und Lion Schumacher

Da Wetterballons mehrere 100 km weit fliegen können, musste unser Bergungsteam noch vor dem Empfang eines Positionssignals der Gondel nach der Landung in Richtung des Landeortes fahren. Um eine Vorhersage treffen zu können, wo in etwa die Gondel landen würde, nutzte unser Innenteam das Landevorhersage-Programm von predict.habhub.org speziell für Stratosphärenballons. Auf dieser Webseite gibt man Startort, Startzeit, Starthöhe, erwartete Platzhöhe und Aufstiegs- und Fallrate ein. Anhand von aktuellen Wetterdaten ermittelt das Programm dann den zu erwartenden Landeort. Bei unserem Flug war dieser ursprünglich bei Bad Mergentheim. Später korrigierte die Webseite sich dann jedoch näher zum tatsächlichen Landeort.

Doch unser Innenteam hatte auch noch andere Aufgaben. So bekam es zum Beispiel die SMS mit den Koordinaten weitergeleitet und teilte dann dem Außenteam mit, wo der übermittelte Ort lag und welches Gelände sich dort befand. Außerdem war es für Recherchen im Fall von Problemen zuständig. So hätte es zum Beispiel im Fall der Landung auf einem Firmengelände die Firma anrufen sollen, um die Erlaubnis einzuholen das Gelände für die Bergung zu betreten.

Nachdem wir unsere Gondel auf die Reise geschickt hatten, kamen uns die Stunden ewig vor, bis wir uns aufmachen konnten, unsere kleine Wetterstation wiederzufinden. Und so fuhr ein Teil des Kurses auf zwei Autos verteilt mit Dominik und Georg in die Gegend um Bad Mergentheim. Der andere Teil blieb mit Caro im Landesschulzentrum für Umwelterziehung und war die Kommandozentrale unserer Suchaktion. Der GPS-Tracker wurde so programmiert, dass er uns im Intervall von einer Minute eine SMS mit den GPS-Koordinaten der Gondel schicken sollte, sobald er wieder mit dem Mobilfunknetz in Verbindung steht, anhand derer wir sie finden konnten.

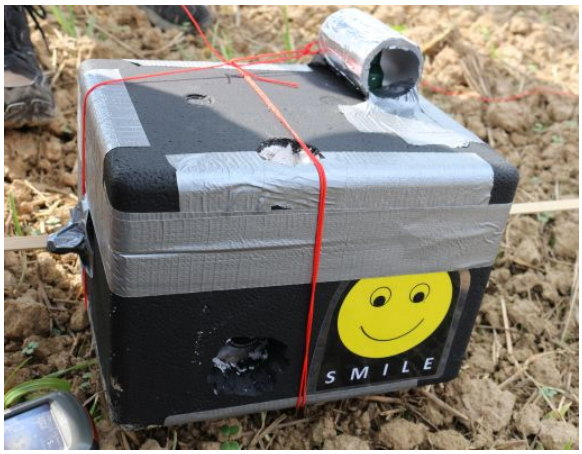


So sah die alles entscheidende SMS aus.

Obwohl unser Landevorhersageprogramm ermittelt hatte, dass die Gondel schon gelandet

sein müsste, hatten wir noch keine SMS erhalten, als wir in die Gegend um Bad Mergentheim kamen. Wir wurden so langsam nervös und riefen von einer Tankstelle aus unsererseits den GPS-Tracker an. Wenn er funktioniert und Empfang hat, sollte der Tracker dann auflegen und eine SMS an den Anrufer senden.

Die Befürchtungen, dass nur noch Splitter vom GPS-Tracker irgendwo in Deutschland oder Europa verstreut waren und wir die Gondel niemals finden würden, verwandelten sich bei uns allen in pure Glücksgefühle, als der Tracker auflegte und wir wussten, jetzt müsste eigentlich die entscheidende SMS kommen. Und so war es dann glücklicherweise auch! Der Tracker hatte seinen Auftrag, uns in Intervallen die Daten zu schicken, zwar „vergessen“, aber wir konnten manuell die benötigten Koordinaten abrufen.



Die Gondel, gelandet auf einem Acker.

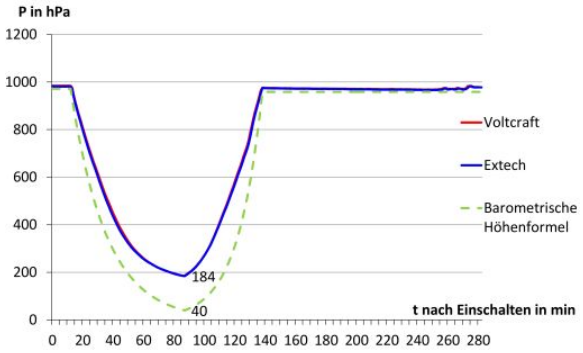
Nachdem wir die Koordinaten hatten, leiteten wir sie an die Kommandozentrale weiter und machten uns auf den Weg in die Nähe von Eubigheim (Gemeinde Ahorn), wo unser Ballon offenbar gelandet war. Auch das Team in der Kommandozentrale machte sich nun auf den Weg, da der Landeplatz nicht allzu weit von Adelsheim entfernt war.

Beide Teams trafen sich fast zeitgleich auf dem Feld, auf dem die Gondel gelandet war, und die Freude war natürlich riesig, als wir alle zusammen unsere Gondel wieder in Empfang nehmen konnten. Wir waren froh, dass die zwei Traktoren auf einem Feld daneben unsere Gondel nicht überrollt oder sonst in irgendeiner Weise beschädigt hatten.

Die Auswertung der Messwerte

Jan Holzhäuer und Lion Schumacher

Nachdem wir mit der geborgenen Gondel wieder auf dem Akademiegelände angekommen waren, ging es für uns gleich an die Auswertung der Daten. Besonders gespannt waren wir auf die Messwerte, die unsere beiden Datenlogger „Extech“ und „Voltcraft“ gesammelt hatten, da diese beiden uns hoffentlich mitteilen würden, wie sich Luftdruck, Temperatur und Luftfeuchte während unseres Fluges verändert hatten.



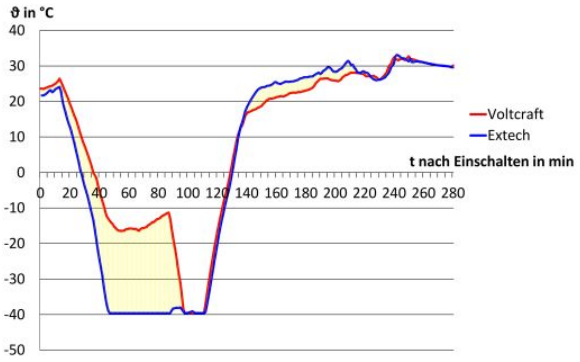
Verlauf des Luftdrucks

Der Luftdruck P sollte sich abhängig von der Flughöhe h ganz grob nach der (vereinfachten) barometrischen Höhenformel $P(h) = 1013\,\text{hPa} \cdot e^{-h/7{,}8\,\text{km}}$ abschätzen lassen, also mit zunehmender Höhe stark sinken.

Unsere Messungen zeigen zunächst ca. 10 min lang einen Verlauf des Graphen in etwa parallel zur Abszisse bei einem Wert von ca. 1000 hPa. Dies entspricht der Zeit vor dem Start auf Bodenniveau mit einer Höhe von 326 m über dem Meeresspiegel, in der die Messgeräte bereits eingeschaltet waren, also auch dem Bodenluftdruck. Danach sinkt die Kurve bis zum Minimum nach ca. 85 Minuten und einem absoluten Tiefstwert von 184 hPa. Zu diesem Zeitpunkt, ca. 75 Minuten nach Start, platzte unser Ballon auf einer Höhe von etwa 25 km. Nach einer weiteren Dreiviertelstunde landete die Gondel dann auf dem Erdboden, deshalb lässt sich ab dann erneut ein konstanter Verlauf des Luftdrucks nahe 1000 hPa beobachten.

Zwar verlaufen unsere Messkurven wie erwartet, nach genauerer Betrachtung der Absolut-

werte fällt auf, dass der gemessene Luftdruck mit einem Mindestdruck von 184 hPa zu hoch ist. Mit der barometrischen Höhenformel ergibt sich ein Wert von ca. 40 hPa auf einer Höhe von ungefähr 25 km. Zusätzlich muss man beachten, dass auch die von uns verwendete vereinfachte Höhenformel in diesem Fall nur einen sehr groben und wohl zu hohen Näherungswert liefert. Laut Herstellerangaben hätten die Geräte allerdings sowieso nur bis zu einem Luftdruck von 750 bzw. 700 hPa messen können. Für uns war es schon ein schöner Erfolg, überhaupt Messwerte aus so großer Höhe zu erhalten!

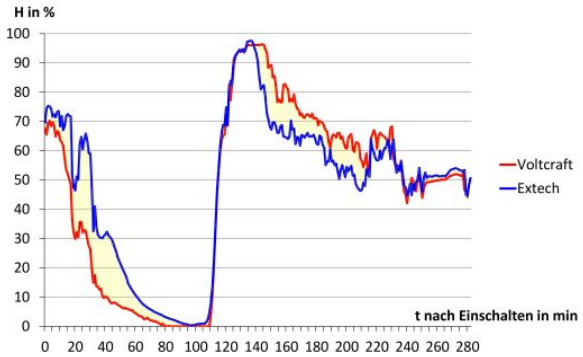


Verlauf der Temperatur

Anders als beim Luftdruck lassen sich bei der Temperaturkurve Abweichungen zwischen den Daten der Messgeräte erkennen. Der Voltcraft-Datenlogger hat vorübergehend eine um bis zu 30 °C höhere Temperatur gemessen als der Extech-Logger. Nach 100 Minuten verzeichnete allerdings auch dieser Logger einen starken Temperaturabfall. Beide Geräte maßen Temperaturen bis zu −40 °C.

In Wirklichkeit waren die Temperaturen wohl deutlich tiefer, allerdings können die verwendeten Logger keine Temperaturen jenseits der −40 °C-Marke mehr messen. Mögliche Erklärungen für die vorübergehend höhere Temperatur des Voltcraft-Loggers könnten sein, dass der Datenlogger in dieser Zeit (direktem) Sonnenlicht ausgesetzt war. Ebenfalls möglich ist, dass die Styroporbox ihn vorrübergehend erwärmte.

Die Luftfeuchteaufzeichnungen beginnen bei 70 % auf Bodenniveau. Nach dem Start sinkt die relative Luftfeuchte sehr schnell. Ab etwa 70 Minuten nach dem Start haben wir über einen längeren Zeitraum eine Luftfeuchte nahe Null gemessen. Nach dem Platzen des Ballons nach



Verlauf der Luftfeuchte

85 Minuten hält dieser Umstand noch 25 Minuten an, bis die Luftfeuchte schließlich schlagartig und schnell steigt. Das deutlich schnellere Steigen der Luftfeuchte im Vergleich zum vorangegangenen Sinken hängt sicher auch mit dem deutlich schnelleren Fall des Ballons zusammen.

Nach etwa zwei Stunden Flugzeit steigt die Kurve allerdings über den Ausgangswert von 70 % auf über 95 % an. Hier befand sich der Ballon in einer Wolkenschicht, und auch Kondenswasser hat sich gebildet. Anschließend sinkt die Luftfeuchte wieder.

Auf dem Rückweg zum Erdboden durchquerte die Gondel in einer Höhe von vier Kilometern eine Wolkenschicht. Unten kann man zwischen den Wolken schon wieder den Erdboden sehen.

Alles in allem lässt sich sagen, dass unsere Datenlogger hervorragende Werte gemessen haben, die in vieler Hinsicht uns nicht nur zufriedenstellen und realistisch wirken, sondern auch mit einigen Literaturwerten übereinstimmen.

Flugroute und Platzhöhe

Nelly Reinstorf und Lion Schumacher

Ein wichtiges Ziel unseres Projekts war, dass wir die Flugroute unseres Ballons am Ende nachvollziehen und auswerten können. Nach ausgiebiger Recherche wussten wir, dass solch ein Ballon bis zu 200 km weit fliegen kann. Jeder von uns hat am Anfang unseres Projekts seine Vermutung des Landeziels auf einer Landkarte eingetragen. Einige vermuteten sogar, dass unser Ballon ins Ausland fliegen würde.

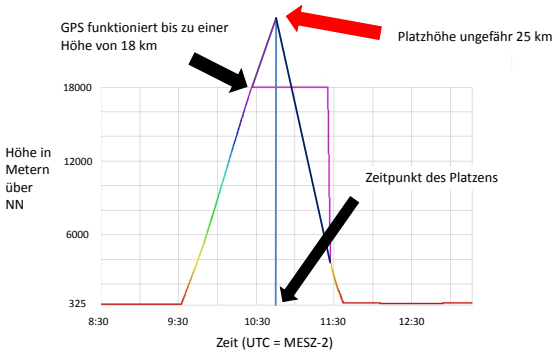
Die Flugroute des Ballons, Ausreißer wurden entfernt. Karte: OpenStreetMap (ODbL v1.0)

Nachdem wir die Gondel wiedergefunden hatten, konnten wir die erhaltenen GPS-Daten auswerten. So konnten wir die Flugroute unseres Ballons nachvollziehen. Er flog insgesamt in Richtung Nord-Osten. Von Adelsheim aus bewegte er sich zuerst etwa 7,5 km in Richtung Osterburken, dann nach Osten und zum Schluss wieder in Richtung Norden. Durch großes Glück mit dem Wetter (keine zu großen Windgeschwindigkeiten) landete die Gondel nur etwa 17 km vom Startpunkt entfernt. Mit allen Richtungs- und Höhenänderungen legte der Ballon aber insgesamt eine Strecke von etwa 60 km zurück.

Die Platzhöhe unseres Ballons zu ermitteln war umständlicher als gedacht, da unser GPS-Empfänger nur bis zu einer Höhe von 18 km funktioniert. Wir mussten also einen Weg finden, die Platzhöhe manuell auszurechnen. Die erste Möglichkeit, die uns eingefallen ist, bestand in dem Video, das unser Mini-Camcorder aufgenommen hatte. Wir hatten das Glück, dass eine der Minikameras kurz nach dem Start den Sportplatz des Landesschulzentrums gefilmt hatte. So konnten wir den Maßstab der Linien messen, die sich auf dem Sportplatz befinden.

Einzelbild aus dem Video des Mini-Camcorders mit Ballonfetzen.

Nachdem wir unsere Gondel wiedergefunden hatten, machten wir ein Foto von einem bestimmten Rechteck, so wie es auch auf dem Sportplatz zu finden ist, aus einer Höhe von zehn Metern. Wir maßen die Größe des Rechtecks auf demselben Bildschirm und konnten so per Dreisatz errechnen, dass der Sportplatz aus einer Höhe von 27,7 m über dem Sportplatz aufgenommen wurde. Das Foto wurde 5 Sekunden nach dem Start gemacht und so ergibt sich eine Geschwindigkeit von etwa 5,54 m/s.



Bestimmung der Platzhöhe aus den GPS-Messungen.

Literaturwerte und die Gerade, die den Aufstieg des Ballons bis zu einer Höhe von 18 km darstellt, zeigen, dass ein Wetterballon meist mit etwa gleichmäßiger Geschwindigkeit steigt. Durch das Platzgeräusch, das unser Ballon verursachte und das im Video der Minikamera zu hören ist, konnten wir errechnen, dass un-

ser Ballon eine Höhe von ca. 24,7 km erreicht haben musste.

Dieses Bild wurde aus etwa 11 Kilometern Höhe aufgenommen. Durch die Bewegungen der Gondel fotografierte die Kamera in diesem Moment ungefähr senkrecht nach unten. Dadurch kann man die Wolken sehr gut sehen.

Auf diesem Bild hat die Kamera wieder einen anderen Blickwinkel. Man kann in der oberen Bildhälfte die türkis-blaue Hochatmosphäre schon erkennen.

Die andere Möglichkeit ist, den Graphen, der den Aufstieg des Ballons zeigt, und den Graphen, der den Fall der Gondel graphisch darstellt, zu verlängern. Die ersten Punkte, die der GPS-Logger aufgezeichnet hat, als er unter die Marke von 18 km kam, sind allerdings Messfehler. Dies erkannten wir, als wir die Route visualisierten. Einige Punkte machten keinen Sinn, da sie fernab der eigentlichen Route lagen.

So mussten wir den Graphen verlängern, der sich durch das Verbinden der gemessenen Punkte unterhalb einer Höhe von 4 km ergab. Der Schnittpunkt ist dann ungefähr der höchste Punkt, den der Ballon erreicht hat, also die Höhe in der Ballon geplatzt ist. Bei dieser Methode kamen wir auf eine Höhe von ca. 26 km.

Ab einer gewissen Höhe konnten unsere Geräte nicht mehr aufzeichnen, in welcher Höhe sich unser Ballon befindet. Daher wissen wir nur, dass die Bilder danach in einer Höhe von über 20 km gemacht wurden. Auf diesem Bild kann man die Hochatmosphäre schon viel besser erkennen. Der Horizont erscheint auf den Bildern gekrümmt, wobei man hier beachten muss, dass das auch von den Abbildungseigenschaften der Kamera kommen könnte.

Zusammengefasst kann man sagen, dass die Gondel wahrscheinlich eine Höhe von etwa 25 km erreicht hat. Diesen Wert können wir leider nur schätzen und nicht genauer bestimmen. Allerdings flog der Ballon weit höher als zum Beispiel Langstreckenflugzeuge kommen (ca. 10 km) und wir haben unser Ziel erreicht, einen Wetterballon in die Stratosphäre zu schicken, um dort Wettermessungen durchführen zu können.

Exkursion zum DLR in Lampoldshausen

Felicia Schmidt

Am Montag nach unserem Ballonstart ist unser Kurs zur Exkursion ans Deutsche Luft- und Raumfahrtzentrum in Lampoldshausen gefahren. Das DLR beschäftigt sich mit den Themen Luft- und Raumfahrt, Energie, Verkehr und Sicherheit. Das DLR in Lampoldshausen betreibt auf einem mehrere Hektar großen Ge-

lände verschiedene Prüfstände für unterschiedliche Raketentriebwerke, unter anderem für die bedeutendste europäische Rakete, die Ariane.

Das Hauptstufentriebwerk der Ariane 5, genannt Vulcain 2, während eines Heißlaufs am Prüfstand P5. Quelle: DLR (CC-BY 3.0)

Dort besuchten wir das SchoolLab. Zuerst wurde uns als Einführung ein Film gezeigt. Anschließend konnten wir zwischen drei unterschiedlichen Versuchen auswählen, zu denen wir uns in Gruppen aufteilten. Die Themen waren:

- Die spezielle Relativitätstheorie am Beispiel einer Fahrradfahrt durch Tübingen
- Wie fliegt ein Flugzeug? – Arbeiten mit einem Windkanal
- Mikrogravitation

Zu Beginn des Versuchs zur Relativitätstheorie durfte man mit einem Fahrrad virtuell durch Tübingen fahren. Das Besondere dabei: Die Geschwindigkeit wurde nicht in km/h, sondern in Prozent der Lichtgeschwindigkeit angegeben. Wenn man schnell losfuhr, hatte man das Gefühl, man entferne sich, zudem verbogen die Häuser sich in Richtung Bildmitte. Im Laufe des Vortrags wurde uns klar, dass all diese Phänomene darauf beruhen, dass es keine größere Geschwindigkeit als die des Lichtes gibt, woraus sich der Rest mit grundlegender Physik und Mathematik begreifen lässt.

Um die Frage „Wie fliegt ein Flugzeug?“ zu erläutern, haben wir Tests in einem Windkanal durchgeführt. Vor eine Öffnung mit gleichgeleiteter Luft wurde ein durch Strom erhitzter Draht befestigt, auf den Glycerin geträufelt wurde. Das Glycerin verdampfte, wurde von der ausströmenden Luft mitgenommen und machte die Luftströme um verschiedene Objekte sichtbar. Um einem Flugzeug den Flug zu erleichtern, benutzt man einen Flügel, der möglichst wenig Widerstand erzeugt. Unsere Antwort auf die Anfangsfrage: Ein Flugzeug fliegt, weil auf der Oberseite ein Unterdruck und auf der Unterseite ein Überdruck herrscht. Dadurch entsteht Auftrieb, der – bei ausreichender Geschwindigkeit – das Flugzeug fliegen lässt.

Der Versuch zur Mikrogravitation beschäftigte sich mit der scheinbaren Schwerelosigkeit. Da es so etwas wie „gar keine Gravitation“ nicht gibt, bezeichnet man den Zustand, bei dem fast keine Gegenkraft zur Erdanziehungskraft wirkt, als Mikrogravitation. Um diese anschaulich zu erklären, wurden unterschiedliche Gegenstände von einem Podest fallen gelassen, sodass Mikrogravitation auf sie einwirkte. Die Folgen: Ein Gewicht auf einer üblichen Waage wiegt plötzlich nichts mehr, in einem Becher mit Wasser und Luft formt sich das Wasser in der Mitte zu einem Rundkörper.

Zusätzlich bekamen wir noch eine Führung durch das Museum des DLR-Standortes. Unter anderem konnten wir verschiedene Tests zur Triebwerksentwicklung besser nachvollziehen und ein Triebwerk der Ariane 5 begutachten. Der Besuch beim DLR war spannend und hat uns allen viel Spaß gemacht. Das DLR Lampoldshausen ist auf jeden Fall empfehlenswert.

Rotation und Abschlusspräsentation

Anna Lena Schaible

Zur Juniorakademie gehört neben dem Erarbeiten von spannenden Resultaten auch deren Präsentation. Zur Halbzeit der Akademie gab es die sogenannte Rotation: Jeder Kurs bereitete eine Präsentation für die anderen Teilnehmer vor, damit jeder einen Überblick über alle Kurse bekam.

Unser Vortrag hatte drei Themenbereiche: Zuerst stellten wir unser Kursziel vor, nämlich einen Wetterballon starten zu lassen. Anschließend zeigten wir die Ergebnisse der ersten Akademiewoche, also was wir uns schon alles über-

legt, getestet und gebaut hatten. Zum Schluss stellten wir unsere Planungen für die zweite Akademiewoche, also den Ballonstart und die Datenauswertung vor.

Zuhörer bei der Abschlusspräsentation

In unserer Abschlusspräsentation konnten unsere Eltern, Geschwister, Verwandte, Freunde und ehemalige Akademieteilnehmer dann am vorletzten Akademietag einiges über unseren Kurs und unser Projekt SMILE erfahren. Zusätzlich zum „Halbzeitstand“ konnten wir nun auch die Ergebnisse der zweiten Woche, die Stickstoffexperimente, Bilder von Ballonstart und -flug und einen Teil unserer Messdaten zeigen. Nach der Präsentation beantworteten wir die Fragen der Zuhörer und ließen einen kurzen Film über unseren Ballonstart und den Ballonflug ablaufen. Zum Schluss konnten sich die Zuhörer noch Bilder aus der Akademiezeit anschauen. Unser Kurs und unsere Präsentation waren ein toller Erfolg, denn bei unseren Präsentationen hörten teilweise über hundert Leute zu und alle waren von unserem Projekt begeistert.

Als Geophysikkurs können wir wirklich stolz auf unser tolles und erfolgreiches Projekt sein!

Nachwort

Johanna Kroll

Nachdem jetzt die Teilnehmer beschrieben haben, was wir in den Sommerferien gemacht haben, ist es an mir, zum Abschluss dieser unglaublichen Zeit Worte zu finden. Wie lassen sich unsere Erlebnisse passend beschreiben?

Ich denke, im Ohr haben wir alle da das eine selbe Lied: „Major Tom“ von Peter Schilling. Tobias hatte es für unsere Abschlusspräsentation kurzerhand in „Major Dom“ (für Dominik) umgedichtet und einen kleinen Film mit Bildern unseres Fluges zusammengestellt. Die Zeile „völlig losgelöst von der Erde“ passt nicht nur zu unserem Ballon, der auf eine Höhe von ca. 25 km gestiegen ist, sondern auch zu all den anderen Erfahrungen, die wir als Leiter und als Teilnehmer gemacht haben. Obwohl oder gerade weil wir zwischendrin starke Nerven und Durchhaltevermögen beweisen mussten, wurden wir ein eingespieltes Team mit großem Zusammenhalt. Nur mit gemeinsamer Planung war es möglich, dass unser Projekt ein solcher Erfolg wurde. Und spätestens als unser Ballon von seinem Höhenflug zurückgekehrt war, waren wir komplett losgelöst.

Wieder auf dem Boden der Tatsache, dass diese Zeit nun vorbei ist, wird der eine oder andere wohl sehr traurig sein. Aber auch wenn wir auseinander gehen, die Erinnerungen und Freundschaften bleiben, und wenn wir unseren Bildschirmschoner mit einem Bild der Erde aus 25 km Höhe angucken, dann zaubert es uns ein breites SMILE aufs Gesicht.

Dieses Bild ist das Lieblingsbild vieler Akademie-Teilnehmer. Auf dem Bild kann man den Übergang in den Weltraum am Besten sehen. Wir befinden uns auf dem Foto schon so hoch, dass die Wolken schon sehr klein aussehen.

Zitate aus dem Kurs

- „Das war gar nicht mal so dämlich!“ – Kai zu Caro beim Formatieren der Abschlusspräsentation
- Kai zu Viktoria: „Sag mal eine Zahl von 1 bis 15!“ – Viktoria: „17?“
- Johanna: „Ich bin todmüde, seit ich euch kenne.“
- „Jeder Kurs bereitete eine Präsentation über seinen Kurs vor und präsentierte diese den anderen Kursen, damit diese einen Überblick über alle Kurse bekamen.“ – Anna Lena in der Erstversion der Doku
- Johanna: „Wer ist alles Freiburg-Fan?“ – Lukas zögert ...
- Johanna zu Lukas: „In allen Partien steht es 0:0, nur Stuttgart liegt hinten ...“ *singt* – kurze Zeit später: „0:1 bei Freiburg! Wir heulen gemeinsam.“
- „Krass coolster Kurs der Welt!“ – Dominik
- Dominik: „Mit Bauschaum und Panzertape kriegt man alles hin!“ – Caro klebt ihm den Mund mit Panzertape zu ...
- Felicia: „Dein Ernst? Der Satz geht über neun Zeilen!“ – Julian: „Aber die Kommasetzung stimmt!“

Kurs 3 – Geschichte/Germanistik: Propaganda – ein modernes Phänomen?

1. Einleitung

Martin Christ, Franziska Hild und Sebastian J. Neu

Man nehme zwölf interessierte Schülerinnen und Schüler. Man mische sie mit zwei fachkundigen Kursleitern und einer liebenswerten Schülermentorin. Man füge außerdem eine zu lösende Aufgabe in Form einer wissenschaftlichen These, einige Quellentexte, Propagandaplakate, Kuchen und Süßigkeiten hinzu. Dann rühre man eine Tasse Neugierde darunter und fülle das Ganze mit Spaß und Motivation auf. Nach einer Backzeit von zwei Wochen war unser Geschichte/Germanistik-Kurs geschaffen.

Manche fragten sich wohl, was Propaganda zwischen Wetterballons, Transistoren und Graphen zu suchen habe. Im Gegensatz zu den naturwissenschaftlichen Kursen hatte unser Kurs andere Zielsetzungen und befasste sich mit der Frage, ob Propaganda ein modernes Phänomen sei.

Um den Teilnehmerinnen und Teilnehmern zu ermöglichen, diese These selbstständig zu untersuchen, wurden sie an geisteswissenschaftliche Methoden herangeführt. Unsere wichtigste Arbeitsweise hierbei war die Quellenarbeit, mit deren Hilfe Quellen kritisch analysiert werden können.

Fachlich haben wir uns hauptsächlich mit der Propaganda der Frühen Neuzeit beschäftigt, da aufgrund des Einflusses des Buchdrucks zum ersten Mal Propaganda massenhaft verbreitet werden konnte.

Dabei haben wir uns zunächst mit einer zeitlichen Einordnung beschäftigt und uns verge-

genwärtigt, wie sehr sich das Heilige Römische Reich Deutscher Nation vom heutigen Deutschland unterscheidet. Ebenso wichtig war die sprachgeschichtliche Einordnung des 16. Jahrhunderts, um sich schließlich mit der Propaganda dieser Zeit sicher auseinandersetzen zu können.

Hierfür war es notwendig, dass zunächst Propaganda als Begriff definiert wurde, wozu wir uns verschiedener wissenschaftlicher Theorien und Methoden bedienten.

Schließlich beschäftigten wir uns mit der Propaganda des Dritten Reichs. Josef Goebbels und seine Verwendung rhetorischer Mittel spielte dabei eine zentrale Rolle. Wir betrachteten aber auch Quellen aus Großbritannien und analysierten diese stilistisch. Zuletzt rissen wir die Thematik einer modernen Art von Propaganda, nämlich Werbung, an.

Schnell wurden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer auch mit einer weiteren wichtigen Arbeitsmethode des Kurses, dem Diskutieren, konfrontiert. Was für einige Teilnehmer zuerst ungewohnt war, führte im Laufe der Akademie zu hitzigen Debatten über verschiedene wissenschaftliche Themen und Fragestellungen.

Als Kursleiter waren wir begeistert zu sehen, wie sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mit komplexen Sachverhalten auseinandersetzten und sich eigenverantwortlich anspruchsvolle Theorien erarbeiteten. Die nachfolgende Dokumentation wirft ein Schlaglicht auf diese Kursarbeit. Für uns war es eine tolle Erfahrung, die Teilnehmerinnen und Teilnehmer über zwei Wochen zusammenwachsen zu sehen und gemeinsam mit einer so motivierten Gruppe zu arbeiten.

Wir Kursleiter möchten den Teilnehmerinnen und Teilnehmern an dieser Stelle herzlich für die motivierte Mitarbeit danken.

2. Periodisierung

Elea Klink und Vera Folberth

In unserem Kurs haben wir uns mit sehr vielen Quellentexten beschäftigt und uns dabei immer wieder die Frage gestellt, wie man diese Texte sprachlich und historisch einstufen kann. Historikern ist es anhand von folgenschweren Ereignissen in der Geschichte möglich, eine ungefähre Unterteilung in Epochen vorzunehmen (Periodisierung).

Diese Periodisierung anhand von Ereignissen in der Geschichte ist allerdings nur eine von vielen Möglichkeiten zur Unterteilung der deutschen (Sprach-) Geschichte.

Zur Einteilung der verschiedenen Sprachepochen vergleichen die Wissenschaftler Schriftstücke aus verschiedenen Jahren. Bei einem Umbruch zweier Sprachepochen fallen dabei Unterschiede und Veränderungen auf, die allerdings zu Beginn einer neuen Sprachepoche relativ klein sind und sich erst entwickeln.

Doch bei der historischen sowie vor allem der sprachlichen Periodisierung gibt es unterschiedliche Forschungsmeinungen, sodass man diese Unterteilung nicht eindeutig festlegen kann. Wir haben uns vor allem mit Texten beschäftigt, die von Wissenschaftlern in die Frühe Neuzeit eingestuft wurden.

2.1 Die Frühe Neuzeit

Die Frühe Neuzeit (1500–1750) liegt zwischen Mittelalter und Neuzeit. Ihr Beginn wird durch Ereignisse wie die Erfindung des Buchdrucks (um 1450), die Entdeckung Amerikas durch Christoph Kolumbus (1492) oder den Thesenanschlag Martin Luthers (1517) festgelegt, da diese klare Wenden darstellten und somit folgenreiche Veränderungen der Gesellschaft nach sich zogen. Das Ende wird durch die Französische Revolution (1789–1799) oder die Industrielle Revolution (ab ca. 1815) gekennzeichnet.

Bei dieser Periodisierung muss man allerdings beachten, dass die Anfangs- und Endpunkte graduelle Prozesse waren und keine dieser vielen Periodisierungsmöglichkeiten von allen Wissenschaftlern vertreten wird.

2.1.1 Wirtschaftliche Situation in der Frühen Neuzeit

In der Frühen Neuzeit herrschten sehr schwierige wirtschaftliche Verhältnisse. Während der sogenannten „kleinen Eiszeit“ gab es zwar nur leichte Klimaschwankungen von ca. ein bis

zwei Grad im Vergleich zu heutigen Temperaturen, doch dies hatte gravierende Auswirkungen. Häufig gab es sehr kalte, lange Winter und niederschlagsreiche, kühle Sommer. Somit waren Anbau und eine gute Ernte fast unmöglich, was dazu führte, dass im Winter nicht genug Nahrungsmittel vorhanden waren.

Des Weiteren entwickelte sich in der Frühen Neuzeit der Überseehandel, besonders durch Großmächte wie Spanien oder Portugal. Dadurch kamen neue und unbekannte Waren aus verschiedenen Ländern nach Deutschland.

Eine weitere Veränderung war die Erfindung der Dampfmaschine durch James Watt im 18. Jahrhundert. Dadurch änderten sich die Produktionsverhältnisse nachhaltig, was wiederum Auswirkungen auf die Situation sowie die Arbeitsbedingungen der Bevölkerung hatte.

Abb. 1: In der Frühen Neuzeit war die Gesellschaft in verschiedene Schichten eingeteilt. Man wurde automatisch in eine Schicht „hineingeboren“. An der Spitze standen der König und der Adel. Sie hatten die meisten Rechte. Die niedrigste Position hatten Knechte und Mägde, Tagelöhner und Bettler in der Gesellschaft. Sie hatten kaum Rechte.

Ab dem Mittelalter war die Gesellschaft in die sogenannte Ständegesellschaft unterteilt. An der Spitze stand der Klerus, darunter der Adel, Bauern und Bürger und zuletzt Knechte, Mägde, Tagelöhner und Bettler. Außerdem war der sogenannte Feudalismus weit verbreitet. Dies bezeichnete die Herrschaft eines Lehnsherren über seine Leibeigenen. Letztere mussten Frondienste leisten und dem Lehnsherren dienen. Sie durften nur mit Genehmigung heiraten, mussten den Boden des Lehnsherren bewirtschaften und mussten diesem im Gegenzug zur Bereitstellung von Land Abgaben leisten. Dieses System wurde gegen Ende der Frühen Neuzeit allmählich abgeschafft.

Politische Lage in der Frühen Neuzeit

Politisch, aber auch kirchlich, ist vor allem die Reformation zu erwähnen. Durch Martin Luthers Thesenanschlag im Jahre 1517 kam es zu heftigen Auseinandersetzungen in der katholischen Kirche sowie in der Folge dem äußerst blutigen Bauernkrieg. Diese Auseinandersetzungen zogen eine Neuordnung Europas und eine Umstrukturierung der Kirche nach sich.

Die prägendste Staatsform war der Absolutismus, nach dem Muster des „Sonnenkönigs“ Ludwig XIV., der sich selbst als der Staat sah. Andere Herrscher wie Friedrich II. (auch „der Alte Fritz“ genannt; ab 1722 König von Preußen) sahen sich allerdings als oberster Diener des Staates.

Andere Staatsformen waren beispielsweise im Heiligen Römischen Reich Deutscher Nation vertreten. Hier entstand ein sogenannter Territorialstaat. Bei dieser Staatsform stand der Territorialherr an oberster Stelle, über dem dann noch der Kaiser stand. Der Unterschied zum Feudalismus liegt in der Position des Territorialherren. Dieser sah sich nicht ausschließlich als Lehnsherr, sondern ebenfalls als Inhaber der Staatsgewalt.

2.1.3 Kultur und Sprache in der Frühen Neuzeit

In der Frühen Neuzeit wurden Frühneuhochdeutsch sowie Neuhochdeutsch gesprochen und

geschrieben. Der Übergang ist ungefähr auf das Jahr 1650 festgelegt. Dieser Übergang kam vor allem durch vermehrten Sprachkontakt sowie durch die Vereinfachung der Sprache und Grammatik zustande.

Ein bekanntes Beispiel für das Frühneuhochdeutsche ist die Bibelübersetzung von Martin Luther. Im September 1522 wurde eine erste Ausgabe des Neuen Testaments veröffentlicht, das sogenannte Septembertestament, 1534 eine vollständige Bibel.

Luther übersetzte das Alte und Neue Testament aus dem Althebräischen, dem Aramäischen und dem Altgriechischen in das Frühneuhochdeutsche.

Die Besonderheiten dieser Bibel waren, dass Luther einige Kernstellen, die sogenannten „goldenen Worte“ hervorhob, um diese besonders deutlich zu machen. Außerdem ordnete er die in der Bibel enthaltenen Schriften neu. Schriften, die er für fragwürdig hielt, stellte er an das Ende des Testaments, wie zum Beispiel den Jakobusbrief. Besonders wichtig war zudem, dass Luther nicht nur sehr textgebunden übersetzte und daher die Sätze verständlicher machte, sondern auch durch die Übersetzung in die Volkssprache.

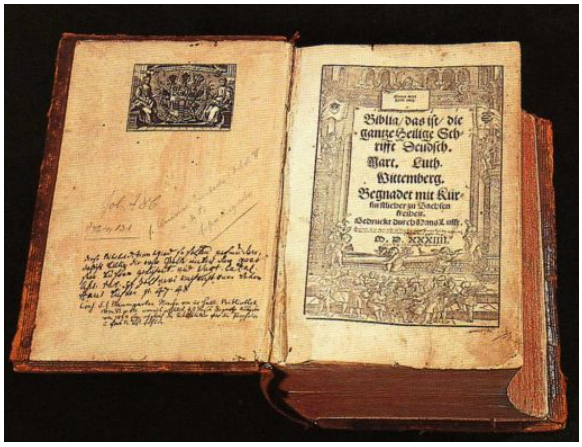


Abb. 2: Im Jahre 1522 veröffentlichte Luther eine erste Ausgabe des Neuen Testaments. Es erschien im September 1522, daher der Name Septembertestament. Das dargestellte Bild zeigt die erste Auflage des Septembertestaments.

Sprachliche Veränderungen zeigten sich vor allem in den Phänomenen der Monophtongierung und Diphthongierung.

Die Monophtongierung beschreibt den Vorgang des Verschmelzens zweier Laute („*müede*“ – müde, „*brüeder*“ – Brüder). Bei der Diphthongierung wurden aus einem Laut zwei („*mîn*“ – mein, „*hûs*“ – Haus).

Kulturelle Veränderungen, die ebenfalls Auswirkungen auf die Sprache hatten, waren folgende:

Im 15. Jahrhundert gab es ca. 3000 Städte. Um diese Städte zu verwalten, wurden kommunale Verwaltungen und Kanzleien ausgebaut, was zur Herausbildung einer „Kanzlei-/Geschäftssprache“ führte. Außerdem führte die Besiedlung slawischer Gebiete zu einer Herausbildung ostmitteldeutscher Dialekte.

Eine weitere Schlüsselposition in der kulturellen Veränderung spielte auch die schon erwähnte Reformation. Dadurch strukturierte sich die Kirche neu, es entstanden neue neue religiöse und politische Gruppierungen, und durch verschiedene Auseinandersetzungen entstand ein neues Volksbild.

2.2 Sprachstufen der deutschen Sprache

Als Sprachstufen (oder auch Sprachperioden) werden größere sprachgeschichtliche Entwicklungsstufen bezeichnet. In unserem Kurs haben wir uns mit den wichtigsten Sprachstufen befasst. Man unterscheidet das Althochdeutsche (ca. 750–1050), das Mittelhochdeutsche (ca. 1050–1350), das Frühneuhochdeutsche (ca. 1350–1650) und schließlich das Neuhochdeutsche (seit ca. 1650).

2.2.1 Das Althochdeutsche

Das Althochdeutsche wird als älteste Stufe des Deutschen bezeichnet, für die es schriftliche Zeugnisse gibt. Anders als der Name vermuten lässt, ist das Althochdeutsche keine einheitliche Sprache. Es ist die Bezeichnung für sämtliche westgermanische Sprachen bzw. nahverwandte Mundarten, die sich durch die zweite Lautverschiebung (sogenannte „deutsche“ Lautverschiebung) aus dem Germanischen entwickelt haben. Die Dialekte im Bereich der norddeutschen Tiefebene haben diese Lautverschiebung nicht durchlaufen und werden lediglich zur Unterscheidung vom Althochdeutschen auch als

Altniederdeutsch bezeichnet. Somit handelt es sich bei *hoch* und *nieder* um einen rein geographischen Aspekt.

Im Althochdeutschen ist das heutige Deutsch nur schwer wiederzuerkennen. Da das lateinische Alphabet übernommen wurde, kam es zu Graphemüberschüssen. So konnte ein gesprochener Laut, ein Phonem, auf verschiedene Weisen geschrieben werden. Diese Schreibweisen nennt man Grapheme. Im Althochdeutschen wurde für das Phonem *„f“* auch hauptsächlich das Graphem *„f“* verwendet, sodass es hier *„fihu“* (Vieh), *„filu“* (viel) und *„fior“* (vier) heißt, während im Mittelhochdeutschen später für dasselbe Phonem das Graphem *„v“* verwendet wurde, so zum Beispiel *„vinsternis“* (Finsternis), *„vriunt“* (Freund) und *„vinden“* (finden).

Ein charakteristisches Merkmal für die althochdeutsche Sprache sind die noch stark betonten Endsilben, angelehnt an das Lateinische (*„taga“* – Tage, *„demo“* – dem, *„perga“* – Berge). Deren Abschwächung, die Neben- und Endsilbenabschwächung (vor allem bei Verben), markierte den Übergang zum Mittelhochdeutschen ab 1050.

2.2.2 Das Mittelhochdeutsche

Das Mittelhochdeutsche wird als Blütezeit weltlicher Dichtung in einer von Rittertum und Adel dominierten Kultur definiert und auf ungefähr 1050 bis 1350 datiert. Zu den bekanntesten mittelhochdeutschen Dichtungen zählen das Nibelungenlied, der „Parzival“ von Wolfram von Eschenbach, die Gedichte Walthers von der Vogelweide sowie der Minnesang.

Diese Sprachepoche besaß immer noch keine einheitliche Schriftsprache und umfasste die Dialekte aller mitteldeutschen (thüringisch, hessisch, rheinfränkisch) und oberdeutschen Regionen (alemannisch, bairisch). Schreibform sowie Schreibtradition befanden sich in keiner überregionalen Einheit und waren wie die Sprache durch starke regionale bzw. dialektale Unterschiede gekennzeichnet.

2.2.3 Das Frühneuhochdeutsche

Auf das Mittelhochdeutsche folgend wurde das Frühneuhochdeutsche auf die Zeit zwischen 1350 und 1650 datiert. Diese Sprachstufe stellt den Übergang zwischen dem Deutsch des Mittelalters und dem heutigen Deutsch (Neuhochdeutsch) dar.

Die für das Mittelhochdeutsche typischen Langvokale, meistens mit einem Zirkumflex geschrieben, wurden nun durch die Diphthongierung verändert (vgl. 1.3). Eine weitere Veränderung war die Monophtongierung (vgl. 1.3). Außerdem fand eine Vokaldehnung statt, bei der aus mittelhochdeutschen Kurzvokalen gedehnte Langvokale wurden (*„ligen“* – liegen, *„nëmen“* nehmen).

In dieser Sprachepoche kam es des weiteren zu einer Vertikalisierung, also dem Verständnis von Sprachvarianten verschiedenen Wertes. So kam es zur Entwicklung eines (deutschen) Sprachbewusstseins. Dadurch prägte der Sprachkontakt zu anderen Sprachen das Schriftbild dieser Zeit maßgeblich.

Außerdem gab es Veränderungen bezüglich der Festigung und Neuordnung der Satzstruktur beziehungsweise der Syntax. Zusätzlich wurden unsere heutigen Satzzeichen eingeführt und ersetzten die Virgel, die wir heute als Schrägstrich bezeichnen, welche zur Gliederung von Sätzen dienten. Diese Veränderungen waren sehr langwierige Prozesse, die über mehrere Jahrhunderte hinweg andauerten.

Die beschriebene Entwicklung wurde von der Erfindung des Buchdrucks von Johannes Gutenberg Mitte des 15. Jahrhunderts stark beeinflusst. Das erste Massenmedium, das Buch, nahm einen großen Einfluss auf die deutsche Sprache und führte zu einem Anstreben einer überregionalen Schriftsprache durch die Drucker sowie zu einer volksnahen Ausdrucksweise. Hier spielte vor allem Martin Luthers erstmals analoge Bibelübersetzung aufgrund der dort vorhandenen Sprachgewalt, des hohen Stellenwertes der religiösen Texte und der Akzeptanz Luthers als Autoritätsperson eine wichtige Rolle. So wurde etwas Einheit in die Sprachwelt gebracht, die fast ausschließlich aus Mundarten, den Dialekten der jeweiligen Regionen, bestand. Durch die Expansion von einflussreichen, überwiegend hochdeutschen Texten wurde schließlich das Niederdeutsche vom Hochdeutschen verdrängt.

2.2.4 Das Neuhochdeutsche

Aus diesen Sprachstufen ging das heutige Neuhochdeutsch hervor. Nach dem starken Sprachkontakt zu den jeweils dominanten Sprachen der Zeit (Englisch, Französisch) und der Festigung und Vereinheitlichung der deutschen Sprache zur Zeit des Frühneuhochdeutschen, entstand das Deutsch, das wir heute kennen.

Jedoch ist die Sprachentwicklung längst nicht abgeschlossen. Sprache ist geprägt von zeitlichen Strömungen, Kultur, Gesellschaft und demographischen Veränderungen. So befindet sie sich im ständigen Wandel und wird nie zu einem Stillstand kommen, da jede Kultur und jede Gesellschaft sich Sprache aneignet, verinnerlicht und durch die jeweilige Verhaltensweise auf sie einwirkt.

Genau wie die Periodisierung und die Sprachepochen sind auch theoretische Grundlagen wichtig, um Propaganda zu analysieren.

3. Im Kurs behandelte Theorien

Julika Rösch und Felix Kober

3.1 Robert W. Scribner

Da Flugblätter das vielleicht wichtigste Propagandamittel der Frühen Neuzeit waren, ist es wichtig, sich mit ihnen zu beschäftigen. Robert W. Scribners Theorie ist bei diesem Thema von Relevanz, da sie eine völlig neue Perspektive auf die frühneuzeitliche Propaganda, insbesondere aber auf Flugblätter, eröffnete. Er greift Methoden auf, die von der Ikonographie, der Bildbetrachtung, über die Semiologie, der Lehre von Zeichen, bis zur Soziologie reichen.

Scribner, ein australischer Historiker, der den größten Teil seines Lebens in seiner Wahlheimat Großbritannien verbrachte, hat sich eingehend mit der deutschsprachigen Reformation beschäftigt. Sein Augenmerk lag vor allem auf Formen der Propaganda, die für das analphabetische, einfache Volk bestimmt waren. Die gewonnenen Erkenntnisse fasste er in seinem Buch *For the Sake of Simple Folk* (Um des Volkes willen) zusammen, aus dem wir einzelne Stellen herausgegriffen haben. Die Grundaussage Scribners besteht darin, dass durch die niedrige Alphabetisierungsrate der Frühen Neuzeit Bild und Text in der Propaganda den selben Stellenwert erhielten. Er formuliert dies wie folgt:

> *„So what the clergy could read in books could be read by the layman in imagery and painting.“*

Frei übersetzt bedeutet das Zitat, dass das Gleiche, was der Klerus in Büchern las, von den unteren Schichten aus Illustrationen und Gemälden erschlossen werden konnte. Das heißt übertragen auf Propaganda, dass Flugblätter nur dann erfolgreich sein konnten, wenn sie Text und Bild kombinierten.

Das Bild, das die Analphabeten ansprechen sollte, wurde für die Gebildeten mit einem Text kommentiert und erklärt.

3.2 Die Ikonologische Methode (Bildanalyse nach Erwin Panofsky)

Da Bild und Text in der Propaganda somit gleichwertig sind, müssen wir nicht nur in der Lage sein, Texte analysieren zu können, sondern auch Bilder. Dazu verwendeten wir die Ikonologische Methode von Erwin Panofsky. Er wurde am 30. März 1892 in Hannover geboren und starb am 14. März 1968 in Princeton, New Jersey, USA. Erwin Panofksy war einer der bedeutendsten Kunsthistoriker des 20. Jahrhunderts.

Panofsky sagte, wenn man die Ikonologische Methode ausgeführt habe, so bekäme man eine „Geschichte kultureller Symptome“. Damit meint er, dass man sich die Kultur der entsprechenden Zeit besser erschließen kann.

Die Ikonologische Methode besteht aus drei Schritten:

1. **Vorikonographische Bedeutung**
   Hierbei geht es um die reine Beschreibung der visuellen Quelle. Man stellt also ausschließlich fest, was abgebildet ist.
2. **Ikonographische Bedeutung**
   In diesem Schritt analysiert man das Bild mit Grundkenntnissen und Hintergrundwissen.
3. **Ikonologische Analyse**
   Nun analysiert man das Bild im Kontext.

Doch nicht nur Bild und Text wurden in unserem Kurs gleichgesetzt, sondern auch das Sprechen mit dem Handeln.

3.3 Die Sprechakttheorie

Die Sprechakttheorie ist eine Theorie, in der das Sprechen dem Handeln gleichgesetzt wird. Sie wurde von John L. Austin und John Searle über einen längeren Zeitraum hinweg entwickelt. John L. Austin war ein britischer Philosph. Er wurde am 26. März 1911 in Lancastar, UK geboren und starb am 8. Februar 1960 in Oxford, UK. John Searle war ebenfalls Philosoph, allerdings aus Amerika. Er wurde am 31. Juli 1932 in Denver, Colorado, USA geboren und lebt noch heute. Mittlerweile ist er 82 Jahre alt.

Die Sprechakttheorie besagt, dass beispielsweise bei einer Taufe der Pfarrer sagt: „Ich taufe dich auf den Namen Max. Im Namen des Vaters, des Sohnes und des Heiligen Geistes.“ So ist dieses Sprechen die eigentliche Handlung der Taufe. Die anschließende Handlung ist nur symbolisch.

Auf die gleiche Weise läuft auch eine Hochzeit ab. In dem Moment, in dem beide Beteiligten „ja“ gesagt haben, sind sie verheiratet. Das gegenseitige Aufsetzen der Ringe und der Kuss am Ende sind symbolische Handlungen, die auch zu einer Hochzeit dazugehören, aber nicht das eigentliche Heiraten sind.

Da wir nach dieser Theorie erfahren haben, dass Sprechen Handeln ist, mussten wir uns auch mit der Analyse einer gesprochenen Nachricht befassen.

3.4 Die vier Seiten einer Nachricht

Eine wichtige sprachliche Theorie ist das „4-Ohren-Modell“ von Friedemann Schultz von Thun (geb. 1944, dt. Psychologe und Kommunikationswissenschaftler). Schultz von Thun geht davon aus, dass jede Nachricht auf verschiedenen Ebenen ausgesendet und wahrgenommen werden kann. Bei den vier Ebenen handelt es sich um den Sachinhalt, die Selbstoffenbarung, die Beziehung und den Appell.

Auf der **Sachinhaltsebene** möchte der Sender lediglich wertungsfrei Informationen weitergeben.

Auf der **Selbstoffenbarungsebene** gibt er „eine kleine Kostprobe seiner Persönlichkeit“, wie Schultz von Thun es nennt. Das bedeutet, mit jeder Nachricht offenbart der Sender einen Teil seines Charakters.

Auf der **Appellebene** soll der Empfänger zu einer Handlung veranlasst werden d.h. man möchte ihn dazu auffordern, etwas zu tun.

Auf der **Beziehungsebene** gibt er Auskunft über seinen Bezug zum Empfänger d.h. in jeder Nachricht kann man offen ausgesprochen oder zwischen den Zeilen Anzeichen sehen, welche persönliche Beziehung der Sender zum Empfänger hat.

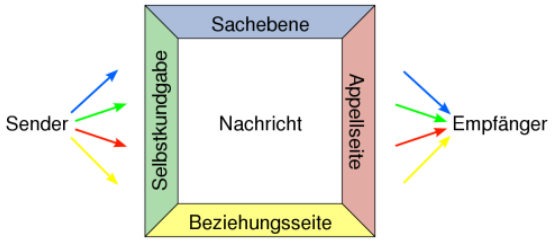


Abb. 3: Schaubild zum Vier-Seiten-Modell

Den verschiedenen Ebenen entsprechend kann der Empfänger auch reagieren. Dazu folgendes Beispiel: Die kleine Liese sagt zum Lehrer: „Der Peter hat mich gehauen.“

- Reaktion auf der Sachebene: „Und, tut dir noch etwas weh?“
- Auf der Selbstoffenbarungsebene: „Du bist jetzt sauer auf ihn.“
- Auf der Appellebene: „Du möchtest, dass ich ihn bestrafe.“
- Auf der Beziehungsebene: „Du vertraust mir und erzählst mir deshalb von deinem Problem.“

Es ist auch möglich, dass der Empfänger auf einer anderen als der beabsichtigten Ebene reagiert, was zu so manchem Missverständnis führen kann. In unserem Beispiel könnte das folgendermaßen aussehen: Liese möchte, dass der Lehrer Peter bestraft. Doch dieser befragt sie nur über entstandene Verletzungen und schickt

einen Mitschüler ins Sekretariat, um ihr ein Kühlpack zu holen.

Dieses Prinzip, Nachrichten zu analysieren und die Absichten des Senders zu entschlüsseln, ist jedoch nicht nur hilfreich für die alltägliche Kommunikation, sondern auch für den Umgang mit Propaganda im Rahmen unserer Leitfrage.

3.5 Der Machtbegriff nach M. Foucault

Beim Aufbau und der Wirkung von Propaganda spielt auch das Verständnis von Macht eine große Rolle. Michel Foucault war ein Philosoph, der den Begriff der Macht auf eine sehr spezielle Weise definierte. Er wurde am 15. Oktober 1926 in Poitiers, Frankreich, geboren und starb am 25. Juni 1984 in Paris, Frankreich.

Er sagt, dass Macht nichts ist, was man erwirbt, wegnimmt, teilt, bewahrt oder verliert. Damit meint er also, dass zum Beispiel ein König oder ein Kaiser nicht die einzige Person ist, die Macht besitzt.

Laut Foucault ist Macht nicht etwas, was einer Person gehört, welche diese dann verteilen oder abgeben kann. Er sagt, dass Macht etwas Ungreifbares ist und zwischen den Menschen steht, als würde sie in der Luft schweben. Seine Theorie besagt, dass Macht immer und überall vorhanden ist und sie beweglich ist.

Wenn beispielsweise Max Mustermann sich über Muskeltraining beliest und anschließend noch trainieren geht, so hat er Wissen und Muskeln dazu gewonnen. In diesem Moment „fließt“ Macht zu ihm. Er ist also dadurch, dass er sich Wissen und Muskelkraft angeeignet hat, mächtiger geworden. Wenn seine Schwester Erika aber gleichzeitig fünf wissenschaftliche Bücher gelesen hat, so „fließt“ zu ihr wieder mehr Macht. So kommt es zu verschiedenen Machtverhältnissen und auch dem Ausgleich dieser Verhältnisse. Allerdings ist dies nur ein kleiner Teil der noch viel komplexeren Definition des Machtbegriffs von Michel Foucault.

3.6 Zwischen Subjektivität und Objektivität – das Prinzip der Intersubjektivität

Wie alle Wissenschaften haben auch Geschichte und Germanistik den Anspruch, möglichst neutral und allgemeingültig zu sein. Doch im Gegensatz zu naturwissenschaftlichen Fächern, die die Welt durch Messungen und Formeln beschreiben können, bleibt in den Geisteswissenschaften eine gewisse Grauzone.

Die renommiertesten Professoren können eine Studie über dasselbe Thema durchführen und dennoch zu völlig gegensätzlichen Ergebnissen kommen – mitunter beide Seiten mit berechtigten Argumenten. Denn alle Texte, Bilder, historischen und sprachlichen Fakten verlangen nach Interpretationen – diese aber unterliegen der Subjektivität, dem persönlichen Hintergrund und Empfinden des Betrachters.

Nun könnte man verzweifeln und die Bemühungen der Geisteswissenschaftler für sinn- und nutzlos erklären. Doch genau das tun weder Historiker noch Germanisten, genau wie alle anderen Geisteswissenschaftler auch nicht. Beide strengen sich weiterhin an – im Bemühen, der Wahrheit möglichst nahe zu kommen, auch wenn sie die absolute Objektivität nie erreichen werden. Dieses Bemühen nennt man Intersubjektivität: den Versuch, so objektiv wie möglich und nur so subjektiv wie nötig zu sein.

Aufgrund der Schwierigkeit, Intersubjektivität zu erreichen, fiel es auch uns schwer, eine einheitliche Definition von Propaganda zu formulieren.

4. Begriffsdefinition Propaganda

Chidinma Amadi und Adrian Göbel

Das Ziel unseres Kurses bestand darin herauszufinden, ob Propaganda ein modernes Phänomen sei oder nicht. Um dies feststellen zu können, muss man den Begriff Propaganda zunächst definieren. Nach langer Diskussion mithilfe der von uns im Kurs erlernten Erkenntnissen und weiteren Quellen haben wir uns unsere eigene Definition von Propaganda erstellt, welche sich allerdings nur auf Propaganda in der Frühen Neuzeit und im Dritten Reich übertragen lässt, da wir uns ausschließlich mit diesen beschäftigt haben. Die Definition lautet wie folgt (lat. propagare = ausdehnen, erweitern):

„Propaganda ist die systematische und zielgerichtete Verbreitung einer Überzeugung unter

Verwendung von manipulativer Informationsstreuung, die den Standpunkt des Rezipienten verändern bzw. verstärken und ihn zur Handlungsbereitschaft veranlassen soll."

Nun folgt eine Erläuterung dieser Definition:

„Propaganda ist die systematische und zielgerichtete Verbreitung einer Überzeugung . . . ": Propaganda verfolgt ein bestimmtes Ziel und hat eine gänzlich durchdachte Verbreitung. Also wird Propaganda nie unbewusst oder aus völliger Willkür verbreitet.

„. . . unter Verwendung von manipulativer Informationsstreuung . . . ": Die in der Propaganda übermittelten Informationen sind manipuliert. So stellen sie Sachverhalte einseitig dar und handeln von Scheintatsachen, um eine Partei in ein gutes Licht zu rücken.

„. . . , die den Standpunkt des Rezipienten verändern bzw. verstärken . . . ": Der Rezipient ist diejenige Person, für die die Propaganda gedacht ist. Dieser hat von Beginn an bereits eine Meinung zu einem gewissen Thema, welche entweder aufgeschlossen oder abweisend ist. Der Propagandist versucht diese Meinung zu stärken, wenn sie bereits für ihn ist oder er versucht die Meinung zu ändern, dass er nach dem Wahrnehmen der Propaganda dafür spricht.

„. . . und ihn zur Handlungsbereitschaft veranlassen soll.": Das Ziel der Propaganda ist es den Rezipienten dazu zu veranlassen, dass er bereit ist für das, was die Propaganda proklamiert, einzustehen. Dabei ist allein das mentale Bereitsein ausschlaggebend.

Bei der Analyse von Quellen waren verschiedene Methoden für uns wichtig, u. a. auch die bereits vorgestellte Bildanalyse nach E. Panofsky, die im folgenden Kapitel auf ein konkretes Beispiel angewendet wird.

5. Quellenarbeit

Chidinma Amadi und Adrian Göbel

5.1 Definition und Arten von Quellen

Die Periodisierung und die Einteilung in die Sprachstufen war vor allem für unsere Quellenarbeit elementar wichtig, da in den Geisteswissenschaften alles Wissen aus Quellen bezogen wird, um effizientes Arbeiten zu erreichen. Diese Quellen können dabei ganz verschiedene Formen annehmen: So können sowohl Bilder als auch Objekte und Schriften als Quellen dienen. Diese lassen sich grob in zwei Kategorien einteilen: Die Primär- und die Sekundärquellen. Unter Sekundärquellen (lat.: secundarius = an zweiter Stelle) versteht man Quellen, die nachfolgend von einer Primärquelle, bei der es sich um die erste Verfassung der Quelle handelt, berichten.

Zur feineren Unterteilung ordnet man Quellen beispielsweise nach erzählenden Texten, zu denen die fiktiven Werke, Chroniken und auch Biographien gehören.

Eine andere Rubrik bilden Ego-Dokumente, die auch als Selbstzeugnisse bekannt sind. Dazu werden häufig Autobiographien, Briefe und Memoiren gezählt. Die diplomatischen Quellen umfassen Urkunden und Akten.

Bei all diesen Rubriken lassen sich allerdings keine festen Einteilungsgrenzen setzen, so können manche Texte mehreren Kategorien zugeordnet werden. Durch dieses umfangreiche Unterteilungsspektrum kann man Quellen sehr gut differenzieren und eine dementsprechende Methode zur Quellenarbeit auswählen.

5.2 Kriterien für die Analyse von Quellen (germanistisch und historisch)

Natürlich muss man sich beim Erforschen der Propaganda in der Frühen Neuzeit und im Dritten Reich auch mit entsprechenden Quellen aus dieser Zeit befassen. Folgende Fragestellungen hielten wir unter der humorvollen Überschrift „Frag doch mal die Quelle!" fest, diese sind im Abschnitt „Fragen an die Quelle" expliziter angeführt.

Sind diese Fragen zu Genüge beantwortet, kann noch überprüft werden, ob es sich um eine Doppelquelle handelt, also eine Quelle, welche aus einer anderen hervorgeht, wie z. B. bei Luthers Bibelübersetzung. Außerdem muss geprüft werden, ob es kollegiale Schriftstücke gibt, also eine Quelle, welche die Behauptungen in der ersten Quelle bestätigt oder wiederlegt. Denn bei Quellenkollegialität nähert man sich der gewünschten Intersubjektivität an. Zur Analy-

se von Bildquellen existiert noch eine weitere Variante (siehe Abschnitt 5.3).

Fragen an Quellen

Erst durch das Stellen von Fragen an die Quelle können wir ihr wirklich Informationen entnehmen. Mit den Fragen an die Quelle versucht man folgende Aspekte aufzuklären:

Man versucht herauszufinden, um wen es sich bei dem Verfasser handelt und aus welchem Stand dieser stammt. Weiter wird der Zeitpunkt der Verfassung geklärt. Dabei betrachtet man auch die sozialen und wirtschaftlichen Verhältnisse der Zeit. Wichtig ist es auch zu fragen, wieso die Quelle verfasst wurde, was also die Intention des Verfassers war. Ebenfalls zu berücksichtigen ist, woher die Quelle stammt. Dabei sollte man bei bildlichen und schriftlichen Quellen zwischen Ort der Verfassung und Ort des Druckes unterscheiden, da diese variieren können, woraus sich oft etwas rückschließen lässt.

Wichtig ist zudem herauszuarbeiten, was die Quelle zu vermitteln versucht, also die Aussage der Quelle. Das Medium, welches vorliegt, birgt ebenfalls Informationen zur Quelle, deswegen befasst man sich ebenso mit ihm. Im Kontext hierzu wird auch das Material des Mediums untersucht und dadurch ein Kontext dieser Zeit erstellt. Eine weitere Frage ist, an wen die Quelle gerichtet ist. Die letzte Frage bildet die, welche Folgen und Auswirkungen die Quelle auf die Gesellschaft beziehungsweise Weltbildanschauung hat.

Manche dieser Fragen, wie zum Beispiel die Aussage des Textes, haben keine einheitliche Lösung, denn jeder bildet sich hier eine eigene Antwort, da die Quelle auf unterschiedliche Weise auf verschiedene Personen wirkt. Man kann sich dann der mutmaßlichen Wahrheit nur annähern – das Prinzip der Intersubjektivität.

Diese Fragen gaben die Grundlage, uns mit Quellen auf wissenschaftlicher Ebene auseinandersetzen zu können.

Doch beim Befragen der Quelle tauchen oft diverse Probleme auf. Denn oft kommt es vor, dass eine Quelle mehreren Quellentypen angehört. Außerdem interpretiert jeder Quellen unterschiedlich. Ein weiteres Problem beim Befragen von Quellen ist, dass es auch andere wissenschaftlich anerkannte Unterscheidungsmöglichkeiten gibt, wie z. B. die Unterscheidung in deskriptive und normative Quellen.

5.3 Panofskys Theorie am Beispiel von „Teufel mit Sackpfeife“

Mara Mönch, Sophie Teegelbekkers, Adrian Göbel und Chidinma Amadi

Abb. 4: Der Holzschnitt „Teufel mit Sackpfeife“ von Erhard Schön, hergestellt um 1530, eignet sich sehr gut für eine Analyse nach E. Panofsky.

1. Vorikonographische Bedeutung

Auf dem Bild sieht man den Kopf und die Schultern eines Mannes mit einer Halbglatze, der von der Seite zu sehen ist und zum rechten Bildrand schaut. Auf seiner Schulter sitzt ein Wesen mit langen Haaren und zwei Gesichtern. Eines dieser Gesichter scheint zu lächeln, während das andere auf Beckenhöhe eher ausdruckslos und ernst wirkt. Das Wesen spielt auf einer Sackpfeife, deren Blasrohr in das Ohr des Mannes führt und auf der anderen Seite wieder zum Vorschein kommt. Mit den Händen spielt das

Wesen auf der Nase des Mannes, die ebenfalls rohrförmig dargestellt ist.

2. Ikonographische Bedeutung

Der Mann stellt Martin Luther, der die Katholische Kirche reformierte, als Mönch dar. Bei dem Wesen auf seiner Schulter handelt es sich um den Teufel, welcher die Sünde symbolisiert. Er spielt Sackpfeife auf Luther, was verdeutlichen soll, dass Luther vom Teufel verführt wird und deshalb dessen Meinung verbreitet.

3. Ikonologische Bedeutung

Das Flugblatt entstand zur Zeit der Reformation und ist Propaganda gegen Martin Luther, der nach diesem Bild ein Diener des Teufels ist. Was er sagt, soll also falsch und sündig sein und die Leute zum Bösen verleiten. Er wirkt zwar gut und freundlich, ist aber insgeheim gemein und falsch. Der Teufel wird durch Bosheit und Hinterlistigkeit verkörpert. Der Herausgeber wollte mit dem Flugblatt bewirken, dass sich die Menschen von Martin Luther abwenden und der Lehre der katholische Kirche folgen. Deshalb war dieses Flugblatt für die breite Masse der Bevölkerung gedacht.

Folgende Probleme treten bei der Ikonologischen Methode auf: Einerseits ist es kaum möglich, eine ganze Kultur anhand eines einzelnen Bildes zu verstehen, andererseits können einige Symbole mehrere Bedeutungen haben, beispielsweise kann die Taube sowohl das Symbol des Friedens, als auch das des Heiligen Geistes sein.

6. Propaganda in der Frühen Neuzeit

Mara Mönch und Sophie Teegelbekkers

Die im letzten Kapitel vorgestellten Methoden wurden vor allem bei der Analyse von frühneuzeitlichen Flugschriften und Holzschnitten wichtig. Wie bereits angesprochen, gab es schon in der Frühen Neuzeit Propaganda, die sehr großen Einfluss hatte. Im Folgenden wollen wir näher auf diese Propaganda mit ihren verschiedenen Arten, Formen und Wirkungsweisen eingehen.

6.1 Arten von Propaganda

Durch Medien jeglicher Art wurde versucht, die Menschen von einer bestimmten Meinung zu überzeugen. Da die Reformation eines der wichtigsten Ereignisse dieser Zeit darstellt, wurde oft Propaganda für oder gegen Luther bzw. die katholische Kirche verfasst.

Die Informationsträger, die Propaganda übermitteln, nennt man Propagandamittel. Propagandamittel sind zum Beispiel Flugschriften, Holzschnitte, Lieder, Predigten und vieles mehr.

Ein Beispiel ist ein frühneuhochdeutsches Lied von Thomas Murner (1475–1537), einem elsäßischem Theologen, Dichter und Humanisten, der versuchte, eine Spaltung der Kirche zu verhindern:

> *„Wie daß mit falschen Listen/*
> *die Christenheit zergat/*
> *wenn das die Fürsten wüßten/*
> *sie lugten zu der Tat“*

Titel: A new lied von dem undergang des christlichen glaubens.

Das Lied wurde genutzt, um vor Luthers Lehre zu warnen. Murner will den Zuhörer überzeugen, dass Luther die Christen verführt und so der Bestand des Christentums in Frage gestellt wird. Die Fürsten würden, wenn sie wüssten, was Luther verbreitet, sofort handeln und Luther an seinen reformatorischen Aktionen hindern.

Es gab nicht nur reformatorische Lieder, sondern auch in der Kirche wurde durch Predigten bzw. Andachten Propaganda übermittelt. Die Meinung der jeweiligen Glaubensgruppe wurde mündlich an alle Zuhörer weitergegeben und durch biblische Belege überzeugend dargestellt.

Außerdem wurden Holzschnitte entworfen und zur „Meinungsmache“ verwendet. Holzschnitte wurden mit einem hölzernen Druckstock gedruckt und enthielten meist Bilder.

6.2 Flugblätter

Viele Holzschnitte wurden als Flugblätter verbreitet. Doch was sind Flugblätter?

Wir haben im Kurs eine eigene Definition hierfür erarbeitet: „Flugblätter waren ungebunde-

ne Blätter im Quartformat, das heißt, dass ein normales Blatt viermal gefaltet wurde.“ Es gab aber kein eindeutiges, einheitliches Format. Die Flugblätter handelten von aktuellen Debatten und Konflikten, wie zu dieser Zeit zum Beispiel der Reformation. Es waren Druckerzeugnisse, die in vielfältigen Formen vorkamen, so waren sie sowohl als Dialoge, als auch als Andachten oder Disputationen verfasst. Flugblätter waren propagandistisch und übermittelten Propaganda zwischen Autor und Empfänger oder zwischen den verschiedenen Bevölkerungsschichten. Sie waren in der Volkssprache formuliert, um das Volk anzusprechen und allgemein verstanden zu werden. Der Preis war sehr niedrig, damit sich auch ärmere Leute Flugschriften leisten konnten. Sie kosteten etwa so viel wie ein halber Tageslohn oder ein halbes Kilo Honig (siehe Thomas Kaufmann, Geschichte der Reformation).

6.2.1 Verbreitung

Die gedruckten Flugblätter wurden durch Buchdrucker und fahrende Buchführer verbreitet. Informationen konnten hierdurch in sehr geringer Zeit weitergegeben werden. Zudem war es in der Frühen Neuzeit üblich, Flugblätter öffentlich vorzulesen, damit die meist ungebildete Mittelschicht, die weder lesen noch schreiben konnte, auch erfahren konnte, was in einem Flugblatt stand. Solche Vorlesungen gab es oft bei Treffen in Wirtshäusern, aber auch in der Kirche von der Kanzel las man den Inhalt laut vor. Das Gelesene oder Gehörte wurde wiederum mündlich weitergegeben. Je nachdem, wer den Text vorlas bzw. die Inhalte weitergab, wurden auch immer neue Schwerpunkte gesetzt, da der Überlieferer seine eigene Meinung automatisch indirekt miteinbrachte.

Durch Anleitungen in Flugschriften oder anderen propagandistischen Texten wie „Wer dies liest oder hört lesen“ wurde verdeutlicht, wie wichtig es für die Autoren der Flugblätter war, dass ihre Texte laut vorgelesen wurden. So konnten sie eine größere Bevölkerungsgruppe ansprechen.

Der Preis von Druckerzeugnissen sank durch die Erfindung des Buchdrucks, und so konnten sich auch Menschen der unteren Bevölkerungsschichten diese leisten.

6.3 Der Buchdruck

Ein Flugblatt konnte sehr schnell verbreitet werden. Dabei spielte der in dieser Zeit neu erfundene Buchdruck eine entscheidende Rolle.

Die Idee des Buchdrucks mit Metalllettern hatte Mitte des 15. Jahrhunderts Johannes Gutenberg (1397–1468). Der Ursprung des Buchdrucks liegt allerdings in China. Dort wurden schon Anfang des 15. Jahrhundert chinesische Schriftzeichen aus Ton hergestellt, jedoch eignete sich dieses Schriftsystem nicht so gut, da die chinesische Sprache aus sehr vielen komplizierten Schriftzeichen besteht. Vor der Erfindung Gutenbergs wurden Schriftstücke durch Mönche oder Berufsschreiber handschriftlich verfasst. In Gutenbergs Kindheit waren der Stempeldruck und der Holzschnitt weit verbreitet, jedoch vereinte und verbesserte Gutenbergs neue Erfindung diese Vorgängermodelle. Mit der Druckhebelpresse konnten Texte wesentlich schneller gedruckt werden. Der Buchdruck mit beweglichen Lettern verbreitete sich explosionsartig in ganz Europa.

Der Buchdruck hatte in vieler Hinsicht Vorteile, zog aber auch einige Nachteile mit sich. Einer der größten Vorteile war, dass der Buchdruck die Grundlagen der heutigen Wissensgesellschaft legte und entscheidend zur Entfaltung der Massenbildung und Wissenschaften beitrug. Andererseits ging durch dieses „neumodische“ Verfahren die Sorgfalt und Qualität der handschriftlichen Dokumente verloren. Durch den Buchdruck veränderten sich die Medienlandschaft, das Sozialverhalten der Bevölkerung und sogar die deutsche Sprache.

6.4 Propaganda und das einfache Volk

In der Frühen Neuzeit wurde sowohl Propaganda über und für einfache Leute als auch über Adelige und Kleriker verfasst. Oft spielten Bauern in der Symbolfigur des „Karsthans“ eine wichtige Rolle. Jener Karsthans repräsentierte den streitbaren Bauern. Die „Beschreibung der göttlichen Mühle“ von 1521 ist ein

Beispiel für Propaganda über einfache Leute. Diese Flugschrift handelt von dem Gespräch zweier schweizerischer Bauern, die die Zeitläufe interpretieren und scharf gegen die römische Kirche Stellung beziehen.

Abb. 5: Ein Holzschnitt, der die Göttliche Mühle und verschiedene gesellschaftliche Schichten darstellt.

Auf dem Titelblatt der Flugschrift sieht man am linken Bildrand die Göttliche Mühle, die für das Abendmahlswunder steht, und verschiedene Personen. Links oben im Bild schaut Gott vom Himmel her auf die Menschen herab.

Neben der Mühle steht Jesus, der die vier Evangelisten Matthäus, Markus, Lukas und Johannes sowie Petrus in die Mühle schüttet. Sie stellen somit das Korn des Gotteswortes dar, weil sie Gottes Wort, die Bibel, weiterverbreiten.

Heraus kommt das Mehl. Dies sind die drei Kardinalstugenden Glaube, Hoffnung und Liebe.

Sie werden von Erasmus, einem niederländischen Gelehrten und Theologen, der sich mit der Bibelübersetzung und der Spaltung der christlichen Kirche auseinandersetzte, in einen mit einem Mühlrad und einem Kreuz gekennzeichneten Sack gefüllt.

Hinter Erasmus sieht man Luther an einem Behälter knien. Er ist gerade dabei, Druckschriften zu formen, welche er an einen unbekannten Geistlichen weitergibt.

Dieser will die Schriften bzw. Bücher den Repräsentanten der katholischen Kirche übergeben. Sie stehen am rechten Bildrand und man erkennt unter ihnen Papst Leo X., der eine Krone und ein Zepter trägt.

Die katholischen Kleriker lassen die Schriften aber fallen. Außerdem kreist über ihnen ein Vogel, der den Höllenvogel symbolisiert. Im Zentrum des Bildes erhebt sich der Karsthans mit einem Dreschflegel. Sein Blick ist auf die Katholiken gerichtet und er scheint diese niederschlagen zu wollen.

Das Bild stellt die katholische Kirche zweifellos schlecht dar. Diese wird von dem Höllenvogel umschwirrt und nimmt nicht an, was Martin Luther, der von Gott geleitet wird, ihnen übermitteln will. Sie ist im Bild auch am weitesten von Gott entfernt. Des Weiteren zeigt die Flugschrift, was Flugschriften bewirken sollen, nämlich dass sich der gemeine Mann oder Bauer, repräsentiert durch den Karsthans, gegen die katholische Kirche wehren und für die „richtige“ Lehre einstehen soll.

Propagandistische Texte stammten nicht nur von Gelehrten, sondern auch Frauen traten gelegentlich als Flugschriftenautorinnen hervor. Die erste Frau, die öffentlich das Wort ergriff, war Argula von Grumbach, eine bayrische Adelige (1492–1554). Sie verfasste ein Schreiben gegen die Universität Ingolstadt, da sie den jungen Magister Seehofer zur öffentlichen Widerrufung der Wittenberger Lehre gezwungen hatten. Es folgten weitere Flugschriften von Katharina Schütz-Zell (1497–1562) und Ursula Weyda (ca. 1504–1565).

6.5 Propaganda und die höheren Schichten

Nicht nur über das Volk, die niederen Schichten, sondern auch über Adel und Klerus, die höheren Schichten, wurde Propaganda verfasst. Zum einen waren die meisten Flugschriftenautoren Adelige oder Kleriker. Denn gerade der Klerus versuchte, die Menschen von seinem

Standpunkt zu überzeugen und eine totale Reformation zu verhindern. Zum anderen kamen in frühneuzeitlichen Schriften oft Repräsentanten des Klerus, wie z. B. der Papst oder eine Gruppe katholischer Theologen vor. Auch diese wurden sowohl positiv als auch negativ dargestellt.

6.6 Analyse nach Scribner

Wie bereits betont war die Alphabetisierungsrate in der Frühen Neuzeit noch sehr niedrig, was bedeutet, dass nur wenige Menschen im Volk lesen und schreiben konnten. Die kleinste Bevölkerungsschicht, der Klerus, war die am meisten gebildete. Die Theologen lasen viele Bücher, wie zum Beispiel die Bibel, die meist auf Lateinisch verfasst waren. All diese Texte waren für die breite Masse des Volkes nicht verständlich. Die Leute konnten Informationen nur durch mündliche Überlieferungen oder Bilder erfahren. Hierbei spielten die Flugschriften eine wichtige Rolle, die häufig mit vielen Bildern illustriert waren. Außerdem waren auf frühneuzeitlichen Flugblättern Bild und Text vorhanden. Die visuelle Propaganda war für die einfachen Leute bestimmt, die Texte für die höheren, gebildeten Schichten.

Scribners Theorie lässt sich auf das Flugblatt „Luther mit Sackpfeife“ anwenden, das weiter oben bereits nach Panofskys Methode analysiert wurde. Selbst die einfachen Leute konnte die Grundaussage dieses Flugblattes auch ohne den zugehörigen Text verstehen. Diese besagt, dass Luther vom Teufel geleitet wird und die „falsche“ Lehre verbreitet. Das Flugblatt soll bewirken, dass Luthers Lehre kein Glauben mehr geschenkt wird. Diesen Schluss ziehen die Analphabeten aus dem Bild, auf dem sie den Teufel auf Luther sitzend sehen. Die Gelehrten konnten zusätzlich den zugehörigen Text lesen.

7. Propaganda im Dritten Reich

Laura Osswald und Hannah Schork

Nachdem wir uns in der ersten Kurswoche schwerpunktmäßig mit der Propaganda der Frühen Neuzeit beschäftigt hatten, machten wir nun einen großen Zeitsprung in das 20. Jahrhundert. Wir befassten uns hauptsächlich mit der Propaganda im Dritten Reich. Diese assoziiert man vielleicht auch als erstes mit dem Begriff „Propaganda“.

7.1 Das Dritte Reich – Hintergründe

Der Tod des Reichspräsidenten Paul von Hindenburg am 2. 8. 1934 und die Übergabe dieses Amtes an Adolf Hitler, der somit Reichskanzler und Reichspräsident war, stellte die endgültige Machtübernahme der Nationalsozialisten dar. So wurde die NS-Ideologie im ganzen Reich verbreitet. Diese Ideologie wurde von Hitler in seinem Buch „Mein Kampf“ beschrieben. Sie umfasste das Führerprinzip, unter dem die Diktatur einer einzelnen Person als Staatsoberhaupt verstanden wird. Zudem gab es die Rassenlehre, eine Pseudowissenschaft, die die Menschen in Rassen verschiedenen Wertes aufteilte und einen Kampf zwischen den Rassen herausforderte. Außerdem gehörte die Lebensraumideologie dazu, die für die „starke deutsche Rasse“ Lebensraum im Osten beanspruchte und im Zweiten Weltkrieg gipfelte. Auch war der Antisemitismus, der Judenhass, Teil der Ideologie.

7.1.1 Antisemitismus

Judenfeindlichkeit gibt es schon seit etwa 2500 Jahren. In der Zeit des Dritten Reichs erreichte sie aber mit einem ausgeprägten, vom Staat legitimierten Antisemitismus ihren Höhepunkt. Der Antisemitismus ist eine Unterform der Judenfeindlichkeit und bezeichnet die Juden als „unreine Rasse“. Sie wurden „Schmarotzer“ und „Parasiten“ genannt und man warf ihnen die Zerstörung Deutschlands vor. Im Gegensatz zu dem Juden gab es den blonden, blauäugigen Arier, der die reine, deutsche Rasse verkörperte.

„Nichtarier“ wurden ab 1933 durch den sogenannten „Arierparagraphen“ (7. 4. 1933) vom öffentlichen Dienst ausgeschlossen und zum sofortigen Ruhestand gezwungen. Der Paragraph war Teil des Gesetzes „zur Wiederherstellung des Berufsbeamtentums“.

Zur Kennzeichnung mussten alle Juden ab September 1941 den Judenstern tragen. Es herrschte absolute Tragepflicht, bei Nichteinhaltung wurden die Juden verhaftet. Auch jüdische Wohnungen wurden gekennzeichnet. Dies war eine öffentliche Diskriminierung der Juden.

Abb. 6: Judenstern

7.1.2 Holocaust

Als Holocaust wird die staatlich organisierte Vernichtung der Juden in den Konzentrationslagern bezeichnet. In diesen wurden auch Minderheiten wie Behinderte oder Sinti und Roma ermordet. Außerdem wurden politische Gegner verfolgt. Insgesamt kamen in den Konzentrationslagern etwa 5,6 Millionen Menschen um.

7.1.3 Jugend

Schon von klein auf wurde Kindern und Jugendlichen die NS-Ideologie eingeflößt. Dies geschah zum Beispiel durch Kinder- und Jugendzeitschriften, aber vor allem in Organisationen wie der Hitlerjugend oder dem Bund Deutscher Mädel. Jungen wurden stets zu Soldaten und Mädchen zu Müttern erzogen. Auch die Darstellung der Juden als Volksfeinde begann früh.

7.1.4 Zweiter Weltkrieg (1939–1945)

Der Grund für den Beginn des Zweiten Weltkriegs war, dass Hitler „Lebensraum im Osten“ suchte. Deutschland, Italien und Japan wurden im Krieg in Anspielung auf den Dreimächtepakt „Achse Berlin-Rom-Tokio“ als „Achsenmächte“ bezeichnet, während Großbritannien, Frankreich, die USA und die Sowjetunion am Ende des Krieges „Alliierte“ genannt wurden. 1945 wurde Deutschland durch die Alliierten besetzt. Am 30. April / 1. Mai begingen Adolf Hitler und Joseph Goebbels Selbstmord. Schließlich folgte die bedingungslose Kapitulation Deutschlands am 8. Mai 1945.

Die Kriegsberichte waren stets verfälscht, der Überfall auf Polen 1939 beispielsweise wurde als „gerechte Strafaktion“ bezeichnet. Um die deutsche Bevölkerung zu mobilisieren, wurde der Krieg als Bewährungsprobe und Abenteuer bezeichnet, andere Nationen wurden verspottet. Wichtig in den Berichten war auch die sehr häufige Verwendung des Wortes „WIR“, um die Bevölkerung zu einem „Willensblock“, also einer Einheit mit dem gleichen Willen, zusammenzuschweißen.

7.2 Das Reichsministerium für Volksaufklärung und Propaganda (RMVP)

Das „Reichsministerium für Volksaufklärung und Propaganda“, welches am 13. März 1933 nach dem Erlass des Reichspräsidenten Hindenburg gegründet wurde, wurde als zentrale Institution für NS-Propaganda geschaffen. Dieses Ministerium war unter anderem zuständig für Film, Musik, Kunst, Theater, die Presse und den Rundfunk, verfasste Berichte über das Verhalten der Bevölkerung und stand unter der Leitung des Propagandaministers Joseph Goebbels. Dieser übte von dieser Position aus die Kontrolle auf alle Massenmedien in ganz Deutschland aus. Zudem übernahm das RMVP zahlreiche Aufgabenbereiche anderer Ministerien.

Hinzu kommen die Auflösung regionaler Rundfunkanstalten und die Angliederung an die dem RMVP unterstellten Reichs-Rundfunk-Gesellschaft. 1939 veranlasste Goebbels die Einführung der Bezeichnung des Großdeutschen Rundfunks, welcher ab Juni 1940 ein einheitliches Programm für das gesamte Reich sendete.

7.2.1 Die Reichspressekonferenzen

Als Hauptinstrument der Presselenkung wurde die täglich stattfindende Reichspressekonferenz genutzt. Zu jener waren ausgewählte Pressevertreter geladen und erhielten detaillierte Instruktionen, welche Meldungen sie in den öffentlichen Medien zu publizieren hatten. Nach Sichtung der entsprechenden Artikel wurden diese zensiert und darauf folgte ein Lob oder Tadel von Seiten des Ministeriums. Die Teilnehmer dieser Konferenzen waren verpflichtet, strikte Anweisungen zu befolgen. Nach der Ausführung mussten jene umgehend vernichtet werden, um Spuren zu verwischen.

7.2.2 Absicht

Dies alles geschah unter dem angeblichen Vorwand Hitlers, die deutsche Bevölkerung genügend aufzuklären. Zu der Absicht der Gründung des Reichsministeriums für Volksaufklärung und Propaganda gab Goebbels eine öffentliche Erklärung ab. Nach dieser diene das Ministerium der nötigen psychologischen Vorbereitung der deutschen Bevölkerung auf den geplanten Krieg.

7.3 Die Sportpalastrede

Die Sportpalastrede wurde am 18. Februar 1943 vom deutschen Reichspropagandaminister im Berliner Sportpalast gehalten, in jener er das deutsche Volk zum „totalen Krieg“ aufruft.

7.3.1 Hintergründe

Die Sportpalastrede gilt als Paradebeispiel der NS-Propaganda. Hintergrund war der Versuch, das deutsche Volk, trotz der Niederlage in der Schlacht um Stalingrad, zu überzeugen, den Zweiten Weltkrieg weiterzuführen. Als Argumente zur Legitimation des Krieges führte Goebbels unter anderem die Notwendigkeit der Bekämpfung der Kriegsgegner, welche Rache an den Deutschen nehmen würden, an. Darüber hinaus ging er auf die Vernichtung der Juden und des Bolschewismus ein. Außerdem verkündete er, dass es heldenhaft sei, jetzt weiterzukämpfen, aufgrund der Tatsache, dass ihnen der Krieg von ihren Feinden „aufgezwungen“ wurde.

Abb. 7: Sportpalastrede 18. 2. 1943

7.3.2 Aufbau der Rede

Zu Anfang der Rede sprach Goebbels dem deutschen Volk ein Lob aus und betonte, dass es stark sei und die volle Wahrheit vertrage. Im folgenden Teil bezeichnet er den Krieg als Kampf gegen die Bedrohung, die auf die deutsche Nation und ganz Europa abzielt.

Anschließend stellte er Hypothesen auf, die von einer von der Sowjetunion ausgehenden Gefahr ausgehen. Danach verkündete er, dass die Anwesenden im Saal die gesamte Nation repräsentieren. Jedoch waren zu dieser Versammlung ausschließlich Parteimitglieder geladen. Er führte die Rede mit zehn rhetorischen Fragen zum Vorhandensein der Kampfbereitschaft fort, die die im Saal Anwesenden mit einem euphorischen lautstarken „Ja!“ beantworteten. Einige dieser rhetorischen Fragen richten sich gegen die Briten und stellen sie als Lügner dar. Gegen Ende der Sportpalastrede appelliert Goebbels an das deutsche Volk, es müsse vollen Einsatz zeigen, damit der Führer ebenso stolz auf sie sein könne, wie sie auf ihn sind. Abgeschlossen wird die Rede mit der Parole „Nun Volk steh auf, und Sturm brich los!“. Durch dieses Zitat aus dem Gedicht „Männer und Buben“ von Theodor Körner ruft er die deutsche Nation dazu auf, sich vollkommen auf den Krieg einzulassen. Der Parallelismus, der in diesem Satz vorhanden ist, spielt auf den nationalsozialistischen Begriff „Volkssturm“ an.

7.3.3 Rhetorische Mittel

Zur Unterstützung seiner Absicht, die Nation mit dieser Rede zu beeinflussen und zu überzeugen, verwendet Joseph Goebbels rhetorische Mittel. Einerseits verwendet er eine Reihe von Superlativen und baut Klimaxe ein (wie „zehn, zwölf und [. . .] sechzehn Stunden“). Dadurch untermauert er die Notwendigkeit der Bereitschaft, dem Führer zu dienen.

Zudem wiederholt er immerzu gleiche Aussagen und verwendet häufig dieselben Wörter und Formulierungen. Darüber hinaus erzielt er durch die Verwendung von dem Personalpronomen „wir“ eine emotionale Bindung und untermauert damit, dass jeder betroffen ist und dass sie alle eine Einheit bilden. Einige Formulierungen schüren Ängste. Außerdem verwendet Goebbels zahlreiche Übertreibungen und einseitige Formulierungen.

Durch die Verwendung all dieser rhetorischen Mittel erzielt er eine Gleichschaltung des deutschen Volkes, eines der wichtigsten Ziele der Nationalsozialisten. Darunter versteht man die Vereinheitlichung einer ganzen Nation in allen Lebensbereichen.

7.4 Anwendung der ikonologischen Methode am Plakat „Wenn du dieses Zeichen siehst . . . “

Dieses nationalsozialistische Propagandaplakat wird nun mithilfe der ikonologischen Methode nach Erwin Panofsky analysiert.

Man kann mithilfe der vorikonografischen Bedeutung erkennen, dass der Hintergrund graue Häuser zeigt. Darüber ist in diagonaler, weißer Schrift der Satz „Wenn Du dieses Zeichen siehst . . . “ zu sehen. In der rechten unteren Ecke des Bildes ist auf rotem Grund ein gelber, sechseckiger Stern mit der Aufschrift „Jude“ dargestellt.

Ikonografisch gesehen stellen die Häuser möglicherweise die Häuser der Juden dar. Die rote Farbe hat eine Signalwirkung und verstärkt den Kontrast zum Gelb des Sterns. Der Stern selbst ist ein Davidsstern, das Symbol des Judentums. Das Wort „Jude“ mit schwarzen, nach links geschwungenen Buchstaben ahmt die hebräische

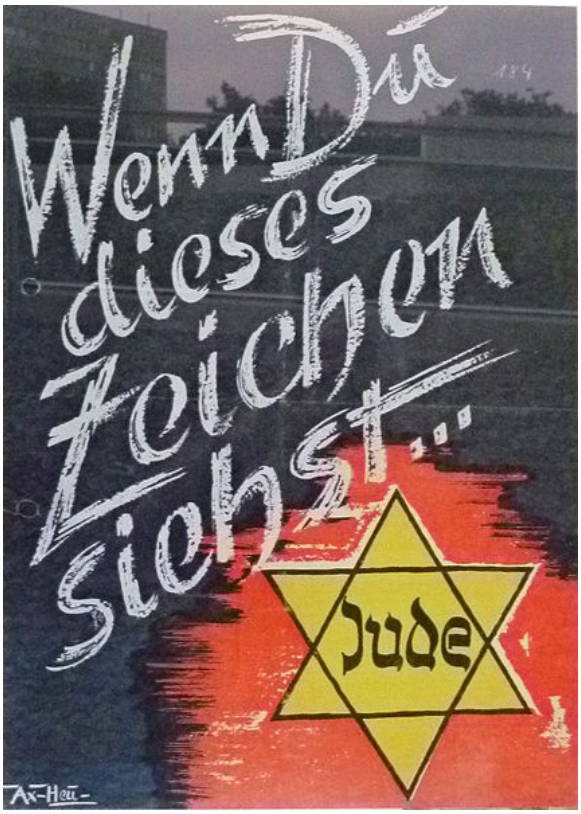


Abb. 8: Nationalsozialistisches Propagandaplakat

Schrift nach und steht im Gegensatz zu den weißen, geraden Buchstaben des Satzes „Wenn du dieses Zeichen siehst . . . “

Ikonologisch analysiert stellen die grauen Häuser im Hintergrund vermutlich die trostlose Umgebung dar, in der Juden angeblich wohnten. Der Stern ist der Judenstern, also ein Davidsstern, den alle Juden tragen mussten, um sich zu kennzeichnen (siehe oben). Die nach links geschwungene Schrift ist nicht nur eine Imitation, sondern eine Verhöhnung der hebräischen Schriftzeichen. Der Satz „Wenn du dieses Zeichen siehst . . . “ ist eine Warnung vor den Juden. Sobald Deutsche „dieses Zeichen“, also den Judenstern, sahen, sollten sie aufpassen, da die Juden hinterlistig und böse seien. Das wird nicht direkt gesagt, denn der Satz hört ja mit drei Punkten auf. Trotzdem ist die Botschaft klar, denn die NS-Ideologie war der ganzen Bevölkerung bekannt.

Propaganda kann nicht nur in Form von Plakaten und Flugblättern übermittelt werden, sondern auch durch Film und Musik.

8. Audio-visuelle Propaganda

Jennifer Miess und Nils Pieper

8.1 Die Rolle von Musik als/in Propaganda

Bisher haben wir uns überwiegend mit schriftlichen bzw. visuellen Quellen beschäftigt, doch auch die Musik kann gezielt zur Gesinnungsänderung eingesetzt werden. Im Dritten Reich wurden Musik und Film maßgeblich zur Unterstützung der Propaganda genutzt. In einer Kursschiene haben wir uns mit der nicht zu unterschätzenden Rolle von Musik in der Propaganda beschäftigt.

Dazu haben wir uns das Stück „Les Préludes“ des österreich-ungarischen Komponisten Franz Liszt (1811–1886) angehört. Wir waren uns alle einig, dass dieses Stück eine Geschichte erzählt, deren emotionale Wirkung bzw. Bedeutung individuell interpretiert werden kann. Wir stellten uns die Frage, ob dieses Stück alleine schon Propaganda sein kann. Diese These wurde kontrovers diskutiert; wir konnten nur eines mit Sicherheit sagen: Musik kann Propaganda in jeglicher Form unterstützen. Ein Beispiel dafür ist die Wochenschau im Dritten Reich, aus welcher wir uns Ausschnitte ansahen. Im Hintergrund der Nachrichten von der Front wurden Ausschnitte aus dem Stück Franz Liszts abgespielt – natürlich möglichst passend. Ein Beispiel: Wenn marschierende Soldaten im Zusammenhang mit einem Sieg gezeigt wurden, hörte man vor allem marschähnliche und euphorische Ausschnitte. Mit melancholischen oder eher ruhigen Teilen wurden die Nachrichten nicht unterlegt.

Außerdem gab es zur Zeit des Dritten Reiches eine strenge Zensur durch die Regierung, welche Musik gehört werden durfte, und welche nicht. Es gab einen einheitlichen Radiosender für alle Bürger und dieselben Lieder wurden wie in einer Dauerschleife wiederholt, bis sie sich endgültig in das Gedächtnis der Menschen eingebrannt hatten und mit einem bestimmten Geschehnis in Verbindung gebracht wurden. Es wurden ausschließlich klassische Musik und hauptsächlich enthusiastische Fanfaren, Märsche oder Ausschnitte aus Sonaten gespielt, um einen Stolz im deutschen Volk zu wecken, der durch nichts erschüttert werden kann.

An dieser Stelle möchten wir Johannes, dem Leiter der Musik-KüA, danken, dass er uns so toll durch dieses Thema geführt hat.

8.2 Die Rolle von Filmen in der Propaganda

Ebenso haben wir uns mit dem Thema befasst, ob Filme Propaganda sein können. Diese Frage konnten wir recht schnell beantworten, da z. B. ein Aufgabenbereich des RMVP (Reichsministerium für Volksaufklärung und Propaganda) im Dritten Reich die Kontrolle der Filme in Deutschland war. Doch uns war noch nicht klar, in welch gigantischem Ausmaß damals audiovisuelle Propaganda betrieben wurde.

Der antisemitische Film „Jud Süß“, der als das „Meisterwerk Joseph Goebbels“ galt, wurde als typischer Unterhaltungsfilm von der nationalsozialistischen Regierung in Auftrag gegeben, um die Menschen effektiv manipulieren zu können. Der Inhalt besteht darin, dass ein Jude namens Joseph Süß Oppenheimer sich durch Schmeicheleien die Gunst eines Herzogs erschleicht. Sein Ziel ist es, dessen Tochter heiraten zu dürfen und eine möglichst angesehene Stellung in dessen Reich zu erhalten.

Abb. 9: Titelbild „Jud Süß“, erschienen 1940. Regie: Veit Harlan, Hauptrolle: Ferdinand Marian

Durch perfide und bösartige Aktionen wird immer wieder der angeblich hinterhältige und verdorbene Charakter der Juden hervorgehoben. Am Ende wird Oppenheimer wegen „Erpressung, Wuchers, Ämterhandels, Unzucht, Kuppelei und Hochverrats“ gehängt. Dieses Ende wurde damals von dem antisemitischen RMVP

zum „Happy End“ erklärt. In einer kurzen Rede des Pfarrers am Schluss wird der allgemeine Judenbann verkündet und die Todesstrafe für Juden somit legitimiert.

Als zweites Beispiel diente eine kurze amerikanische Episode von Donald Duck namens „Der Fuehrer's Face“ (1943), die die Nationalsozialisten und Hitler verhöhnt. In dem Kurzfilm geht es um den amerikanischen Zeichentrickcharakter Donald Duck, der träumt, dass er in Nazi-Deutschland lebt. Es wird auffallend oft das Hakenkreuz gezeigt. Jeder, der ein Bild von Hitler sieht, muss grüßen. Donald arbeitet die meiste Zeit in einer Waffenfabrik, wobei die unmenschlichen Bedingungen hervorgehoben werden. Am Ende sieht man, wie Donald zu Hause aufwacht und einen Schatten an der Wand sieht. Aus Instinkt grüßt er, doch dann stellt sich heraus, dass es nur der Schatten seiner Freiheitsstatue war. Erleichtert steht er auf und küsst seine Statue. Anzumerken ist hier, dass Amerika genauso patriotisch dargestellt wird wie Deutschland (z. B. Schlafanzug und Gardinen als amerikanische Flagge), nur werden hier die verwendeten Motive positiv dargestellt.

Abb. 10: Szenen aus „Der Fuehrer's Face“ (alle Rechte bei Walt Disney 1943)

Der Film ist zwar auf Englisch, doch es werden deutsche Wörter verwendet, wie z. B. „Führer“ oder der Hitlergruß („Heil Hitler!“). Außerdem wird Adolf Hitlers Buch „Mein Kampf“ kurz eingeblendet. Hitler wird als deutscher Gott dargestellt.

Diese Episode wurde nicht nur für Kinder konzipiert, sondern durch gezielte Informationsstreuung wurden die Erwachsenen ebenfalls angesprochen.

Als wir erfuhren, dass wir einen Film von Donald ansehen sollen, dachten wir als erstes an die harmlose, tollpatschige Ente. Mit diesem Gedanken spielt der Propagandist: Es wurden wie erwartet Lacher eingebaut und so platziert, dass Nazi-Deutschland lächerlich gemacht wird und der Film wie beiläufig witzig wirkt. Und zwar genau so, wie der Propagandist es beabsichtigte.

Beide Filme zeigen, wie das Volk – sowohl in Deutschland als auch in anderen Ländern – durch vermeintlich harmlose Inhalte zu einer einheitlichen Meinung manipuliert wurde (siehe Gleichschaltung). Außerdem wurde mit Stereotypen und stark vereinfachten Sachverhalten gearbeitet, was man in einer klaren Trennung zwischen „gut“ und „böse“ erkennen kann.

Als Ergebnis unserer Diskussionen kamen wir zu dem Schluss, dass sowohl Musik, als auch Filme wichtige Propagandamittel sind.

9. Kursinterne Exkursion ins Hauptstaatsarchiv Stuttgart

Wie die anderen Kurse auch, haben wir am Montag der zweiten Woche eine Exkursion unternommen. Da wir uns im Kurs überwiegend mit Quellen beschäftigt haben, hat es sich angeboten, an den Ort zu fahren, an dem diese aufbewahrt werden – ins Hauptstaatsarchiv nach Stuttgart. Dort hat uns Dr. Nicole Bickhoff, die Leiterin des Archivs, die Institution gezeigt und uns erklärt, wie diese Einrichtung funktioniert.

Um nicht unter Zeitdruck zu geraten, haben wir gleich früh am Morgen die Regionalbahn vom Bahnhof Adelsheim-Ost nach Stuttgart genommen. Dort angekommen sind wir mit der U-Bahn zum Charlottenplatz gefahren und kämpften uns von dort durch den Verkehr zum Archiv.

Im Archiv wurden wir gleich sehr freundlich von Dr. Bickhoff empfangen. Bevor jedoch die Führung startete, machte sie uns mit den Aufgaben des Hauptstaatsarchivs vertraut. Sie erklärte uns, dass dieses Archiv die Unterlagen und Dokumente der Landesregierung, der Ministerien und des Staatsgerichtshofes, verwaltet und aufbewahrt. Des Weiteren müssen die Archivare über die Archivrelevanz jedes einzelnen Dokumentes entscheiden, also darüber, ob es

aufbewahrt werden soll, oder nicht. Diese Aufgabe ist sehr verantwortungsvoll, denn die Aufgabe eines Archivs ist es, wichtige Aufschriebe für die Forscher der Nachwelt zu erhalten. Auch müssen die Archivare bedenken, dass nicht relevante Dokumente vernichtet werden, und so für immer verloren sind.

Das Archiv widmete dem „Armen Konrad“ (ein Bauernaufstand in Württemberg) zum 500-jährigen Jubiläum eine kleine Ausstellung. Ein FSJler, der im Archiv ein freiwilliges kulturelles Jahr machte, führte uns durch die Ausstellung und präsentierte uns eine Propagandaschrift aus dieser Zeit, was er wirklich toll machte. Die Propagandaschrift war ein vierseitiges Dokument, mit dem Herzog Ulrich versuchte, seine neuen Gewichte und Steuern, wegen denen der Aufstand ausgebrochen war, zu verteidigen.

Nun wurden wir in die Bereiche geführt, die sonst der Öffentlichkeit verschlossen sind. Wir begannen mit der Restaurationswerkstatt. Hier werden alte Dokumente und Bücher restauriert und gereinigt, die durch Wasser, Tiere oder Tintenfraß der Eisengallustinte beschädigt wurden. Die Eisengallustinte ist eine eisenhaltige Tinte, die bis Mitte des 20. Jahrhunderts üblicherweise benutzt wurde. Bei schlechter Verwendung der Materialien oxidierte das Eisen und fraß sich durch das Papier. Das Restaurieren solch beschädigter Dokumente braucht sehr geschickte Hände und viel Geduld, wie uns der Restaurator erklärte.

Abb. 11: Vom Tintenfraß beschädigtes Buch in der Restaurationswerkstatt

Er zeigte uns auch beschädigte Dokumente, an denen er gerade arbeitete. Wir waren von dieser Werkstatt und Arbeit sehr fasziniert, was man daran merkte, dass wir viele Fragen zu seiner Arbeit, den Methoden und Techniken stellten.

Danach sind wir in das Herzstück des Archivs gegangen – in die Magazine im ersten und zweiten Untergeschoss. Hier werden die Dokumente aufgehoben. Insgesamt fassen die Magazine eine Regallänge von über 25 Kilometern, in denen zum Teil Bücher und Urkunden aus dem achten Jahrhundert lagern. Solch eine Urkunde zeigte uns Dr. Bickhoff. Wir waren alle beeindruckt von dieser Urkunde, da sie so fragil aussah und es unglaublich schien, dass sie bis heute überlebt hat. Zum Schluss durften wir noch durch die Regalreihen laufen, bevor die Führung ihr Ende nahm.

Am Nachmittag hatten wir in Stuttgart noch zwei Stunden Freizeit, bevor wir nach Adelsheim zurückfuhren. Diese Zeit konnten wir mit einkaufen, entdecken oder einfach nur ausruhen verbringen.

Leider ging auch dieser Tag viel zu schnell vorbei. Uns hat es allen großen Spaß gemacht und wir wären sehr gerne länger geblieben, um mehr zu erfahren. Wir möchten uns auch noch bei Dr. Bickhoff und ihren Mitarbeitern bedanken, die uns einen sehr interessanten und allumfassenden Einblick in ein Archiv gegeben haben. Sie haben auch bei einigen von uns das Interesse geweckt, ein Praktikum im Archiv zu machen.

10. Fazit und offene Fragen

Nachdem wir uns in den letzten zwei Wochen mit Propaganda aus der Frühen Neuzeit und dem 20 Jhr. sowie Propaganda in Film bzw. Musik beschäftigt und uns ein Archiv angesehen haben, kommen wir wieder auf unsere Kursthese zurück: „Propaganda ist ein modernes Phänomen“. Diese These können wir, auch nach zwei Wochen allumfassender Arbeit, weder widerlegen noch bestätigen.

Wir haben uns viel mit der Frühen Neuzeit beschäftigt und festgestellt, dass es schon im 15. und 16. Jahrhundert Propaganda im großen Stil gab. Dennoch unterscheidet sich diese von der Propaganda in der NS-Zeit und zu der in heutigen Konflikten, da diese unter anderem

neuere Medien, wie z. B. das Internet, nutzt. Auch haben wir uns mit dem Thema Rhetorik beschäftigt und erfahren, dass die Rhetorik ihren Ursprung im alten Griechenland hat. Da hat sich uns die Frage gestellt: „Gab es auch schon Propaganda in der Antike?“.

Neben dem Inhalt lässt auch schon die Ausformulierung der These einen gewissen Spielraum offen – „Was ist modern?“. Einige Teilnehmer aus unserem Kurs waren der Meinung, dass die komplette Neuzeit, also auch schon die Frühe Neuzeit, als modern bezeichnet werden kann. Andere wiederum waren der Meinung, dass die „moderne“ Zeit mit der industriellen Revolution beginnt, in der sich die technischen Fortschritte rasant weiterentwickelten.

Eine weitere Frage, die wir in unserem Kurs nicht vollständig beantworten konnten, war: „Was ist Propaganda und was ist Werbung?“. Der Unterschied zwischen Werbung und Propaganda ist sehr gering, da beide ähnliche Wege und Methoden benutzen, um zu ihren Zielen zu kommen.

Um sich zu unserer These eine vollständige Meinung bilden zu können, hätten wir mehr Zeit benötigt und auch noch andere Epochen behandeln müssen. So kann aber jetzt jeder, der Lust hat, sich näher informieren und versuchen, alle offenen Fragen zu beantworten. Diese offenen Fragen machen aber die Geisteswissenschaften aus, denn in diesem Bereich der Wissenschaft kann jeder Forscher zu der gleichen Frage unterschiedliche Antworten und Lösungen haben. Auf Grund dessen ist es möglich, nur einen geringen Teil der Sachverhalte vollständig zu klären.

Personenbeschreibungen

Der intelligenteste Kurs mit den sympathischsten und witzigsten Teilnehmern war natürlich der Kurs Geschichte-Germanistik (Achtung, das ist auch Propaganda!). Unser Kurs war nicht nur „relativ okay“ (Achtung, Insider!), sondern einfach genial. „Beim nächsten Mal . . . “ würden wir einfach alles genauso machen!

Wer war der Sonnenschein unserer Gruppe und kam immer super gelaunt in unseren Kursraum

Abb. 12: Unser Kurs in Stuttgart

(egal zu welcher Zeit)? Natürlich unsere **Laura**, die im Kurs immer aktiv dabei war und auf den Partys für gute Laune sorgte. Für ihre Lachflashs war sie in der ganzen Akademie bekannt und natürlich auch beliebt. Doch trotz der Ausgelassenheit war sie im Kurs wissbegierig und stets interessiert dabei.

Wer war stets mit Zauberwürfel anzutreffen? Natürlich unsere Sportskanone **Jenny**, die alle mit ihren Taekwondo-Künsten verblüffte und damit viele von uns in die Sport-KüA lockte. Durch ihre Diskussionsfreudigkeit und ihre präzisen Formulierungen war sie die Motivationsbombe für die Kursarbeiten.

Wer war unser Fels in der Brandung? Natürlich unser Diskuswerfer **Nils**, der in unserem Kurs den Ruhepol bildete und immer freundlich und höflich war. Als Stammgast in der Zeitungs-KüA war er ein bekanntes Gesicht in dem täglichen stattfindenden Plenum. Am Sportfest überraschte uns der sonst ruhige Nils mit seinen überragenden Leistungen beim Gummistiefelweitwurf.

Wer war zu jeder Zeit, egal ob Tag oder Nacht, ein Energiebündel? Natürlich unser **Adrian**, der mit seiner ehrlichen und humorvollen Art jeden im Kurs zum Lachen brachte. Trotz – oder gerade durch seine Ironie – brachte er neuen Schwung in die Kursschienen. Und zu guter Letzt bleibt nur eins zusagen, „damit“ wir den dauerheiseren Adrian in Erinnerung behalten.

Wer war nochmal das Schauspieltalent, das uns am Abschlussabend beim Theaterspielen über-

zeugte? Natürlich dieser ... Dinger ... **Chidi**! Ja Mann! Durch seine offene und herzliche Art gewann der Junge mit den Schafshaaren viele Sympathiepunkte, die sein Zuspätkommen mehr als wettmachten.

Wer war nochmal der Junge von der Klatsch-KüA? Natürlich der **Felix**, unsere Geheimwaffe beim Sportfest mit seinen Krücken. Durch seine mitreißende Art vorzutragen gewann er unsere volle Aufmerksamkeit und konnte durch seine Argumente jeden überzeugen. Er durchschaute die schwierigen Sachverhalte sofort, denn nicht einmal Foucault stellte ihn vor ein Problem.

Wer war nochmal die Schwäbin in unserem Kurs? Natürlich die **Mara**, die treibende Kraft der Gruppenarbeiten. Mit ihren wunderschönen Flechtfrisuren begeisterte sie alle, sogar die Jungs. Die Zeit, die sie für die Verschönerung der Frisuren von einigen Akademieteilnehmer/-innen investierte, war schon „arg lang“, sorgte aber auch für reichlich Komplimente.

Wer war nochmal unsere Konzertmeisterin im Kurs? Natürlich die **Soffie**, unsere erste Geige im Orchester, die am Hausmusikabend alle erstaunte. Mit ihrer freundlichen und offenen Art verbreitete sie immer gute Laune und jeder verstand sich mit unserer Soffie.

Wer war nochmal die Frutarierin aus dem Geschichte/Germanistik-Kurs? Natürlich unsere Baking-Queen **Hannah**, die sich stets gesund ernährte und dabei sogar auf die heißgeliebten Süßigkeiten verzichten konnte. Mit ihrer Hauptrolle im Theaterstück bewies sie uns allen, was für eine tolle Schauspielerin sie ist.

Wer war nochmal die Diskussionsfreudige aus Kurs 3? Natürlich die **Julika**, die uns mit ihrem Wissen über Propaganda und das Kursthema im Allgemeinen stark beeindruckte. Sie stand stets zu ihrer Meinung und konnte diese auch durch ihr zusätzliches Wissen toll herüberbringen.

Wer war nochmal die Expertin für das Dritte Reich unseres Kurses? Natürlich die **Veroooow**, die durch ihre niveauvollen Antworten die Kursarbeit entscheidend vorantrieb. Sie fragte immer kritisch nach und regte damit alle anderen zum Nachdenken an.

Wer war nochmal die Zeichenkünstlerin, die die Propaganda für unseren Kurs entwarf? Natürlich die **Elea** mit den schönen Augen. Sie konnte super referieren und brachte stets neue Ideen ein, wobei sie freundlich und gelassen blieb.

Wer war nochmal diese supernette, total liebe Schülermentorin? Natürlich die **Franzi**, die immer ein offenes Ohr für uns hatte. Sie kam immer gut gelaunt in den Kurs, behielt immer den Überblick und sorgte mit ihren Gummibärchenvorräten für gute Laune und neue Motivation im Kurs.

Wer war nochmal der Headbanger vom Abschlussfest? Natürlich unser Mr. Rock, **Sebastian**, der durch seine kompetente Art überzeugte. Obwohl er nicht frühstückte, war er immer motiviert im Kurs und brachte stets neue Feedbackideen ein. Er sorgte dafür, dass wir immer positiv eingestellt blieben und überzeugte uns mit seinen informativen Kurseinheiten.

Wer war nochmal dieser Oberlausitzer mit der höflichen englischen Art? Natürlich der **Martin**, dank dem wir jetzt wissen, wie die perfekte englische Aussprache klingt und dank dem wir im Kurs immer bestens mit englischen Süßigkeiten versorgt wurden. Er war immer für einen Lacher gut und brachte Schwung in den Kurs.

11. Quellenangaben

11.1 Literaturangaben

BENZ, Wolfgang: Geschichte des Dritten Reiches. München: Beck 2000

ERBE, Michael: Die Frühe Neuzeit. Stuttgart: W. Kohlhammer GmbH (Grundkurs Geschichte) 2007.

GRÜTTNER, Michael: Das Dritte Reich 1933–1939. (Handbuch der deutschen Geschichte Band 19). Stuttgart: Klett 2014.

GOERTZ, Hans-Jürgen: Antiklerikalismus und Reformation. Göttingen 1995; zitiert als: Goertz, Antiklerikalismus.

HARTWEG, Frédérec; WEGERA, Klaus-Peter: Frühneuhochdeutsch. Eine Einführung in die deutsche Sprache des Spätmittelalters und der frühen Neuzeit. Tübingen: Max Niemeyer Verlag (Germanistische Arbeitshefte, Bd. 33, hg. von Gerd Fritz und Franz Hundsnurscher), 2. Aufl. 2005.

HOFFMANN, Walter (Hg.): Das Frühneuhochdeutsche als sprachgeschichtliche Epoche. Frankfurt (M.), Berlin, u.a.: Lang Verlag, Werner Besch zum 70. Geburtstag, 1999.

KAUFMANN, Thomas: Geschichte der Reformation. Frankfurt/M.: Verlag der Weltreligionen im Insel Verlag 2009.

KÖHLER, Hans-Joachim (Hrsg.), Flugschriften als Massenmedium der Reformationszeit. Beiträge zum Tübinger Symposion 1980 (SMAFN 13). Stuttgart 1981.

LINKE, Angelika; NUSSBAUMER, Markus; PORTMANN, Paul: Studienbuch Linguistik. Tübingen: Max Niemeyer Verlag (Reihe Germanistische Linguistik, Bd. 121, hg. von Angelika Linke, Armin Burkhardt und Sigurd Wichter), 5. erw. Aufl. 2004.

PIPER, Ernst: Kurze Geschichte des Nationalsozialismus von 1919 bis heute. Hamburg: Hoffmann und Campe 2007.

POLENZ, Peter v.: Deutsche Sprachgeschichte. Vom Spätmittelalter bis zur Gegenwart (Bd. 1). Berlin u. New York: De Gruyter, 2. Aufl. 2000.

SCRIBNER, R.W.: For the sake of simple folk. Popular propaganda for the German Reformation. Cambridge University Press Cambridge 1981.

11.2 Bildnachweise

Abb. 1: Wikimedia
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mittelalterliches_Ständebild_15._Jahrhundert.png

Abb. 2: Wikimedia
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lutherbibel.jpg

Abb. 3: Wikimedia
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vier-Seiten-Modell_de.svg

Abb. 4: Wikimedia
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Teufels_Dudelsack.gif

Abb. 5: http://zwingliusredivivus.files.wordpress.com/2011/05/muhle.jpg

Abb. 6: Wikimedia / Daniel Ullrich CC BY-SA 3.0
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Judenstern_JMW.jpg

Abb. 7: Wikimedia / Bundesarchiv, Bild 183-J05235 / Schwahn / CC-BY-SA 3.0 DE
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bundesarchiv_Bild_183-J05235,_Berlin,_Großkundgebung_im_Sportpalast.jpg

Abb. 8: Wikimedia
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Berlin.Gestapo_Museum_024.jpg

Abb. 9: Wikipedia
http://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Jud_Süß_Logo_001.svg

Abb. 10: Filmszenen aus „Der Fuhrer's Face“ (alle Rechte bei Walt Disney 1943)

Abb. 11 und 12: Eigene Fotos

Kurs 4 – Mathematik/Informatik: Über Routenplaner, eingefärbte Landkarten und das Problem des Handlungsreisenden

Vorwort

Die Kursleiter

Graphentheorie – viele Schüler, die diesen Begriff hören, können nicht viel damit anfangen. Er lässt höchstens bei manchen die Abscheu zur Mathematik hörbar werden. Dabei ist dieses Thema ganz anders als jene, die man in der Schule behandelt. In unserem Kurs ging es weniger um lange und komplizierte Formeln, als um verschiedene, anwendungsbezogene und anschauliche Sachverhalte. Was genau sind diese „Sachverhalte“? Spätestens wenn man sich wieder einmal verfahren hat und hilflos versucht, mit einer Landkarte den Weg aus dem tiefsten Stadtgetümmel oder dem dunkelsten Wald zu finden, hilft in der heutigen Zeit nur noch eins: der Griff zum Navigationsgerät.

Doch wie berechnet ein Navigationsgerät einen kürzesten, billigsten oder ökologischsten Weg? Hier kommt die Mathematik der Graphentheorie ins Spiel. Genau mit diesem Thema beschäftigte sich unser Kurs im Rahmen der Science-Academy 2014 in Adelsheim. Schon am Eröff-

nungswochenende wurde auf spielerische Weise der erste Graph mithilfe eines Wollknäuels zwischen den Teilnehmern zum Erfassen ihrer Wohnorte aufgespannt. Im Rahmen der Sommerakademie entwickelte sich dies zu der Herausforderung, eine möglichst kurze Rundreise zwischen den Wohnorten aller Teilnehmer zu finden, wofür unter anderem ein Computerprogramm in der Programmiersprache Java geschrieben wurde. Dies ist nur ein Beispiel für das, was während der Akademie im Sommer zustande kam: Es wurde gezeichnet, gezählt, programmiert und bewiesen, bis die Köpfe rauchten. Dabei wurden nicht nur fachliche Probleme gelöst, sondern vor allem auch neue Freundschaften geschlossen.

An dieser Stelle möchten wir uns bei den Teilnehmern, die immer offen für Neues waren und kontinuierlich, aktiv und motiviert mitgearbeitet haben, für die angenehme und lehrreiche Kurszeit bedanken. Es waren zwei schöne Wochen im Sommer, aus denen hoffentlich jeder, angesteckt von der Begeisterung zur Mathematik, Informatik und Graphentheorie, etwas mitnehmen konnte und angeregt wurde, sich weiter mit diesen Themen zu beschäftigen.

Wer nun Lust an diesen interessanten Themen gefunden hat, der sei herzlich dazu eingeladen die folgende Dokumentation über unsere Spaziergänge mit Euler, das Besuchen von sieben Brücken im schönen Königsberg oder das systematische Drehen von farbigen Würfeln und noch vielem mehr aus unserer Kursarbeit auf sich wirken zu lassen.

Unser Kurs

Johanna Buck, Johanna Kaps

Die Teilnehmer

Amelie brachte mit ihrem warmherzigen Lächeln und ihrer Fröhlichkeit immer gute Laune mit in den Kurs. Auch sonst hatte man mit ihr viel Spaß und konnte häufig mit ihr lachen. Der durch und durch liebenswürdige Lockenkopf war im Fußballspielen erste Klasse, was sie in den Mittagspausen exzessiv auslebte. Lustig und einfach nett war sie immer für uns da.

Benjamin war allen mit seiner lustigen Art meist schon einen Schritt voraus, sowohl im Denken als auch im Reden. Er rätselte gern an Problemen und kam meist schnell zu einer guten Lösung. War man nicht ganz seiner Meinung, musste man sich ganz schön anstrengen, um ihn vom Gegenteil zu überzeugen. Mit seinen leicht provozierenden Worten „Beweis es mir!“ brachte er uns häufig zum Nachdenken und wir fragten uns oft, wo er die viele Energie zum Reden, Rätseln und Diskutieren hernahm.

Christian H. half uns allen auf seine logisch denkende Art viel im Kurs weiter. Auf ihn war stets Verlass bei Gruppenarbeiten, bei denen er uns gerne Sachen noch einmal erklärte, wenn wir sie noch nicht ganz verstanden hatten. Total entspannt kann er super vortragen und war daher ein gutes Vorbild bei den Präsentationen. Wir hatten mit ihm viel Spaß in unserem Kurs, in den er jeden Tag aufs Neue gut gelaunt kam.

Christian M. Neben unserem Preis vom Sportfest war Christian unser großzügiger Süßigkeiten- und Kuchenlieferant. Er hatte während der Science-Academy Geburtstag und teilte seinen Kuchen und das Geburtstagspaket seiner Eltern freigiebig mit uns. Doch nicht nur das: Mit seinen mathematischen Fähigkeiten und vor allem seinem Wissen in der Informatik war er einer der besten Programmierer unseres Kurses. Seine produktiven Ideen und sein großes Interesse an unserem Thema bereicherten den Kurs in jeder Hinsicht.

David Unser Programmier-Ass war eindeutig David. Unser bester und schnellster Informatiker hatte geniale Ideen für jegliche Problemstellungen. Seine Erklärungen danach waren immer so verständlich, dass er der Lieblingsgruppenpartner aller Kursteilnehmer war. Außerdem steckt ein ehrgeiziger Mathematiker in ihm: Er hat immer solange nachgedacht, bis er eine Lösung fand. Mit seinen Beiträgen und Talenten war er ein wirklich nettes und hilfsbereites Mitglied unseres Kurses, und wir konnten uns als Anlaufstelle für jegliche Fragen immer auf ihn verlassen.

Gözde war immer zur Stelle, wenn es etwas auf das Flipchart zu schreiben galt, da ihre Plakate eindeutig am besten und übersichtlichsten waren. Nicht zuletzt lag dies an ihrer perfektionistischen und pragmatischen Ader und natürlich an ihrer schönen Handschrift. Sie war immer gut drauf, hilfsbereit, offen und man konnte sie zu Allem begeistern. Mit ihrer direkten, aber netten Art hat sie unseren Kurs extrem bereichert und um einiges produktiver gemacht.

Jana ist aufmerksam, nett, schlau und hilfsbereit. Mit ihrer sympathischen Art war sie eine super Stütze in unserem Kurs. Egal welche mathematische Frage kam, Jana konnte sie beantworten. Selbstbewusst und zuverlässig war sie ein tolles Kursmitglied mit ständig guter Laune und immer bereit, uns mit ihrem Wissen im Kurs sowohl bei den Beweisen als auch beim Programmieren weiterzuhelfen. Zu ihren Stärken gehörte auf alle Fälle auch Präsentieren, was ihr besonders in der Abschlusspräsentation zugute kam.

Johanna B. brachte sich mit ihrer netten und freundlichen Art viel im Kurs ein. Super sympathisch und lustig hielt sie uns alle mit ihren Späßen bei Laune. Von unseren Kursleitern auch „Barbara“ genannt – um sie leichter von der anderen Johanna zu unterscheiden – machte sie so ziemlich jeden Blödsinn mit. Zusammen mit besagter anderer Johanna tauschte sie Namensschilder, war immer gut gelaunt und fröhlich – so kennen wir Johanna.

Johanna K. Die sommersprossige Johanna ist frech, quirlig und spaßig. Sie fand, besonders mit unserer anderen Johanna, den ganzen Tag etwas zu lachen. Schon von Anfang an konnte die aufgedrehte Fünfzehnjährige ihre Bewegungslust kaum in Zaum halten und hat dies deshalb mit Turnen auf der Wiese, beim Sportplatz und Fußballspielen ausgeglichen. Man konnte sich meist auf ihre gute Laune verlassen und viel Quatsch mit ihr machen. Mit der anderen Johanna zusammen hat sie unserem Schülermentor Frank ein neues Namensschild mit seinem erfundenen Zweitnamen „Horst“ gebastelt.

Julia war stets gut gelaunt und freundlich. In Mathe hatte sie den totalen Durchblick und konnte uns deshalb immer helfen und uns etwas erklären. Mit ihr ging es lustig zu und es hat Spaß gemacht, mit ihr zusammenzuarbeiten. Sie fragte sofort nach, wenn etwas unklar war und beeinflusste durch ihr unkompliziertes und freundschaftliches Verhalten unser Kursklima sehr positiv. Man traf sie oft beim Sport oder mit ihren Freunden. Durch ihre ruhige Art war sie einfach ein tolles Kursmitglied.

Karen hat alle Kursinhalte und vor allem das Programmieren besonders schnell verstanden. Neben ihrer selbstbewussten und ruhigen Art sowie ihrem mathematischen Wissen hatte sie ein großes Präsentationstalent: Bei unserer Abschlusspräsentation trat sie ohne jegliche Angst, frei und souverän auf. Außerdem konnte sie wahnsinnig gut Graffiti zeichnen. Doch auch der Sport kam bei ihr nicht zu kurz: Egal in welcher Mittagspause, Karen war immer bei der Tischtennisplatte anzutreffen und hat dort leidenschaftlich gespielt.

Niklas war immer gut gelaunt und war uns vor allem im Bereich Mathematik oftmals schon einen Schritt voraus: Er hat die Kursinhalte immer schnell verstanden und konnte Beweise besonders gut nachvollziehen. Leider war es ihm aus gesundheitlichen Gründen nur möglich, unseren Kurs bis zur Mitte der ersten Woche mit seinen regen Beiträgen zu bereichern.

Die Kursleiter

Daniel ist von der Science-Academy nicht mehr wegzudenken. Er hatte stets anschauliche Beispiele parat und half uns mit seinen ausführlichen Erklärungen bei Fragen weiter. Er brachte durch seine lustige Art jeden Tag gute Laune und viel Spaß mit in den Kurs. Daniel lehrte uns vor allem das Programmieren und hatte viel Geduld mit denen, die dabei mehr Probleme hatten. Doch auch über unseren Kurs hinaus war er immer aktiv: Als selbst sehr guter und begeisterter Fotograf bot er die Foto-KüA an. Außerdem sorgte er beim Grillen und beim Bergfest

mit seiner Gitarre und seiner Stimme für gute Laune. Daniel war ein super Kursleiter und wir alle beneiden seine Schüler darum, dass sie jeden Tag von seiner lustigen und hilfsbereiten Art profitieren können.

Unsere Kursleiter Tina und Daniel.

Frank war stets hilfsbereit: Beim Programmieren nahm er sich meist der langsamsten Gruppe an, führte uns kompetent in einige Unterthemen der Graphentheorie ein und spielte immer wieder den Laufburschen ins Akademieleitungsbüro. Beim Sportfest motivierte er uns so einmalig und laut, dass wir dank ihm gewinnen konnten. Frank war immer für jeden Quatsch zu haben und nahm es mit Humor, als wir ihm ein neues Namensschild mit der Aufschrift „Horst“ verpassten. Er wischte stets zuverlässig und mehr oder weniger sauber die Tafel und überraschte uns mit seiner musikalischen Ader am Hausmusikabend im Orchester. Er war durch und durch geduldig und nett zu uns und daher ein unschlagbar toller Schülermentor.

Tina Unsere junge Kursleiterin Tina weiß definitiv alles über Graphentheorie, was man wissen sollte. Sie hatte es mit uns zwar nicht immer leicht, doch zielstrebig und hochmotiviert schaffte sie es jedes Mal, uns etwas Neues beizubringen. Sie erklärte uns Sachverhalte so lange und geduldig, bis es auch der Letzte verstanden hatte. Mathematische Induktionsbeweise waren ihre Lieblingsart, uns die Graphentheorie näher zu bringen. Dabei schrieb sie gern und oft die Tafel voll. Sie war immer gut gelaunt, für uns da und erklärte uns wieder und wieder gerne alles, was wir noch nicht verstanden hatten. Auf ihre ruhige und genaue Art war sie einfach eine tolle Kursleiterin.

Beweistechniken

Johanna Buck, Karen Wiegand

In die Graphentheorie fließen zahlreiche mathematische Sätze ein, die wir nicht nur anwenden, sondern auch beweisen wollten. Hierfür haben wir verschiedene Beweistechniken kennengelernt, die wir an einigen Beispielen erklären wollen. Dazu benötigen wir folgende Vorüberlegung: Da *gerade* Zahlen stets durch 2 teilbar sind, kann man diese auch als $2n$ darstellen, wobei n eine ganze Zahl ist. Addiert man zu einer beliebigen geraden Zahl die Zahl 1, dann erhält man eine *ungerade* Zahl. Somit lässt sich diese als $2n + 1$ darstellen.

Direkter Beweis

Beim direkten Beweis fängt man mit der Voraussetzung an und folgert daraus die zu zeigende Aussage.

Beispiel: *Wenn a und b zwei ungerade natürliche Zahlen sind, dann ist die Summe aus a und b gerade.*

Beweis.

Die Zahlen a und b sind ungerade, also schreiben wir $a = 2n + 1$ und $b = 2m + 1$. Dann gilt

$$\begin{aligned} a + b &= (2n + 1) + (2m + 1) \\ &= 2(n + m + 1). \end{aligned}$$

Also ist $a + b$ eine gerade Zahl. □

Direkter Beweis durch Gegenbeispiel

Durch ein passendes Gegenbeispiel wird gezeigt, dass eine Behauptung nicht stimmt.

Indirekter Beweis

Beim indirekten Beweis wird zunächst eine Umstellung des Satzes, die so genannte *Kontraposition*, gebildet, d. h. die Satzteile werden umgedreht und zusätzlich verneint. Zum Beispiel wird „Wenn n^2 gerade ist, dann ist auch n gerade.“ zu „Wenn n ungerade ist, dann ist auch n^2 ungerade.“ Die Kontraposition wird anschließend direkt bewiesen.

Äquivalenzbeweis

Die Aussage des Äquivalenzbeweises zeichnet sich durch die Verwendung des Ausdrucks „genau dann“ aus. Die Aussage muss deshalb in zwei Richtungen bewiesen werden: Die von dem ersten Teil des Satzes zum zweiten Teil und später genau umgekehrt. Bei den einzelnen Beweisrichtungen ist die Beweistechnik frei wählbar.

Beispiel: *Eine ganze Zahl n ist genau dann gerade, wenn n^2 gerade ist.*

Richtung 1: „Wenn n gerade ist, dann ist auch n^2 gerade.“

Beweis.

Da n eine gerade Zahl ist, können wir $n = 2m$ einsetzen und erhalten

$$n^2 = (2m)^2 = 4m^2 = 2(2m^2),$$

was eine gerade Zahl ist. □

Richtung 2: „Wenn n^2 gerade ist, dann ist auch n gerade.“

Beweis.

Diese Richtung wollen wir mit einem indirekten Beweis zeigen. Also bilden wir die Kontraposition: „Wenn n ungerade ist, dann ist auch n^2 ungerade.“

Da n eine ungerade Zahl ist, schreiben wir n als $2m + 1$. Dann ist

$$\begin{aligned} n^2 &= (2m+1)^2 \\ &= 4m^2 + 4m + 1 \\ &= 2(2m^2 + 2m) + 1, \end{aligned}$$

was eine ungerade Zahl ist. □

Widerspruchsbeweis

Beim Widerspruchsbeweis wird zunächst das Gegenteil des zu beweisenden Satzes angenommen und anschließend versucht, durch Umformungen oder Folgerungen auf einen Widerspruch zu stoßen.

Beispiel: *Die Quadratwurzel aus 2 ist irrational.*

Beweis.

Wir nehmen an, dass $\sqrt{2}$ rational ist, d. h. sie kann als Bruch geschrieben werden:

$$\begin{aligned} \sqrt{2} &= \frac{p}{q} && \text{mit } \frac{p}{q} \text{ gekürzt.} && \mid ()^2 \\ 2 &= \frac{p^2}{q^2} && \mid \cdot q^2 \\ 2q^2 &= p^2 && \Rightarrow\ p \text{ ist gerade.} \\ & && \Rightarrow\ p = 2a\ (a \in \mathbb{N}) \\ 2q^2 &= (2a)^2 \\ 2q^2 &= 4a^2 && \mid \cdot \tfrac{1}{2} \\ q^2 &= 2a^2 && \Rightarrow\ q \text{ ist gerade.} \end{aligned}$$

Dass p und q gerade sind, stellt einen Widerspruch dazu dar, dass $\frac{p}{q}$ ein vollständig gekürzter Bruch ist. Daraus folgt, dass $\sqrt{2}$ eine irrationale Zahl sein muss. □

Vollständige Induktion

Eine vollständige Induktion besteht aus drei Teilen: Dem *Induktionsanfang*, der *Induktionsannahme* und dem *Induktionsschritt*. Um diese drei Teile zu erläutern, betrachten wir eine unendlich lange Reihe Dominosteine und wollen erklären, dass rein mathematisch betrachtet, jeder Dominostein umfällt, wenn wir den ersten anstoßen und wenn wir wissen, dass jeder Dominostein seinen Nachfolger umstößt. Für den Induktionsanfang müssen wir zeigen, dass der erste Dominostein umfällt, wenn wir ihn anstoßen. Im Induktionsschritt müssen wir zeigen, dass der $(n + 1)$-te Dominostein umfällt und dürfen hierfür verwenden, dass der n-te Dominostein umfällt (Induktionsannahme). Wenn wir dies für ein beliebiges n machen, dann haben wir gezeigt, dass jeder Dominostein umfällt, also unendlich viele.

Beispiel:

$$1+2+3+\ldots+n \;=\; \sum_{i=1}^{n} i \;=\; \frac{n(n+1)}{2}.$$

Beweis.

Induktionsanfang: Hier wird gezeigt, dass die Aussage für $n = 1$ gilt. In unserem Beispiel:

$$\sum_{i=1}^{1} i = 1 \qquad \frac{1\cdot(1+1)}{2} = 1. \qquad \checkmark$$

Induktionsannahme (auch Induktionshypothese): Es wird angenommen, dass die Aussage für eine Zahl $n \in \mathbb{N}$ gilt. In unserem Beispiel:

$$\sum_{i=1}^{n} i = \frac{n(n+1)}{2}.$$

Induktionsschritt: Hier wird gezeigt, dass die Aussage auch für $n+1$ gilt. In unserem Beispiel schreiben wir zunächst die Summe so um, dass wir das in der Induktionshypothese angenommene einsetzen können:

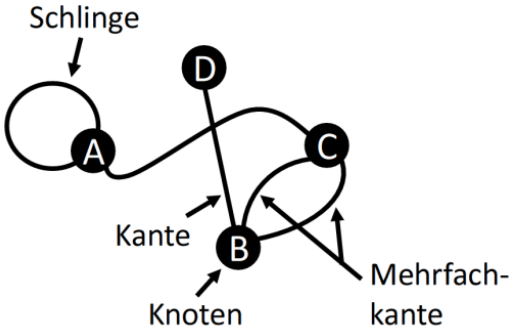
$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^{n+1} i \;&=\; \sum_{i=1}^{n} i + (n+1) \\
&\overset{\text{I.H.}}{=} \frac{n(n+1)}{2} + (n+1) \\
&= \frac{n^2+n+2n+2}{2} \\
&= \frac{(n+2)\cdot(n+1)}{2} \\
&= \frac{(n+1)\cdot((n+1)+1)}{2},
\end{aligned}$$

womit wir die Aussage für $n+1$ gezeigt haben. □

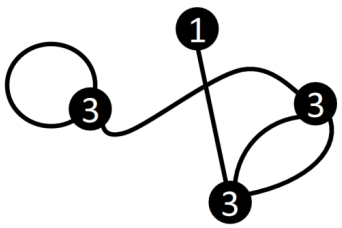
Graphen

Amelie Grimm, Jana Braunger, Johanna Buck

Ein *Graph* besteht aus *Knoten* und *Kanten*, wobei Knoten als Punkte und Kanten als Verbindungen zwischen zwei verschiedenen Knoten dargestellt werden. Zwischen zwei Knoten darf es höchstens eine Kante geben. Ein *Multigraph* darf außerdem noch *Mehrfachkanten* und/oder *Schlingen* besitzen.



Bei einem Graphen ist es egal, wo ein Knoten gezeichnet wird oder ob die Kanten durch gerade oder gebogene Linien dargestellt werden. Wichtig ist nur, welche Knoten vorhanden sind und welche Knotenpaare durch eine Kante verbunden sind. In einem Graphen wird normalerweise die Menge der Knoten mit V und die Menge der Kanten mit E bezeichnet. Man schreibt $G = (V, E)$ für den Graphen G mit der Knotenmenge V und der Kantenmenge E. Wenn zwei Knoten x und y durch eine Kante verbunden sind, dann sagt man, dass x und y *benachbart* sind, x ein *Nachbar* von y ist und umgekehrt. Außerdem schreibt man xy für diese Kante.



Die Zahlen in den Knoten stellen den Grad des jeweiligen Knotens dar.

Der *Grad* eines Knotens x bezeichnet die Anzahl der Nachbarn von x. Man schreibt dafür $\deg(x)$. Durch Zählen der Kanten, die aus x

herausgehen, kann man den Grad des Knotens x bestimmen. Der erste Satz, den wir für Graphen bewiesen haben, lautet:

Satz:
In jedem Graphen mit ungerader Knotenanzahl ist die Anzahl der Knoten mit geradem Grad ungerade.

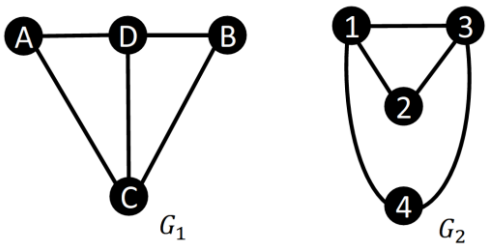
Subgraphen (Teilgraphen)

Ein beliebiger Graph H heißt *Subgraph* eines Graphen G, wenn alle Kanten von H auch Kanten von G sind und jeder Knoten von H auch Knoten von G ist. Man schreibt dann $H \subseteq G$.

Gewichtete Graphen

In einem *gewichteten Graphen* wird jeder Kante ein positiver Wert zugewiesen, wie beispielsweise die Entfernung zwischen zwei Orten oder der Ticketpreis einer Bahnverbindung. Diesen Wert $w(x, y)$ nennt man das *Gewicht* der Kante xy. Die Summe der Gewichte aller Kanten eines Graphen G wird mit $w(G)$ bezeichnet.

Isomorphe Graphen



Zwei isomorphe Graphen.

Zwei Graphen $G_1 = (V_1, E_1)$ und $G_2 = (V_2, E_2)$ heißen *isomorph*, wenn es eine Abbildung zwischen den Knotenmengen V_1 und V_2 gibt, die folgende Eigenschaften erfüllt:

- Die Abbildung ist eine *eins-zu-eins* Abbildung von V_1 nach V_2. Das heißt, jedem Knoten aus der Knotenmenge V_1 wird genau ein Knoten aus der Knotenmenge V_2 zugeordnet und jedem Knoten aus V_2 wird genau ein Knoten aus V_1 zugeordnet.
- Zwei Knoten x und y von G_1 sind genau dann benachbart, wenn die zugehörigen Knoten in G_2 benachbart sind.

Dabei können die Knoten andere Namen haben oder bei Zeichnungen anders angeordnet sein, doch zu jedem Knoten im ersten Graphen muss es genau einen Knoten im zweiten, isomorphen Graphen geben, der diesem entspricht und dieselben entsprechenden Nachbarn besitzt.

G_1	A	B	C	D
G_2	4	2	1	3

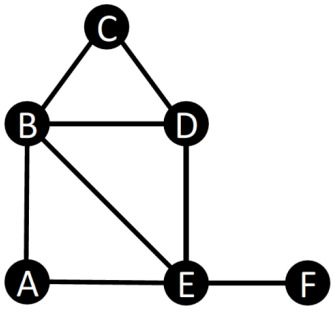
Die Tabelle zeigt eine Abbildung, die die Knoten von G_1 den Knoten von G_2 zuordnet und die geforderten Eigenschaften erfüllt. Beispielsweise entspricht der Knoten A aus Graph G_1 dem Knoten 4 aus Graph G_2: Sie haben die Nachbarn C und D, bzw. 1 und 3. Der Knoten D entspricht dem Knoten 3 und C dem Knoten 1. Ähnliches gilt für die restlichen Knoten: Zu jedem Knoten in G_1 gibt es einen entsprechenden Knoten in G_2 und die entsprechenden dazugehörigen Kanten. Wie die beiden Graphen dabei gezeichnet werden, ist egal.

Kantenzüge, Pfade und Kreise

Ein *Kantenzug* ist eine Abfolge von Knoten in einem Graph, wobei aufeinander folgende Knoten benachbart sind. Zum Beispiel ist

$$(A, E, B, C, D, E, F)$$

ein Kantenzug im nächsten Graphen. Die *Länge* des Kantenzugs ist die Anzahl der verwendeten Kanten. Beispielsweise hat der obige Kantenzug die Länge 6.



Ein *Pfad* ist ein Kantenzug mit der zusätzlichen Einschränkung, dass kein Knoten doppelt

verwendet werden darf. Zum Beispiel ist

$$(A, B, C, D, E, F)$$

ein Pfad. Dabei ist A der Start- und F der Endknoten des Pfads, der somit als A, F-Pfad bezeichnet wird. In unserem Beispiel gibt es keinen Pfad, der alle Kanten verwendet, weil Knoten B Grad 4 hat. Deshalb müsste der Pfad den Knoten B zweimal verwenden, um alle vier Kanten bei B zu benutzen.

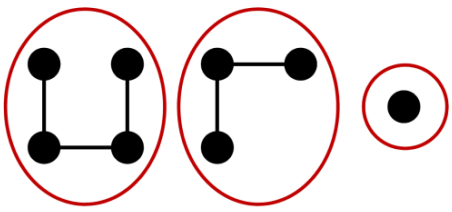
Ein *Kreis* ist ein Pfad auf mindestens 3 Knoten mit einer zusätzlichen Kante vom letzten Knoten des Pfades zum Startknoten. Diese Kante ist bei der Länge des Kreises mitzuzählen. Zum Beispiel ist

$$(A, B, C, D, E)$$

ein Kreis der Länge 5.

Zusammenhängende Graphen

Ein Graph $G = (V, E)$ heißt *zusammenhängend*, wenn es für alle Knoten $x, y \in V$ einen x, y-Pfad – also einen Pfad, der in Knoten x anfängt und in Knoten y aufhört – in G gibt. Das heißt, man kommt von jedem Knoten mit einem Pfad zu jedem anderen Knoten.



Dieser Graph besteht aus den drei rot umrandeten Zusammenhangskomponenten.

Ein Subgraph $H \subseteq G$ heißt *Zusammenhangskomponente*, wenn H zusammenhängend ist und kein Subgraph H' existiert, sodass H' zusammenhängend ist, $H \subseteq H'$ und $H' \neq H$. Das heißt, wenn ein Graph G nicht zusammenhängend ist, dann besteht er aus mehreren Zusammenhangskomponenten. Die einzelnen Zusammenhangskomponenten sind zusammenhängend und ergeben den Graph G.

Eulersche Graphen

Gözde Kabadayi, Karen Wiegand

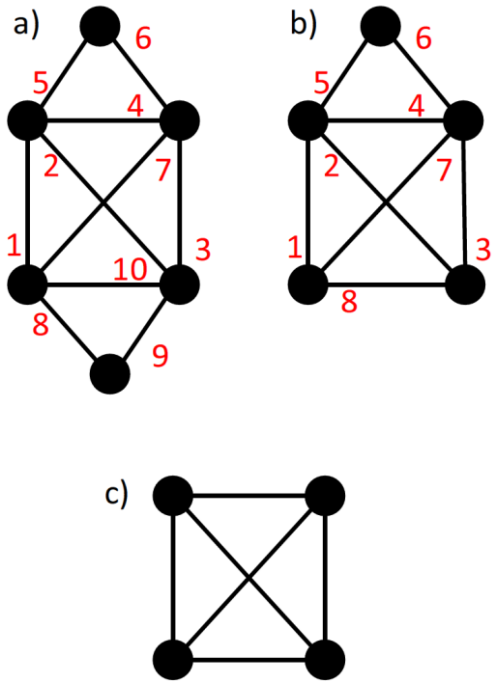
Ein *Euler-Kantenzug* in einem Graphen G ist ein Kantenzug $(v_1, v_2, \ldots, v_m)$, der jede Kante von G genau einmal verwendet. Falls dabei $v_1 = v_m$ ist, wird dieser als *Eulertour* bezeichnet. Ein Graph G heißt *eulersch*, wenn er eine Eulertour besitzt, bzw. *semi-eulersch*, wenn er keine Eulertour, aber einen Euler-Kantenzug besitzt.

Ob ein Graph eulersch, semi-eulersch oder keines von beidem ist, kann man herausfinden, indem man versucht, den Graphen nachzuzeichnen, ohne den Stift abzusetzen. Dabei darf keine Kante doppelt verwendet werden.

- Wenn ein Graph in einem Zug nachgezeichnet werden kann und dabei Start- und Endknoten derselbe sind, ist der Graph eulersch.
- Wenn ein Graph in einem Zug nachgezeichnet werden kann, jedoch Start- und Endknoten nicht derselbe sind, ist der Graph semi-eulersch.
- Wenn der Graph nicht in einem Zug nachgezeichnet werden kann, ist der Graph weder eulersch noch semi-eulersch.

In unserem Kurs suchten wir nach einer besseren Herangehensweise, um herauszufinden, ob ein Graph eulersch, semi-eulersch oder keines von beidem ist. Hierfür haben wir uns den Satz von Euler angesehen und bewiesen.

Satz (Satz von Euler)**:**
Ein zusammenhängender (Multi-)Graph ist genau dann eulersch, wenn jeder Knoten von G geraden Grad hat.



Läuft man die Kanten in der Reihenfolge der roten Zahlen ab, erhält man a) eine Eulertour und b) einen Euler-Kantenzug. Außerdem zeigt c) einen Graphen, der weder eulersch noch semi-eulersch ist.

Hierbei handelt es sich um eine Äquivalenzaussage. Einerseits gibt es immer eine Eulertour in einem zusammenhängenden Graphen G, wenn jeder Knoten von G geraden Grad hat. Andererseits ist der Grad jedes Knoten in einem eulerschen Graphen stets gerade. Um den Satz von Euler zu beweisen, müssen wir also zwei Richtungen zeigen.

Richtung 1: „Wenn G eulersch ist, dann hat jeder Knoten geraden Grad."

Wenn G eulersch ist, dann gibt es einen Kantenzug, der jede Kante genau einmal verwendet und dessen Start- und Zielknoten gleich sind.
$\Rightarrow$ Wenn wir diesen Kantenzug ablaufen, verwenden wir genau zwei Kanten eines Knotens x bei jedem Durchlaufen von x.
$\Rightarrow$ Jeder Knoten in G hat geraden Grad.

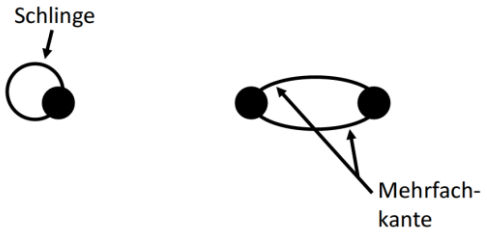
Richtung 2: „Wenn jeder Knoten geraden Grad hat, dann ist G eulersch."

Für den Beweis dieser Richtung haben wir einen mathematischen Hilfssatz verwendet:

Lemma:
Jeder (Multi-)Graph, bei dem jeder Knoten mindestens Grad 2 hat, enthält einen Kreis.

Beweis.

Fall 1: Der Graph enthält eine Mehrfachkante oder eine Schlinge.



$\rightarrow$ Kreis bereits vorhanden.

Fall 2: Der Graph enthält keine Mehrfachkante und keine Schlinge.

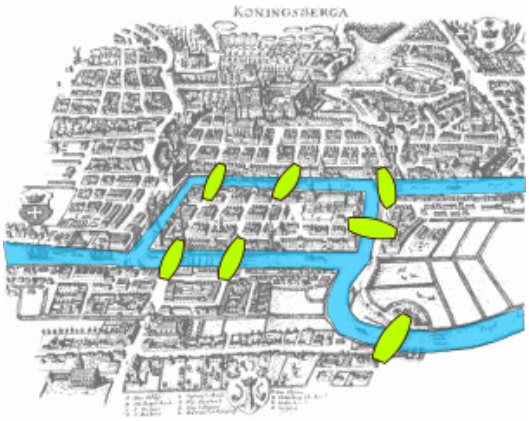
Von einem Startknoten v_1 wird ein Nachbar v_2 gesucht. Der Knoten v_2 hat einen weiteren Nachbarn v_3, da er mindestens Grad 2 hat und G keine Mehrfachkanten enthält. Dann hat der Knoten v_3 entweder v_1 als weiteren Nachbarn ($\rightarrow$ Kreis) oder einen weiteren Nachbarn v_4 und so weiter. Da G nur endlich viele Knoten enthält, muss schließlich ein Knoten v_i mit einem vorherigen Knoten einen Kreis schließen. □

Durch vollständige Induktion über die Anzahl der Kanten des Graphen konnten wir zeigen, dass jeder zusammenhängende Graph, dessen Knoten alle geraden Grad haben, eulersch ist.

Im Anschluss folgerten wir, dass ein zusammenhängender Graph G genau dann semi-eulersch ist, wenn er genau zwei Knoten mit ungeradem Grad besitzt. Dabei haben wir verwendet, dass jeder Graph eine gerade Anzahl an Knoten mit ungeradem Grad hat. Außerdem folgerten wir, dass ein zusammenhängender Graph, der weder eulersch noch semi-eulersch ist, mindestens vier Knoten mit ungeradem Grad haben muss.

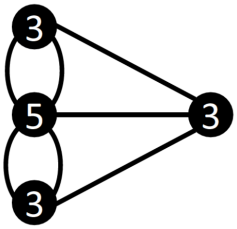
Das Königsberger-Brücken-Problem

Die Menschen aus Königsberg haben sich im 18. Jahrhundert gefragt, ob es möglich ist, über jede der sieben Brücken genau einmal zu gehen und am Ende wieder dort anzukommen, wo sie gestartet sind. Diese Frage konnten wir mithilfe unseres Wissens über eulersche Graphen beantworten.



Die Brücken in Königsberg im 18. Jahrhundert.[1]

Das Königsberger-Brücken-Problem lässt sich durch folgenden Multigraphen darstellen, der als unser Kurslogo auf dem Deckblatt dieser Dokumentation zu sehen ist.



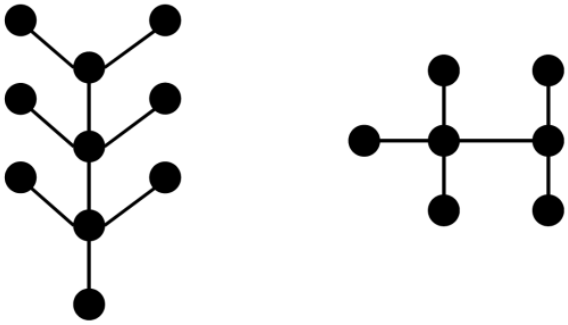
Hierbei stehen die Knoten für die Stadtteile und die Kanten für die Verbindungen durch eine Brücke. Im obigen Multigraphen haben wir die Grade der Knoten bestimmt und in die Knoten eingetragen. Man stellt fest, dass alle vier Knoten ungeraden Grad haben. Der Multigraph ist also nicht eulersch. Das bedeutet für die Bürger von Königsberg, dass es nicht möglich ist, über alle Brücken genau einmal zu gehen und anschließend wieder beim Startpunkt anzukommen.

Bäume

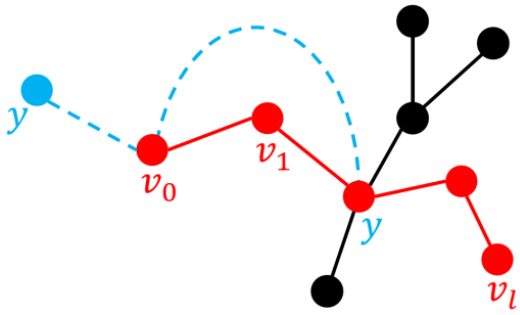
Amelie Grimm, Johanna Kaps

Bäume finden in der Graphentheorie vielseitige Anwendungen, um beispielsweise Schienen- oder Wegnetze zu optimieren. Ein Baum ist ein kreisfreier und zusammenhängender Graph. Ein kreisfreier Graph wird auch *Wald* genannt. Ein *Blatt* ist ein Knoten mit Grad 1.

[1] Abb.: Wikimedia (Bogdan Giuşcă, CC BY-SA 3.0)



Satz:
Jeder Baum T auf mindestens zwei Knoten hat mindestens zwei Blätter.



Beweis.

Sei T ein Baum und $P = (v_0, v_1, ..., v_\ell)$ ein längster Pfad in T. Wir nehmen an, dass v_0 kein Blatt ist. Da T zusammenhängend ist, muss $\deg(v_0) \geq 2$ gelten. Der Knoten v_0 hat demnach noch einen weiteren Nachbar $y \neq v_1$. Wenn y auf dem Pfad P liegt, dann hat T einen Kreis, was im Widerspruch dazu steht, dass T ein Baum ist. Demnach liegt y nicht auf P, was wiederum im Widerspruch dazu steht, dass P ein möglichst langer Pfad in T ist. Folglich ist v_0 ein Blatt. Analog beweist man, dass v_ℓ ebenfalls ein Blatt ist. Somit besitzt der Baum T die beiden Blätter v_0 und v_ℓ. □

Des Weiteren haben wir im Sommer gezeigt, dass Bäume eine Reihe von Eigenschaften haben, die mit oben genannter Definition äquivalent sind:

Satz (Charakterisierung von Bäumen)**:**
Folgende Aussagen sind für einen Graphen T auf n Knoten äquivalent:

(i) T ist ein Baum.

(ii) *T ist zusammenhängend und besitzt genau $n-1$ Kanten.*

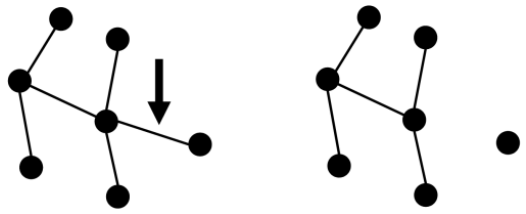
(iii) *T ist kreisfrei und hat genau $n-1$ Kanten.*

(iv) *Wenn x und y zwei beliebige Knoten von T sind, dann gibt es genau einen x,y-Pfad in T.*

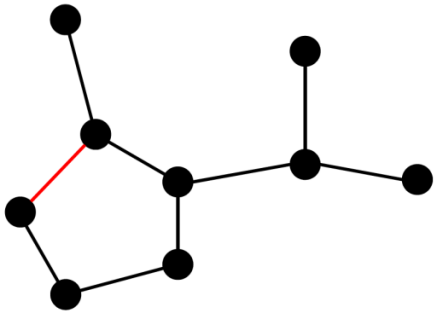
(v) *T ist kantenminimal zusammenhängend.*

(vi) *T ist kantenmaximal kreisfrei.*

Hierbei bedeutet *kantenminimal zusammenhängend*, dass der Graph T zusammenhängend ist, aber das Entfernen einer beliebigen Kante diesen Zusammenhang zerstören würde. Analog bedeutet *kantenmaximal kreisfrei*, dass T kreisfrei ist, aber das Hinzufügen einer beliebigen Kante einen Kreis schließt.



Wenn man die markierte Kante aus dem Baum entfernt, erhält man einen Graphen, der nicht zusammenhängend ist.



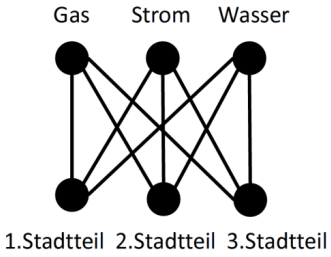
Wenn man die rote Kante in den Baum einfügt, entsteht ein Kreis.

Obiger Satz besagt, dass die sechs dort aufgelisteten Eigenschaften äquivalent sind. Wenn wir jede der geltenden Richtungen einzeln zeigen würden, wären das 30 Richtungen. Durch geschicktes Vorgehen konnten wir diese Anzahl deutlich reduzieren. Zum Beispiel haben wir am Anfang $(i) \Rightarrow (ii)$, $(ii) \Rightarrow (iii)$ und $(iii) \Rightarrow (i)$ bewiesen. Daraus folgt auch, dass $(i) \Rightarrow (iii)$, $(ii) \Rightarrow (i)$ und $(iii) \Rightarrow (ii)$ gelten. Außerdem konnten wir in den weiteren Beweisteilen verwenden, dass die Eigenschaften (i), (ii) und (iii) äquivalent sind. Die einzelnen Beweisteile haben wir im Kurs in Kleingruppen erarbeitet und anschließend dem gesamten Kurs vorgestellt.

Planare Graphen

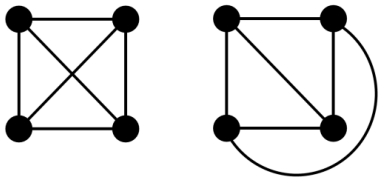
Christian Hirsch, David Ringhut

Wir beginnen zum Einstieg in die Thematik der *planaren Graphen* mit folgendem Beispiel: Die drei Stadtteile einer Stadt brauchen jeweils eine Leitung des städtischen Strom-, Wasser- und Gasversorgers. Aus Sicherheitsgründen dürfen sich, von oben betrachtet, keine der Leitungen kreuzen. Ist es möglich, alle drei Stadtteile unter dieser Bedingung zu versorgen? Um dieses Problem mithilfe der Graphentheorie zu untersuchen, verwenden wir folgenden Graphen:

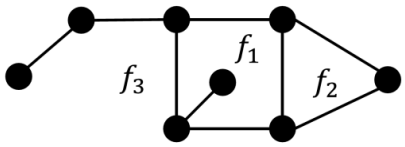


Die Aufgabe besteht also darin, diesen Graphen so zu zeichnen, dass sich keine seiner Kanten kreuzen. Ein Graph heißt *planar*, wenn er so in die Ebene gezeichnet werden kann, dass sich keine Kanten überschneiden. Eine solche Zeichnung, bei der sich keine Kanten überschneiden, wird auch als *ebene Zeichnung* des Graphen bezeichnet. Im folgenden Beispiel betrachten wir zwei Darstellungen desselben Graphen G.

Die linke Zeichnung ist nicht eben, da sich zwei Kanten überkreuzen. Die rechte Zeichnung ist



eben und daher ist G planar. In einer ebenen Zeichnung unterteilen die Kanten die Ebene in *Gebiete*. Das unbeschränkte Gebiet (im folgenden Beispiel f_3) wird *äußeres Gebiet* genannt. Die Menge der Gebiete wird mit R bezeichnet und $G = (V, E, R)$ beschreibt eine ebene Zeichnung des Graphen G mit den Gebieten R.



Über ebene Zeichnungen lässt sich folgender, zentraler Satz der Graphentheorie beweisen, was wir im Sommer gemacht haben.

Satz (Eulerformel)**:**
Für jede ebene Zeichnung $G = (V, E, R)$ eines zusammenhängenden Graphen gilt

$$|V| - |E| + |R| = 2.$$

Wenn man nun beispielsweise die 8 Knoten, 9 Kanten und 3 Gebiete des obenstehenden Graphen in die Formel einsetzt, erhält man die wahre Aussage $8 - 9 + 3 = 2$.

Die Eulerformel haben wir mithilfe einer vollständigen Induktion über die Anzahl der Kanten des Graphen bewiesen. Die Idee dabei besteht darin, dass man im Induktionsschritt die beiden Fälle, dass G ein Baum ist oder nicht, betrachtet.

Aus der Eulerformel lässt sich folgern, dass ein planarer Graph auf $n \geq 3$ Knoten höchstens $3n-6$ Kanten haben kann. Diese Aussage lässt sich wie folgt noch verallgemeinern.

Satz:
Jeder planare Graph auf $n \geq 3$ Knoten, in dem jeder Kreis mindestens die Länge r hat, kann höchstens

$$\frac{r}{r-2} \cdot (n-2)$$

Kanten haben.

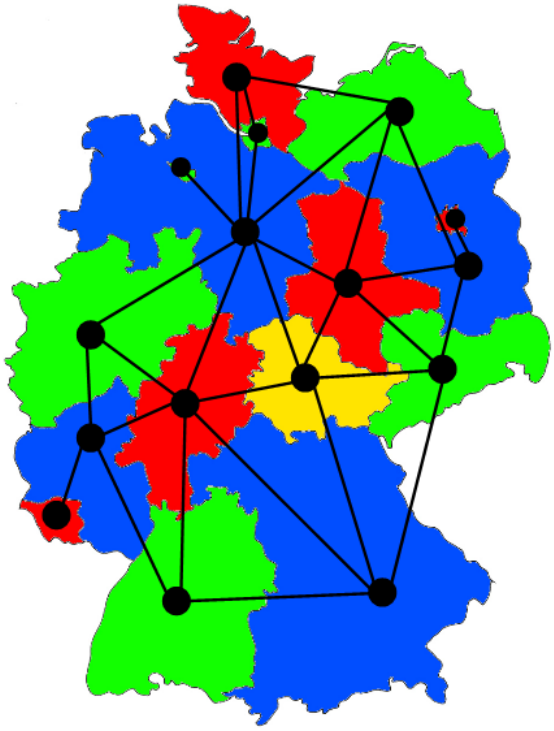
Kommen wir nun zurück zum Problem der städtischen Versorgungsleitungen und dem zugehörigen Graphen G. Alle Kreise von G haben mindestens Länge 4, weshalb wir obigen Satz mit $r = 4$ anwenden können. Daraus folgt, dass jeder planare Graph auf 6 Knoten, der keinen Kreis der Länge < 4 hat, höchstens 8 Kanten haben kann. Da der Graph aber 9 Kanten hat, kann er folglich nicht planar sein. Übertragen auf das Problem ist es also nicht möglich, die Leitungen nach der Sicherheitsvorschrift ohne Überkreuzungen zu verlegen.

Landkarten einfärben

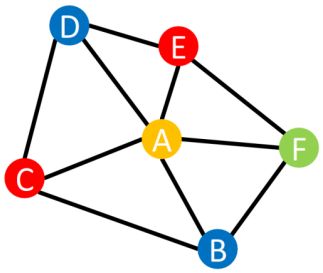
Benjamin Kloss, Johanna Kaps

Des Weiteren haben wir uns mit der Frage beschäftigt, wie viele Farben man braucht, um eine beliebige Landkarte so einzufärben, dass benachbarte Länder stets verschiedene Farben haben. Als erstes haben wir das bei einer Deutschlandkarte ausprobiert. Hier lag die Aufgabe darin, alle Bundesländer so zu färben, dass keine benachbarten Bundesländer die gleiche Farbe haben. Dies haben wir durch Ausprobieren mit vier Farben geschafft, was uns noch nicht gereicht hat. Wir wollten auch mithilfe der Graphentheorie beweisen, dass man mindestens vier Farben braucht, um die Deutschlandkarte auf diese Weise zu färben. Dazu haben wir jedes Bundesland mit einem Knoten dargestellt. Wenn zwei Bundesländer nebeneinander liegen, also benachbart sind, haben wir dort eine Kante in den Graphen gezeichnet. Dadurch erhält man, auch bei einer beliebigen Landkarte mit zusammenhängenden Ländern, einen planaren Graphen.

Man bezeichnet einen Graphen $G = (V, E)$ als *k-färbbar*, wenn die Knoten von G mit höchstens k Farben gefärbt werden können, sodass für alle Kanten $xy \in E$ gilt, dass die Knoten x und y verschieden gefärbt sind. Beispielsweise ist der zur Deutschlandkarte gehörige Graph 4-färbbar, da man mit vier Farben die Deutschlandkarte so färben kann, dass keine benachbarten Bundesländer die gleiche Farbe haben und dementsprechend auch die Knoten des zugehörigen Graphens. Um zu beweisen, dass man bei der Deutschlandkarte mindestens vier



Die mit vier Farben eingefärbte Deutschlandkarte und der zugehörige Graph.



Am Beispiel Thüringens sieht man, dass man für die Deutschlandkarte mindestens vier Farben benötigt.

Farben benötigt, betrachten wir Thüringen und seine Nachbarbundesländer näher. Wir färben zu Beginn Thüringen in gelb, und somit darf keines der Nachbarbundesländer ebenfalls gelb gefärbt werden. Um den Knoten A (Thüringen) herum existiert der Kreis (B, C, D, E, F), der eine ungerade Länge hat. Hätte er eine gerade Länge, dann könnte man ihn mit zwei Farben färben, beispielsweise blau, rot, blau, rot, usw. Das geht bei Kreisen mit ungerader Länge nicht. Wenn wir zum Beispiel B, C, D und E abwechselnd blau und rot färben, dann ist der Knoten F sowohl mit einem blauen, als auch mit einem roten Knoten, benachbart. Deshalb muss der Knoten F mit einer vierten Farbe gefärbt werden. In unserem Fall haben wir die Farbe grün gewählt.

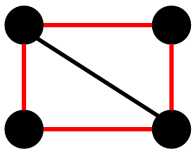
Der sogenannte *4-Farben-Satz* sagt aus, dass jeder planare Graph 4-färbbar ist. Daraus folgt, dass jede beliebige Landkarte mit vier Farben so gefärbt werden kann, dass keine benachbarten Länder die gleiche Farbe haben. Dieser Satz konnte aber bisher nur mithilfe eines Computers bewiesen werden, da sehr viele einzelne Fälle betrachtet werden müssen. Wenn man zeigen möchte, dass für jede Landkarte solch eine Färbung mit fünf Farben existiert, dann wird der Beweis viel einfacher und kürzer. Diesen Beweis haben wir im Sommer ausführlich besprochen. Für nicht planare Graphen gilt dieser Satz allerdings nicht, da beispielsweise ein Graph auf n Knoten, bei dem jeder Knoten mit jedem anderen benachbart ist, nur mit n verschiedenen Farben gefärbt werden kann.

Hamiltonsche Graphen

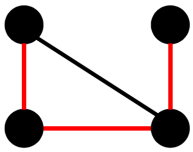
Christian Hirsch, Karen Wiegand

Ein *Hamiltonkreis* ist ein Kreis der Länge n in einem Graphen auf n Knoten. Das heißt ein Hamiltonkreis ist ein geschlossener Kantenzug, der jeden Knoten des Graphen genau einmal verwendet, was bedeutet, dass keine Kante mehrfach verwendet werden kann. Im Gegensatz zu Eulertouren müssen dabei nicht alle Kanten durchlaufen werden. Ob ein Hamiltonkreis vorhanden ist oder nicht, ist vor allem bei praktischer Anwendung der Graphentheorie interessant. So kann daraus z. B. geschlossen werden, ob eine Rundtour zwischen allen Zielen ohne doppelte Wege möglich ist.

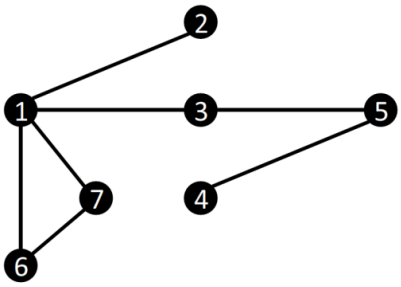
Ein Graph, der einen Hamiltonkreis besitzt, wird als *hamiltonscher Graph* bezeichnet.



Analog zu semi-eulerschen Graphen wird ein Graph als *semi-hamiltonsch* bezeichnet, wenn er keinen Kreis der Länge n, aber einen Pfad der Länge $n-1$ besitzt.



Der folgende Graph ist ein Beispiel für einen Graphen, der weder hamiltonsch noch semi-hamiltonsch ist, da es nicht möglich ist, jeden Knoten zu durchlaufen, ohne beispielsweise Knoten 1 doppelt zu verwenden.



Die Charakterisierung hamiltonscher Graphen ist noch heute ein ungelöstes Problem in der Graphentheorie. Es sind lediglich Theoreme bekannt, die entweder notwendige oder hinreichende Bedingungen für das Vorhandensein eines Hamiltonkreises liefern. Eine einfache notwendige Bedingung, die aus dem letzten Beispiel ersichtlich ist, lautet: Ein Graph, der einen Knoten von Grad 1 hat, ist nicht hamiltonsch.

Eine hinreichende Bedingung liefert der *Satz von Ore*, den wir uns im Kurs angeschaut haben.

Satz (Satz von Ore)**:**
Sei $G = (V, E)$ ein Graph auf $n \geq 3$ Knoten und $x, y \in V$ zwei beliebige, verschiedene, nicht benachbarte Knoten, die $\deg(x) + \deg(y) \geq n$ *erfüllen. Sei G' der Graph, der entsteht, wenn man die Kante xy zu G hinzufügt. Dann hat G genau dann einen Hamiltonkreis, wenn auch G' einen Hamiltonkreis hat.*

Dirac verfasste 1952 einen Satz, den man aus dem Satz von Ore folgern kann.

Satz (Satz von Dirac)**:**
Sei $G = (V, E)$ ein Graph auf $n \geq 3$ Knoten. Wenn für jeden Knoten x gilt, dass $\deg(x) \geq \frac{n}{2}$*, dann hat G einen Hamiltonkreis.*

Der Satz von Dirac besagt, dass ein Graph „mit vielen Kanten“ einen Hamiltonkreis besitzen muss. Dies ist aber lediglich eine hinreichende Bedingung, die nicht notwendigerweise erfüllt sein muss. So ist ein Kreis auf 100 Knoten natürlich hamiltonsch, erfüllt die Bedingung des Satzes jedoch nicht, da jeder Knoten nur Grad 2 hat.

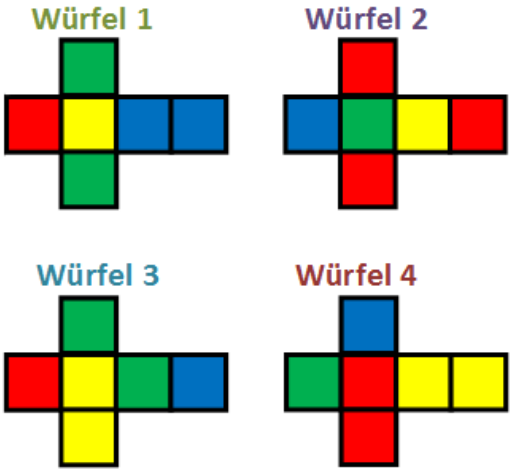
4-Würfel-Problem

Jana Braunger, Julia Högerle

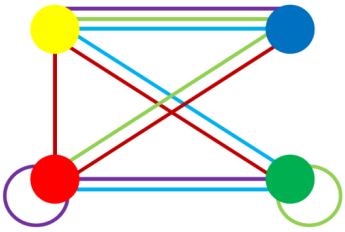
Wir haben unsere theoretischen Ergebnisse natürlich auch auf praktische Probleme angewandt, wie beispielsweise bei dem *4-Würfel-Problem*. Die Aufgabe besteht darin, vier Holzwürfel mit verschiedenfarbigen Außenflächen (rot, grün, gelb und blau) so aufeinander zu einem Turm zu stapeln, dass man auf allen vier Seiten (vorne, hinten, rechts und links) jede Farbe genau einmal sieht.

Beispielsweise könnten die Würfelnetze dabei so aussehen wie in der Abbildung auf der nächsten Seite.

Natürlich kann man diese Aufgabe durch Ausprobieren lösen. Einfacher ist es jedoch mithilfe eines Multigraphen: Dabei entspricht jede Farbe einem Knoten im Multigraph G. Dieser Multigraph hat also vier Knoten. Für jeden Würfel zeichnet man drei Kanten in den Multigraph, wobei jede Kante die auf dem Würfel gegenüberliegenden Farben verbindet. Dabei müssen wir uns merken, welche Kante zu welchem Wür-



fel gehört. Hier färben wir zum Beispiel die zu Würfel 1 gehörigen Kanten in grün. Zeichnet man diesen Multigraph, würde er in unserem Beispiel folgendermaßen aussehen:



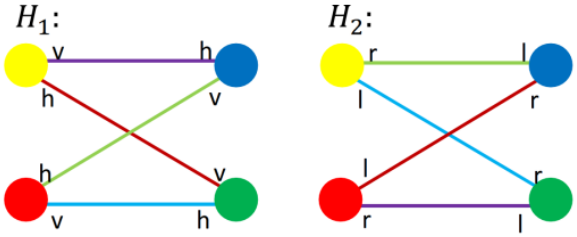
Um nun mithilfe des Multigraphen das Problem lösen zu können, muss man zwei Subgraphen H_1 und H_2 des Multigraphen G finden. Wie vorher erläutert, ist ein Subgraph ein Teilgraph aus einem Graphen G. Der Subgraph H_1 beschreibt dabei, welche Farben der Würfel man sieht, wenn man von vorne und hinten den Turm anschaut. Die Sicht auf die Würfel im Turm von rechts und links wird von H_2 beschrieben. Für die beiden Subgraphen H_1 und H_2 muss gelten:

1.) H_1 und H_2 besitzen von jedem Würfel genau eine Kante, da alle vier Würfel verwendet werden müssen, aber keiner doppelt benutzt werden kann.

2.) H_1 und H_2 dürfen keine gemeinsamen Kanten besitzen: Würde man eine Kante in beiden Subgraphen verwenden, müssten die beiden durch die Kante verbundenen, gegenüberliegenden Farben gleichzeitig vorne/hinten und rechts/links liegen, was natürlich nicht möglich ist.

3.) Jeder Knoten in den Subgraphen hat den Grad zwei, denn im Subgraphen H_1, der die Ansicht von vorne/hinten beschreibt, muss jede Farbe genau einmal vorne und einmal hinten auftauchen, also insgesamt zweimal. Ähnliches gilt für den Subgraphen H_2.

In unserem Beispiel können wir folgende Subgraphen H_1 und H_2 verwenden, um den Turm aufzubauen:



Nun markiert man im Subgraph H_1 ein Ende von jeder Kante mit einem „v“ (vorne) und das andere Ende mit einem „h“ (hinten), sodass an jedem Knoten (d. h. an jeder Farbe), einmal vorne und einmal hinten steht. Mit Subgraph H_2 wird dann mit rechts und links genauso verfahren. Um den Turm zu bauen, muss man nun die Informationen aus beiden Subgraphen ablesen: Zum Beispiel müsste man den ersten Würfel so aufstellen, dass vorne blau, hinten rot, rechts gelb und links blau ist. Stellt man nun die restlichen Würfel nach demselben Prinzip auf, hat man am Ende den fertigen Turm, bei dem man auf jeder Seite jede Farbe genau einmal sieht.

In diesem Beispiel gibt es für das Problem nur eine Lösung, da man keine anderen zwei Subgraphen von G mit den entsprechenden Eigenschaften finden kann. Es kann aber bei anderen Färbungen der Würfel durchaus auch mehrere zusammenpassende Subgraphen, also mehrere Lösungen der Aufgabe, geben.

Programmieren mit Java

Christian Hirsch, David Ringhut

Viele Verfahren, auch *Algorithmen* genannt, brauchen bei größeren Graphen sehr viel Zeit, wenn man sie von Hand ausführt. Hier kommt dann die Informatik ins Spiel: Eine Vielzahl der Eigenschaften von Graphen lassen sich mit

entsprechenden Computerprogrammen in Sekundenschnelle überprüfen und ausgeben. Kein Wunder also, dass das Programmieren in unserem Kurs ein nicht zu vernachlässigender Bestandteil war.

BlueJ ist eine Entwicklungsumgebung zum Erlernen der von uns genutzten Programmiersprache Java. Dabei unterstützt es den Programmierer mit zahlreichen Hilfestellungen. So markiert BlueJ beispielsweise den Quellcode auf sinnvolle Weise farbig und rückt bei Schleifen und Funktionen die Zeilen automatisch ein, um das Programm lesbarer zu gestalten.

Neben vielen vordefinierten Funktionen gehören die *Variablen* zu den wichtigsten Bestandteilen unserer Programme. Variablen ermöglichen das Speichern von Werten, die im Programm ermittelt werden. Dabei gibt es verschiedene *Typen* von Variablen, zum Beispiel Ganzzahl-, Kommazahl- und Textvariablen.

Hier eine Übersicht der wichtigsten Variablentypen:

Variablentyp	Bedeutung
`int`	ganze Zahl
`double`	Fließkommazahl
`String`	Zeichenkette
`boolean`	Wahrheitswert

Prinzipiell arbeitet der Computer einen Programmcode Zeile für Zeile von oben nach unten ab. Um diesen Programmfluss zu verändern, gibt es mehrere Möglichkeiten.

Verzweigungen

Eine *Verzweigung* oder *if-Abfrage* prüft eine Bedingung und führt, falls die Bedingung wahr ist, einen Anweisungsblock aus. Um bei Nichterfüllung der Bedingung eine andere Anweisung auszuführen, hängt man noch einen *else-Block* an:

```
if (i == 0) {
   ...
} else {
   ...
}
```

Schleifen

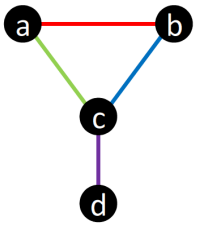
Schleifen benutzt man, wenn ein Programm denselben Befehl mehrmals wiederholen soll. Wir haben im Kurs for- und while-Schleifen kennengelernt. Die *for-Schleife* verwendet eine eigene Zählvariable. Man nutzt sie, wenn vorab bekannt ist, wie oft die Schleife durchlaufen werden soll. Ein Beispielprogramm, das die Zahlen von 1 bis 10 ausgibt:

```
for(int i = 1; i <= 10; i++) {
  System.out.println(i);
}
```

Die *while-Schleife* führt einen Block von Befehlen immer wieder aus, solange eine Bedingung erfüllt ist. Sie definiert keine eigene Zählvariable. Man verwendet sie, wenn vorab unbekannt ist, wie oft der Befehl ausgeführt werden soll, beispielsweise wenn man einen kürzesten Weg in einem Graphen sucht, ohne zu wissen, wie viele Kanten dieser Weg verwenden wird.

Adjazenzmatrizen

Mit dem Bild eines Graphen kann ein Computer nicht viel anfangen. Für ihn müssen wir den Graph in Zahlen übersetzen. Das gelingt uns mithilfe der *Adjazenzmatrix*. Die Adjazenzmatrix ist eine Art Tabelle, in der jede Zeile und jede Spalte mit einem Knoten beschriftet ist. Befindet sich in dem Feld in der Zeile i und der Spalte j eine 1, so sind die Knoten i und j benachbart; bei einer 0 sind sie nicht benachbart. Da es zu jedem Eintrag `[i][j]` den entsprechenden Eintrag `[j][i]` gibt, welcher dieselbe Kante repräsentiert, ist die Adjazenzmatrix symmetrisch aufgebaut. Im folgenden Beispiel ist ein Graph sowie die zugehörige Adjazenzmatrix dargestellt:



$$\begin{array}{c} \\ a \\ b \\ c \\ d \end{array} \begin{array}{c} \begin{array}{cccc} a & b & c & d \\ \downarrow & \downarrow & \downarrow & \downarrow \end{array} \\ \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \end{array} \begin{array}{l} \\ \rightarrow \\ \rightarrow \\ \rightarrow \\ \rightarrow \end{array}$$

Arrays

Variablen haben wir bereits oben kennengelernt. Will man mehrere Variablen desselben Typs erzeugen, kann man ein *Array* verwenden. Ein Array ist eine Art Regal mit durchnummerierten Fächern, in denen je eine Variable des gewünschten Typs gespeichert wird. Der Index eines Arrays gibt an, auf welches Fach zugegriffen wird.

Die Adjazenzmatrizen unserer Graphen haben wir mithilfe von zweidimensionalen Arrays realisiert. Diese verwenden immer zwei Indizes, um auf einen Wert zugreifen zu können. Die erste Zeile unserer Adjazenzmatrix von oben würde dann so aussehen:

```
A[0][0] = 0;
A[0][1] = 1;
A[0][2] = 1;
A[0][3] = 0;
```

Bei einem gewichteten Graphen speichert man statt einer 1 dann einfach das entsprechende Gewicht der jeweiligen Kante in der Adjazenzmatrix ab. Der Wert 0 steht weiterhin dafür, dass zwei Knoten nicht benachbart sind.

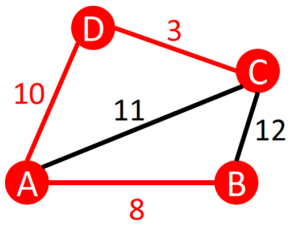
Minimale Spannbäume

Christian Martin, David Ringhut

Minimale Spannbäume finden in der Praxis Anwendung, wenn beispielsweise möglichst kurze Telefonleitungen verlegt werden sollen oder

wenn ein Eisenbahnnetz so reduziert werden soll, dass jeder Bahnhof von jedem anderen noch erreichbar ist, man aber möglichst viele Teilstrecken stilllegen kann. Klären wir zunächst den Begriff *Spannbaum*. Hierbei handelt es sich um einen Baum $T = (V', E')$, der ein Subgraph von einem Graphen $G = (V, E)$ ist und jeden Knoten aus G enthält, d. h. $V = V'$.

Ein *minimaler Spannbaum* ist ein Spannbaum $T = (V', E')$ in einem gewichteten Graphen $G = (V, E)$, sodass es keinen Spannbaum T' mit geringerem Gesamtgewicht $w(T')$ gibt.



Ein minimaler Spannbaum des Graphen G ist rot eingefärbt.

Konstruktion minimaler Spannbäume

Ein minimaler Spannbaum eines kleinen Graphen lässt sich in wenigen Schritten von Hand konstruieren. Dazu haben wir den *Algorithmus von Prim* kennengelernt, der einen minimalen Spannbaum in einem zusammenhängenden, gewichteten Graphen berechnet:

1.) Färbe alle Knoten und Kanten des Graphen $G = (V, E)$ blau.

2.) Färbe einen beliebigen Knoten $s \in V$ rot.

3.) Färbe eine Kante $xy \in E$ rot, die einen roten Knoten x und einen blauen Knoten y

verbindet, sodass $w(x, y)$ unter allen diesen Kanten minimal ist.

4.) Färbe den zugehörigen Knoten y rot.

5.) Wiederhole die Schritte 2 bis 4, bis alle Knoten rot gefärbt sind.

Der so eingefärbte rote Subgraph von G ist ein minimaler Spannbaum des Graphen G.

Implementierung

Wir haben den Algorithmus von Prim in unserem Kurs programmiert. Der schwierigste Teil ist hierbei das Finden der zu färbenden Kante. Dazu durchsucht man die gesamte Adjazenzmatrix mit zwei verschachtelten for-Schleifen:

```
for(int i = 0; i < n; i++) {
  for(int j = 0; j < i; j++) {
```

Jetzt überprüft man an der Stelle [i][j] der Adjazenzmatrix, ob hier eine Kante existiert, die einen roten mit einem blauen Knoten verbindet. Falls eine so gefundene Kante ein kleineres Gewicht als die bisher optimale Kante besitzt, wird ihre Position in zwei Variablen gespeichert. Als Vergleichswert nutzt man eine Variable „gewicht“, der vor jeder Suche einer minimalen Kante das Gesamtgewicht $w(G)$ des Graphen zugewiesen wird. Findet man nun eine Kante mit kleinerem Gewicht als das der bisher leichtesten gefundenen Kante, so wird der Variablen gewicht dieses Gewicht zugewiesen.

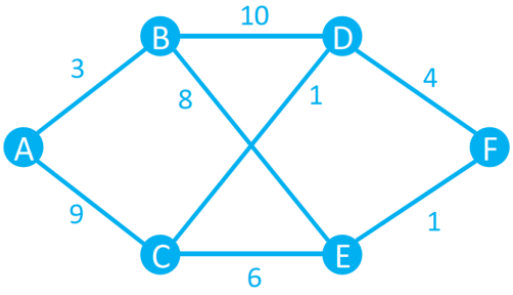
```
if(A[i][j] != 0) {
  if((Cknoten[i] == Color.blue
   && Cknoten[j] == Color.red)
   || (Cknoten[i] == Color.red
   && Cknoten[j] == Color.blue))
    {
     if(A[i][j] < gewicht) {
        e1 = i;
        e2 = j;
        gewicht = A[i][j];
    }
  }
}
```

Auf einem Graphen mit n Knoten arbeitet das Programm dabei mit drei ineinander geschachtelten for-Schleifen, die jeweils von 1 bis n zählen. Daraus ergibt sich die Komplexität $\mathcal{O}(n^3)$. Dies bedeutet, dass sich die Laufzeit unserer Implementierung verachtfacht, wenn man die Anzahl der Knoten verdoppelt. Das Verfahren von Prim lässt sich jedoch viel besser implementieren, wenn man für jeden blauen Knoten die anliegenden Kanten sinnvoll sortiert.

Algorithmus von Dijkstra

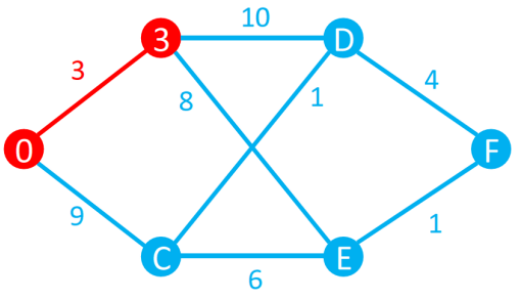
Christian Martin, Gözde Kabadayi

Das *Verfahren von Dijkstra* wird verwendet, um einen kürzesten oder schnellsten Weg zwischen zwei Orten zu finden. Dazu stellt man das Straßennetz zwischen den Orten als zusammenhängenden Graph dar.

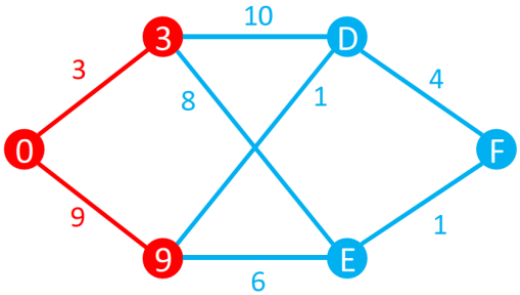


Die Knoten stellen Kreuzungen und die Kanten Straßen dar. Die Gewichte an den Kanten stehen beispielsweise für die Länge der Straße oder für die Zeit, die man zwischen den verschiedenen Kreuzungen benötigt. Wir wollen zeigen, wie man mithilfe des Algorithmus von Dijkstra einen kürzesten Weg zwischen den Knoten A und F im obigen Graphen bestimmen kann. Dabei werden wir jeweils einen kürzesten Weg von A zu allen anderen Knoten finden.

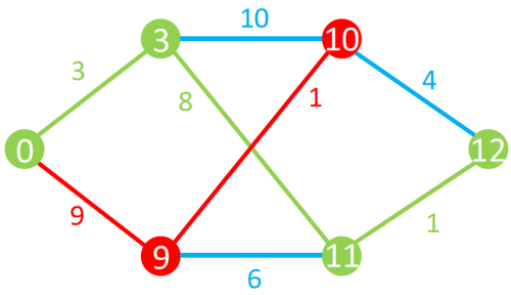
In jedem Schritt wird ein blauer Knoten rot gefärbt, bis alle Knoten rot sind und das Ziel erreicht ist. Hierfür färbt man am Anfang den Startknoten A rot. Dazu notiert man sich eine 0 in den Knoten, da man keine Zeit benötigt, um zum Startknoten zu kommen. Jetzt wird eine Kante xy gesucht, wobei x ein rot gefärbter Knoten (hier A) und y ein blau gefärbter Knoten (hier B oder C) ist. Die Kante xy muss so gewählt werden, dass die Entfernung von y zum Startknoten am kleinsten ist. Hier wählen wir also die Kante AB. Diese Kante wird ebenso wie der Knoten B rot gefärbt und das bisherige Gesamtgewicht 3, um Knoten B zu erreichen, notiert man in dem Knoten.



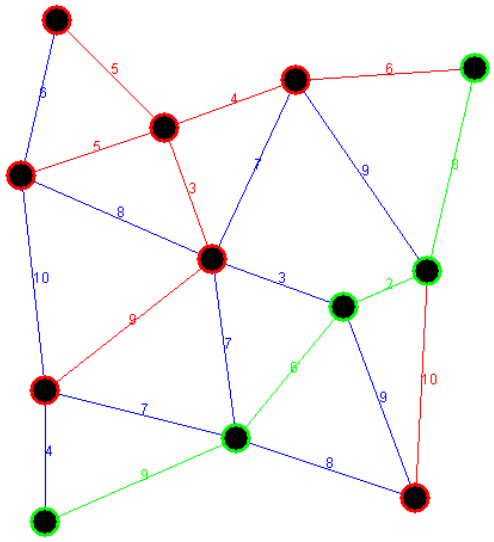
Nun wird die nächste Kante mit entsprechenden Eigenschaften gesucht. In unserem Graphen kommen jetzt drei Kanten (AC, BD und BE) in Frage. Wir erkennen, dass die Kante AC das minimale Gesamtgewicht 9 für Knoten C erzeugt. Somit wird sie, wie auch der Knoten C, rot gefärbt. Man notiert außerdem das bisherige Gesamtgewicht in den Knoten C.



Wenn man den Knoten y rot färbt, notiert man das Gesamtgewicht, um diesen Knoten zu erreichen, in y. Diese Zahl entspricht der Summe des Gewichts der Kante xy und des Gesamtgewichts von x. Jetzt sucht man die nächste Kante und wiederholt das Verfahren so lange, bis alle Knoten rot gefärbt sind. Dann führt vom Zielknoten aus nur ein rot gefärbter Pfad – ein kürzester A, F-Pfad – zum Startknoten, den wir grün färben.



Den Algorithmus von Dijkstra haben wir jetzt bei einem einfachen, kleinen Graphen gezeigt. Jedoch gibt es natürlich auch viel größere Graphen, bei denen es sehr lange dauern würde, die einzelnen Schritte von Hand durchzuführen. Deshalb haben wir diesen Algorithmus in Java programmiert. So kann unser Programm direkt die Lösung, also einen kürzesten Pfad zwischen zwei Knoten, die wir davor angegeben haben, liefern.

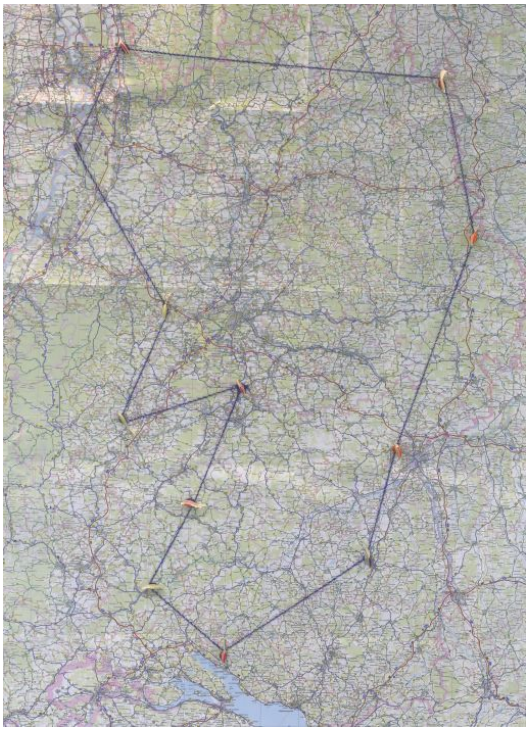


Ergebnis unseres selbst geschriebenen Dijkstra-Programms. Der gefundene kürzeste Weg ist grün gefärbt.

Das Verfahren von Dijkstra wird zum Beispiel in den Routenplanern von Navigationssystemen und Programmen wie Google Maps verwendet. Der folgende Abschnitt beschäftigt sich mit dem verwandten Problem, kürzeste Rundreisen zu finden.

Problem des Handlungsreisenden

Benjamin Kloss, Christian Martin



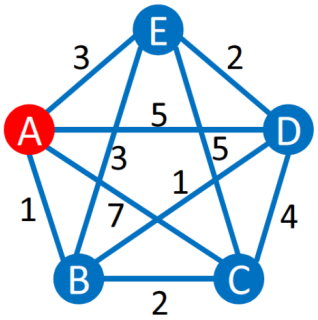
Eine kürzeste Rundreise zwischen unseren zwölf Kursteilnehmern auf einer Baden-Württemberg-Karte.

Früher standen Handlungsreisende vor dem Problem, dass sie viele Städte besuchen wollten, um dort ihre Waren zu verkaufen, aber dabei möglichst wenig Strecke zurücklegen wollten. In der Mathematik nennt man deshalb die Ermittlung einer kürzesten Rundreise zwischen mehreren Orten das *Problem des Handlungsreisenden*. Man kann das Problem durch einen gewichteten Graphen modellieren, in dem die Knoten für die Städte und die Kanten für die Verkehrsverbindungen zwischen den Städten stehen. Die Gewichte der Kanten stehen für die Entfernungen zwischen den Städten. Normalerweise kann man von jeder Stadt jede andere erreichen, sodass man einen sogenannten *vollständigen Graphen* erhält. Im Folgenden wollen wir Rundreisen in einem vollständigen, gewichteten Graphen G anschauen, d. h. wir suchen einen Hamiltonkreis in G mit kleinstmöglichem Gewicht.

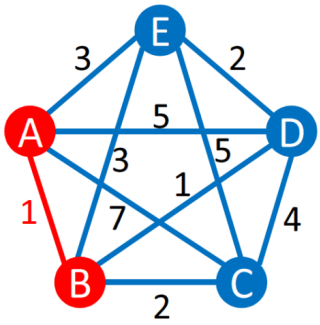
Eine Möglichkeit, eine kürzeste Rundreise zu ermitteln, ist es, alle möglichen Rundreisen im betrachteten Graphen auszuprobieren. Das einzige Problem dabei ist die Zeit, die das Verfahren braucht. Wir haben damit in unserem Kurs eine kürzeste Rundreise zwischen den Wohnorten der 12 Kursteilnehmer bestimmt, wofür der Computer 2 Minuten und 45 Sekunden benötigt hat. Das liegt daran, dass der Computer $1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 5 \cdot \ldots \cdot 11$ Rundreisen ausprobieren muss, also etwa 40 Millionen Stück. Bei 13 Kursteilnehmern ist die Anzahl der möglichen Rundreisen 12-mal so groß, das heißt, die benötigte Rechenzeit ist ebenfalls 12-mal so groß. Für die 15 Wohnorte der Kursteilnehmer und der Kursleiter würde unser Computer mit diesem Verfahren sogar 4 Tage benötigen.

Nächste-Nachbar-Verfahren

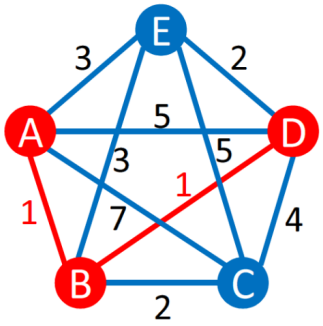
Ein anderer Lösungsansatz ist das *Nächste-Nachbar-Verfahren*. Dieses Verfahren benötigt deutlich weniger Rechenzeit als das Ausprobieren von allen Rundreisen, liefert allerdings nicht immer eine kürzeste Rundreise. Bei diesem Verfahren wird als erstes ein beliebiger Knoten, der Startknoten, rot gefärbt.



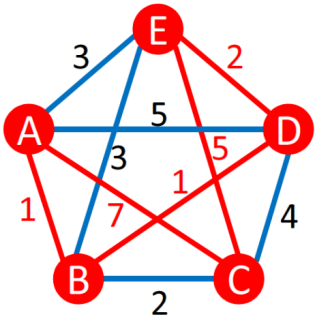
Dann wird eine Kante mit dem kleinsten Gewicht zwischen dem Startknoten und einem nicht gefärbten Knoten x, sowie der Knoten x, rot gefärbt.



Als nächstes werden eine Kante mit dem kleinsten Gewicht zwischen x und einem weiteren nicht gefärbten Knoten sowie dieser Knoten rot gefärbt.

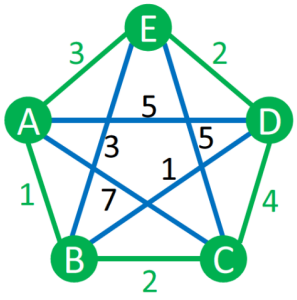


Das wiederholt man so lange, bis alle Knoten rot gefärbt sind. Wenn alle Knoten rot gefärbt sind, wird die Kante zwischen dem zuletzt gefärbten Knoten und dem Startknoten ebenfalls rot gefärbt. Die roten Kanten ergeben dann eine Rundreise.



In diesem Beispiel liefert das Nächste-Nachbar-Verfahren eine Rundreise der Länge 16. Dies ist keine kürzeste Rundreise, da die grün gefärbte Rundreise die Länge 12 hat.

Obwohl das Nächste-Nachbar-Verfahren nicht immer eine kürzeste Rundreise liefert, wird es trotzdem verwendet, weil man damit schnell eine kurze Rundreise bestimmen kann. Wie man auf andere Weisen kürzeste Rundreisen



Die grüne Rundreise ist kürzer als die mit dem Nächste-Nachbar-Verfahren bestimmte.

berechnet, hat uns unser Gast Wolfgang Riedl erklärt.

Unser Tag mit Wolfgang Riedl

Jana Braunger, Julia Högerle

Unser Gast Wolfgang Riedl.

Am Montag in der zweiten Akademiewoche fanden kursspezifische Exkursionen statt, für die unsere Kursleiter ein Treffen mit Wolfgang Riedl organisiert hatten.

Wolfgang erklärte uns ergänzend zu den behandelten Kursthemen deren Anwendungen im täglichen Leben. Im Rahmen seiner Promotion im Gebiet der Optimierung arbeitet er unter anderem an einem Projekt in München, bei dem er mit Graphentheorie zu tun hat. Um die Hintergründe dieses Projekts verstehen zu können, beschäftigten wir uns zunächst mit dem Problem des Handlungsreisenden und wie man beurteilen kann, ob eine gefundene Rundreise gut ist.

Bei dem Projekt geht es darum, die in den Außenbezirken geparkten Autos der Organisation *car to go* wieder in die Innenstadt zu fahren. Diese Route beginnt damit, dass die

Shuttle-Busse die Mitarbeiter der Organisation zu den – meist in verschiedenen Vororten Münchens geparkten – Autos fahren. Die Aufgabe der Mitarbeiter ist, die Autos an der nächstgelegenen Tankstelle zu tanken und dann wieder ins Stadtzentrum zu fahren, damit sie dort für die Kunden bereit stehen. Zur gleichen Zeit wie die Mitarbeiter soll der Shuttle-Bus im Stadtzentrum ankommen, um sie wieder in die Vororte zu bringen. Wolfgang hat uns seine Lösung zu diesem Problem gezeigt und wie sie in der Praxis angewandt wird.

Zum Schluss veranstalteten wir noch einen kleinen Wettbewerb, bei dem jeder versuchte eine möglichst kurze Rundreise durch 35 deutsche Städte zu finden. Unter dem Link http://www-m9.ma.tum.de/material/tsp-game/ kann man dieses Spiel ausprobieren. Wolfgangs Besuch war ein tolles Erlebnis, bei dem wir viel gelernt haben. Wir haben die Graphentheorie von einer ganz anderen Seite kennengelernt, was uns sehr begeistert hat.

Präsentationen

Amelie Grimm, Gözde Kabadayi

Rotation

Nach der halben Akademiezeit fand, wie üblich, der Austausch der Kurse über die jeweiligen Inhalte in Form der Rotation statt. Dazu verteilten wir die folgenden Themen gleichmäßig untereinander.

- Was sind Graphen?
- Eulersche Graphen und das Königsberger-Brücken-Problem
- Minimal aufspannende Bäume

Nach einer intensiven Übungsphase rückte der Zeitpunkt der Präsentation immer näher und die Aufregung vor unserer ersten gemeinsamen Präsentation stieg. Obwohl wir Teilnehmer uns bereits untereinander kannten, war es dennoch ein neues Erlebnis, vor so vielen Leuten zu präsentieren. Nicht nur die Teilnehmer, sondern auch andere Kursleiter kamen zu unseren Präsentationen. Später bekamen wir von unseren Kursleitern ein ausführliches Feedback, das uns half, unseren Präsentationsstil mit Hinblick auf die Abschlusspräsentation zu verbessern.

Abschlusspräsentation

Die Abschlusspräsentation am Ende der Akademie verlief ähnlich wie die Rotation. Jedoch waren diese Präsentationen für die Öffentlichkeit, unter anderem für unsere Eltern, Geschwister und ehemalige Teilnehmer, zugänglich, weshalb wir unsere Rotationspräsentation anpassten. Außerdem ergänzten wir zu unserem bisherigen Vortrag folgende Themen, da wir diese erst nach der Rotation behandelt hatten:

- Berechnung von kürzesten bzw. schnellsten Wegen
- Landkarten einfärben
- Bestimmen einer kürzesten Rundreise zwischen allen Kursteilnehmern

Während unserer Präsentation konnten wir die Verbesserungsvorschläge unserer Kursleiter direkt umsetzen. Dies führte dazu, dass auch dieser Vortrag erfolgreich gemeistert wurde und wir dadurch einen guten Eindruck beim Publikum hinterlassen konnten. Leider war mit der Abschlusspräsentation auch unsere gemeinsame Kurszeit zu Ende, weshalb wir, trotz der gelungenen Präsentationen, etwas betrübt waren.

Sportfest

Benjamin Kloss, Julia Högerle

Am Dienstag der ersten Woche fand das Sportfest statt, auf das wir uns alle sehr freuten. Dort bewiesen wir, dass wir nicht nur im Kurs ein

eingespieltes Team waren, sondern auch noch die verschiedensten sportlichen Aufgaben gemeinsam meistern konnten. Diese gingen von der Aufgabe, den Akademiebus einen Berg hoch zu ziehen, einen Slalom mit Taucherflossen zu absolvieren bis hin zum Teebeutelweitwurf.

Manche Aufgaben, wie beispielsweise einen Hula-Hoop-Reifen in einer Reihe zu transportieren, erledigten wir so, dass wir dachten, wir hätten die Aufgabe hervorragend gemeistert. Aber im Vergleich mit den anderen Kursen stellte sich heraus, dass wir nur im Mittelfeld rangierten. Am besten schnitten wir ab, als wir alle auf einem Tuch standen und dieses umdrehen mussten, ohne dass jemand den Boden berührte. Bei uns standen am Ende noch sechs Leute auf dem Tuch, während es bei vielen anderen Kursen nur noch drei Personen waren. Zusätzlich erledigten wir die Aufgabe am schnellsten.

Gruppenfoto beim Sportfest.

Unsere Paradedisziplin bestand zweifelsohne im Anfeuern unseres Kurses. Lauthals schrien wir unser Motto: „Induktions – Beweis“. Wir hatten uns aber auch für jeden anderen Kurs einen Schlachtruf überlegt. Beispielsweise begrüßten wir die Geophysiker mit dem Ruf „Atmos – Phäre“.

Beim Finale ging es darum, einen Eimer mit Wasser zu füllen, indem man das Wasser mithilfe eines Schwammes aus einer großen Wanne holen musste. Auch hier waren wir nicht die Besten, erzielten aber ein akzeptables Ergebnis. Dabei darf man nicht vergessen, dass wir dezimiert waren, da Niklas leider fehlte.

Da wir alle unser Bestes gegeben hatten, waren wir auch schon sehr gespannt auf das Ergebnis, welches am Bergfest bekannt gegeben wurde.

Unsere Siegerurkunde.

Zu unserer eigenen Überraschung gewannen wir vor TheoPrax das Sportfest. Als Preis gab es einen schönen Obstkorb, bei dem wir erst später feststellten, dass unter dem Obst vier Packungen Toffifee versteckt waren.

Nachwort

Die Kursteilnehmer

Nicht nur beim Sportfest hielten wir zusammen. Auch im Kurs spürte man zu jeder Zeit die gute und entspannte Atmosphäre. Wir haben uns die ganze Akademie über sehr gut verstanden, weshalb wir uns immer wohl fühlten. Rückblickend sind wir sehr begeistert von unserem Kurs und konnten viele neue Erfahrungen sammeln. Das haben wir vor allem unseren motivierenden und hilfsbereiten Kursleitern sowie unserem tollen Schülermentor zu verdanken. Diese haben uns nicht nur viel beigebracht, sondern auch bei Laune gehalten. Zusammen hatten wir unheimlich viel Spaß und haben dabei viel gelacht. Diese wunderschöne Zeit werden wir noch lange in Erinnerung behalten, da wir uns alle sehr ans Herz gewachsen sind.

Kurs 5 – Physik: Ganz schön turbulent – die Lehre von Strömungen

Unser Kurs

Benjamin Brindle war der Mathe-Experte im Kurs, der uns des Öfteren mit hervorragenden mathematischen Kenntnissen verblüffte. Wenn etwas nicht gelingen wollte, regte er sich nicht auf. Durchweg behielt er seine ruhige Art bei und dachte fleißig über eine Lösung nach. Außerdem war er ein prima Kumpel zum Schachspielen, Faulenzen und Plaudern.

Diane Klose zeichnete sich durch ihre guten handwerklichen Fähigkeiten aus. Strukturiert und organisiert aber dennoch gut gelaunt ging sie jedes Problem an und steuerte maßgeblich zur Lösungsfindung bei. Mit ihrer Einsendung beim akademieweiten Fotowettbewerb „Glück im Bild“ verdiente sie sich am Doku-Wochenende Glücksschokolade.

Dilara Soysal wurde dank ihrer fröhlichen und liebenswürdigen Art von uns allen ins Herz geschlossen. Im Kurs brachte sie an der richtigen Stelle Denkanstöße und Anregungen ein. Dabei schreckte sie nicht davor zurück, viele bereichernde Fragen zu stellen. So regte sie manche kursinterne Diskussion an und brachte selbst in die trockene Theorie neuen Schwung.

Elly Reich wirkte aktiv in der Seifen-Gruppe mit und tüftelte unermüdlich und voller Energie. Immer positiv eingestellt und hilfsbereit verlor sie weder Überblick noch Geduld. Beim Sportfest übernahm sie häufig die Koordination unserer (sonst teils chaotischen) Physiker-Gruppe und war so entscheidend für unser erfolgreiches Abschneiden.

Janik Dietz schaffte es mit Elan, in jedes Gespräch Bewegung zu bringen. Er ließ uns alle an seinem Ideenüberschuss teilhaben und wies uns auf mögliche Probleme hin. Sogar von Niederlagen wie zum Beispiel etwas eigenwilligen Messergebnissen im Schwimmbad ließ sich sein Ehrgeiz nicht unterkriegen. So machte es großen Spaß, mit ihm zu arbeiten.

Johannes Wieland war stets sehr interessiert an theoretischen Kursinhalten und konnte diese auch verständlich wiedergeben. Passend zum Hauptberuf des Elektrikers (ausgeübt in der Theater AG) war er bei Experimenten der Sicherheitsexperte und immer darauf bedacht, alle Eventualitäten zu durchdenken.

Jonas Zischka verlor nie den Plan aus den Augen und wusste dadurch immer, was zu tun ist. Durch seine pragmatisch schwäbische Art hat er so manche Diskussion vor der sinnlosen Ausuferung bewahrt und uns angetrieben, das zu tun, was gerade am wichtigsten war. Ohne ihn säßen wir wahrscheinlich immer noch in Adelsheim und würden uns um die Reihenfolge der Vortragsteile streiten.

Lea Simic trug mit ihrer offenen und ruhigen Art zum guten Kursklima bei. Ihre Kreativität, Sorgfalt und Konzentration auf das Wesentliche machten sie zu einem guten Teammitglied. Auch außerhalb des Kurses hatte sie lustige Geschichten auf Lager, mit denen sie die Stimmung auflockern konnte.

Paul Krüper war mit seinem angenehmen und ausgeglichenen Charakter zu jedem Zeitpunkt ansprechbar und hilfsbereit. Freundlich und verlässlich, wie wir ihn kennengelernt hatten, war er gerne bereit, sich für das Team einzusetzen. Die theoretischen Hintergründe bereiteten ihm immer großen Spaß, weshalb er sich auch gerne in seiner Freizeit damit beschäftigte.

Sabine Wolf verhielt sich durchweg aufmerksam und aufgeschlossen und bereicherte die Nebel- und Seifen-Gruppe mit kreativen Ideen und zielstrebiger Arbeit. Auch außerhalb war sie offen und hatte immer einen Sinn für Humor. Damit war sie eine sehr angenehme Person zum Unterhalten, und man musste sie einfach lieb haben.

Sebastian Koch animierte viele von uns mit seiner fröhlichen Art, selbst spät am Nachmittag am Projekt weiterzubauen. Im Kurs wurde er von einigen neckisch „junge Erbse“ genannt, da er häufig grüne Kleidung trug. Auch bekannt war er für seine läuferische Energie, weil er sich jeden Morgen beim morgendlichen Joggen sportlich betätigte.

Vincent Geppert war im Physik-Kurs sehr gut aufgehoben, was sich während der Arbeit herauskristallisierte. Für die Probleme und Herausforderungen hatte er immer einen Vorschlag parat, wie man weiterarbeiten konnte. Auch gelang es ihm, ein Aluminiumrohr ohne Knick zu biegen, obwohl daran selbst die Kursleiter gezweifelt hatten!

Maybritt Schillinger hatte als unsere Schülermentorin alle Hände voll zu tun und kümmerte sich rührend selbst um unsere banalsten Probleme. Sie war immer zur richtigen Zeit am richtigen Ort, um uns mit Rat und Tat zur Seite zu stehen. Auch für unsere verrücktesten Ideen war sie zu haben und wird uns deshalb sicherlich noch lange in Erinnerung bleiben.

Celia Viermann war eine Verfechterin des selbständigen Arbeitens und ließ uns den nötigen Freiraum, um unsere Ideen zu verwirklichen. Sie beantwortete gerne unsere zum Teil wirren Fragen und war nie ohne Lächeln im Gesicht anzutreffen. Und selbst wenn sie mal wieder hinter uns herräumen musste, verlor sie (fast) nie die Geduld und glaubte (fast) immer an eine Besserung.

Jochen Reder gab mit seiner großväterlichen Art auf alle Teilnehmer unseres Kurses acht und lernte selbst noch im Bereich der Astrophysik von Kursleiterin Celia dazu. Er prägte den Spruch „Wir sind keine Besserwisser, wir wissen's wirklich besser“. Mit seinen vielen Lebensweisheiten aus seiner langjährigen Lehrerlaufbahn brachte er uns oft zum Lachen und lockerte die Stimmung damit auf.

Was wir Physiker gemacht haben

Sabine Wolf, Lea Simic

Der Physik-Kurs beschäftigte sich dieses Jahr mit der Fluiddynamik, der Lehre von Strömungen. Diese lässt sich unterteilen in die Aerodynamik, also die Lehre von Luftströmungen, und in die Hydrodynamik, die Lehre von Wasserströmungen.

Strömungen sind Bewegungen in Gasen und Flüssigkeiten. Man unterscheidet zwischen turbulente und laminare Strömungen. Laminare Strömungen (lat. lamina für Platte) verlaufen gradlinig, während turbulente Strömungen (lat. turbulentus für unruhig) Turbulenzen, also Wirbel, aufzeigen.

Unser Ziel war es, Strömungen in verschiedenen Fluiden sichtbar zu machen und Messungen durchzuführen. Dabei mussten geeignete Wege zur Visualisierung der Strömungen gefunden, die richtigen Versuchsaufbauten entwickelt, gebaut und die Experimente an ihnen durchgeführt sowie die gewonnenen Ergebnisse abschließend ausgewertet werden.

Nachdem wir uns schon am Eröffnungswochenende mit Strömungen beschäftigt hatten und Fragen wie „Warum fühlt sich mit offenem Mund ausgehauchte Luft warm, mit spitzen Lippen ausgepustete Luft aber kalt an?“ auf den Grund gegangen waren, entstanden gleich zu Beginn des Sommers viele tolle Ideen. So viele Ideen, dass wir beschlossen, sie in Kleingruppen weiterzuentwickeln. Am Ende wurden vier Gruppen mit verschiedenen Vorhaben gebildet:

- Gruppe 1: Turbulenzbildung – Strömungen auf Seifenfilmen
- Gruppe 2: Hydrodynamik – Messungen im Schulschwimmbad
- Gruppe 3: Hydrodynamik – Bau eines Wasserkanals
- Gruppe 4: Aerodynamik – Visualisierung von Luftströmungen im Windkanal

Hin und wieder – wenn man sich dann von den anstrengenden Bauphasen erholen musste – kam auch etwas Theorie ins Spiel, die unsere grauen Hirnzellen aktivieren sollte. Hier aber reichte schon eine halbe Stunde, um unsere Köpfe zum Rauchen zu bringen. Gegen

Ende der Akademie gab es dann noch einen Ausflug zur Firma Tintschl, die sich mit Strömungen in Lüftungsanlagen beschäftigt sowie Optimierungen im Bereich der Autotechnik vornimmt. Zudem besuchten wir die Technische Hochschule Nürnberg, wo wir unsere Ergebnisse zu Luftströmungen mit denen eines professionellen Windkanals vergleichen durften und erfreulicherweise feststellen konnten, dass wir gar nicht so schlecht waren!

Im Folgenden wollen wir näher auf unsere theoretische Arbeit, auf unsere Versuche und die dabei gewonnen Erkenntnisse eingehen, aber auch von unserer Exkursion berichten. Wir wünschen also viel Spaß beim Lesen!

Das Gesetz von Bernoulli

Paul Krüper

Am Eröffnungswochenende haben wir uns intensiv mit einigen Grundlagen der Physik, wie z. B. Kraft, Arbeit und Energie beschäftigt. Außerdem führten wir einige überraschende

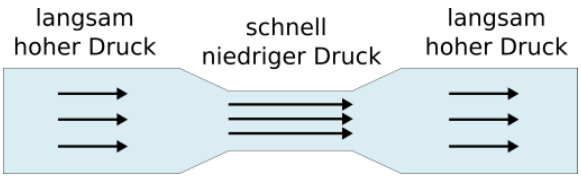
Versuche durch, die mit den Strömungen von Flüssigkeiten oder Gasen zu tun hatten. So nahmen wir unter anderem zwei Streifen Papier, hielten sie parallel zueinander und bliesen von der Seite hinein. Doch entgegen unserer Erwartung wurden die Streifen nicht auseinander gedrückt, sondern sie zogen sich an! Wie war das möglich?

Daniel Bernoulli (1700–1782) war ein Schweizer Mathematiker und Physiker, der sich neben der Hydrostatik auch mit der Fluiddynamik befasste. Zu seinen Lebzeiten war bekannt, dass in einem Rohr, durch das ein Fluid fließt, welches sich nicht zusammendrücken lässt (also „inkompressibel“ ist), die Fließgeschwindigkeit v umso größer ist, je kleiner der Rohrdurchmesser ist (Venturi-Effekt). Oder auch: $r^2 \propto \frac{1}{v}$ (das Quadrat des Rohrdurchmessers ist proportional zum Kehrwert der Geschwindigkeit). Laut dem Kontinuitätsgesetz tritt das gleiche Volumen von Flüssigkeiten/Gasen aus, das auch eingetreten ist; damit muss sich die Geschwindigkeit erhöhen, wenn das Rohr schmaler wird.

Doch das verletzt auf den ersten Blick den Energieerhaltungssatz, denn es verändert sich die Geschwindigkeit, und daher muss es eine Beschleunigung geben. Folglich muss eine Kraft wirken, die das Fluid beschleunigt (es gilt $F = m \cdot a$). Und mit der Geschwindigkeit nimmt die Bewegungsenergie zu, da $E_{kin} \propto v^2$. Woher stammt also die Energie, mit der das Fluid beschleunigt wird? Und die Kraft?

Bernoulli kannte diesen Widerspruch und experimentierte mit einigen Röhren unterschiedlichen Durchmessers. Nach einigen Versuchen konnte er Venturis Beobachtung bestätigen. Daraufhin schloss er einige dünne Glaskolben an seine Apparatur an, um darin den statischen Druck zu messen. Und er machte eine grundlegende Entdeckung: Der (statische) Druck war in der Röhre unterschiedlich!

An den schmalen Stellen der Röhre, an denen die Flüssigkeit sich nach Venturi schnell bewegte, herrschte ein geringerer Druck als an den breiteren Stellen! Daher: $V \propto \frac{1}{p}$. Wenn wir uns die allgemeine Formel für den Druck anschauen, kann man sehen, woher die Kraft kommt, die wir suchen: $p = F/A$. Hier kommt die gesuchte Kraft sowie der Druck vor. Und die fehlende Energie? Die ist u. a. mit der Formel $\Delta E = W = F \cdot \Delta s$ (Energieänderung/Umwandlung ist Arbeit und damit Kraft mal die Strecke, auf der die Kraft wirkt) gekoppelt. Das Ganze kann man sich so vorstellen: Damit ein Druck herrscht, muss eine Kraft wirken („Kraft pro Fläche“) und für die Kraft muss man Arbeit verrichten (also „arbeiten“). Da man sich Druck als Energieform/dichte vorstellen kann, ist bei einem niedrigeren Druck auch weniger Energie in dieser Form vorhanden, d. h. man hat weniger Energie für den Druck „abgegeben“, und damit eine überschüssige Energiedifferenz δE, die jetzt für die Beschleunigung der Flüssigkeit vorhanden ist.

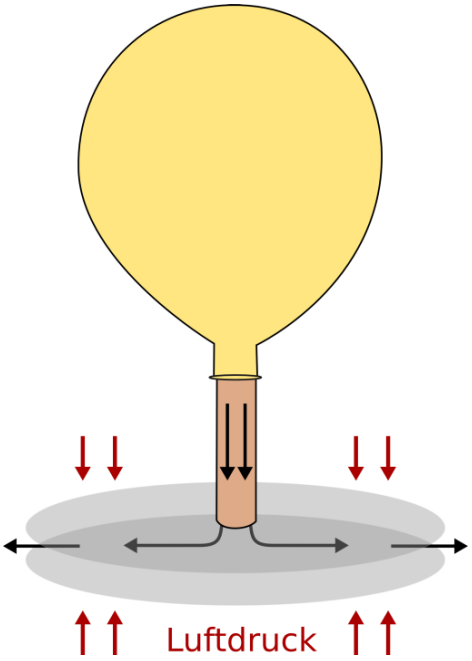


Ein Gedankenexperiment zum Bernoulli-Effekt: Je größer der Rohrdurchmesser, desto größer die Geschwindigkeit und damit desto kleiner der Druck in diesem Röhrenabschnitt

Damit lässt sich unser oben angesprochenes Experiment mit den Papierstreifen erklären: Die Luft strömt von oben durch den Spalt; dadurch muss die Luft einen „engeren“ Weg nehmen als wenn kein Spalt vorhanden wäre. Zusätzlich hat die Luft beim Pusten schon eine Anfangsgeschwindigkeit, welche laut dem Venturi-Effekt eine Geschwindigkeitserhöhung und damit laut dem Bernoulli-Gesetz eine Druckverminderung (also Unterdruck) verursacht. Deswegen werden die beiden Streifen zusammengedrückt.

In einem anderen Versuch wird das hydrodynamische Paradoxon demonstriert: Hier bläst man einen Ballon auf, dessen Öffnung an einem Loch einer Platte befestigt ist. Lässt man den Ballon los und hält man eine andere Platte parallel zur ersten, werden beide Platten zusammengedrückt (wie oben erklärt), anstatt sich wie erwartet abzustoßen. Wenn allerdings die Platten sich anziehen und anschließend berühren, kann keine Luft mehr dazwischen hindurchströmen und damit reißt theoretisch der Effekt ab, und die untere Platte würde abfallen. Allerdings strömt ja noch Luft aus dem Ballon aus, deswegen befinden sich beide Kräfte im

Gleichgewicht, bis der Ballon leer ist.



Das Hydrodynamische Paradoxon

Mit den bernoullischen Ansätzen lässt sich auch noch ein anderes Phänomen des Alltags erläutern: Und zwar warum sich beim Pusten die Luft kalt und beim Hauchen warm anfühlt. Das hängt nämlich besonders von der Form der Lippen ab. Beim Pusten ist die Mundöffnung kleiner, damit die Luft schneller und der Luftdruck kleiner. Dadurch reißt der Strom weitere kalte Luft mit sich, welche auf die Hautoberfläche auftrifft und sich kalt anfühlt, weil die meiste Luft, die auftrifft, kalte Umgebungsluft ist. Beim Hauchen reißt der Strom nicht so viel Luft mit sich und die Entfernung vom Mund zur Hand ist auch kleiner.

Sie glauben mir nicht? Dann können Sie es beim nächsten Saunabesuch selbst ausprobieren. Hauchen bzw. pusten Sie dort einmal auf ihre Hand: Sie werden überrascht sein. Beim Pusten wird ja viel warme Luft mitgerissen, die viel wärmer als Ihre Köpertemperatur ist. Dadurch fühlt sich die heiße Luft der Sauna auf der Hand warm an. Beim Hauchen hingegen trifft die relativ kalte Luft aus der Lunge mit Körpertemperatur auf die nun etwas erwärmte Hand, die sich mittlerweile ein wenig an die Außentemperatur angepasst hat, auf und fühlt sich deswegen viel kälter an (zur Erinnerung: vorhin fühlte die Luft beim Pusten sich kälter und beim Hauchen wärmer an).

Der Bernoulli-Effekt gehört zu den wichtigsten Erkenntnissen im Bereich der Fluiddynamik, denn mit ihm lassen sich grundlegende Sachverhalte wie z. B. einfache Strömungen ausreichend gut erklären. Er gehört somit zum naturwissenschaftlichem Basiswissen.

Theorie der Strömungen

Jonas Zischka, Benjamin Brindle

In der Fluiddynamik werden Strömungsphänomene rechnerisch untersucht. Dazu werden sie durch zwei sehr komplexe Differentialgleichungen (DGL) beschrieben: die Navier-Stokes-Gleichung

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + \vec{v}\frac{\partial \vec{v}}{\partial \vec{x}} = \frac{1}{\rho}\left(-\frac{\partial P}{\partial \vec{x}} + \eta\frac{\partial^2 \vec{v}}{\partial \vec{x}^2} + \vec{F}\right) ,$$

und die Kontinuitätsgleichung

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \vec{v}\frac{\partial \rho}{\partial \vec{x}} + \rho\frac{\partial \vec{v}}{\partial \vec{x}} = 0 .$$

Hier bezeichnet beispielsweise $\frac{\partial}{\partial t}$ die Ableitung (s. u.) nach der Zeit, $\frac{\partial}{\partial \vec{x}}$ die nach der räumlichen Position. Beide DGL wurden bis heute nicht gelöst. Sie enthalten unter anderem Terme, welche die zeitliche sowie räumliche Änderung der Geschwindigkeit und die räumliche Änderung des Druckes darstellen. Für uns war es im Kurs nicht möglich, die Gleichungen im Detail zu behandeln, da hierfür ein sehr tiefes physikalisches Verständnis vorhanden sein muss. Um zu verstehen, wie solche Differentialgleichungen physikalische Zusammenhänge beschreiben, haben wir einfachere Beispiele wie die harmonische Federschwingung betrachtet.

Ableitungen und Differentialgleichungen

Mit der Ableitungsfunktion $f'(x)$ einer Funktion $f(x)$ bezeichnet man die Zuordnungsfunktion

$$x \mapsto \textit{Steigung der Tangente an den Funktionsgraphen} ,$$

wobei $f(x)$ in x stetig sein muss, d. h. man kann hier den Funktionsgraphen ohne Absetzen des Stiftes zeichnen.

Eine Tangente ist nichts anderes als eine Gerade mit Geradengleichung $f(x) = mx + a$, wobei hier m die Steigung bezeichnet. Die Steigung m ist bei einer Geraden definiert als y-Änderung pro x-Änderung. Oder anders ausgedrückt: $m = \frac{\Delta y}{\Delta x}$. Dies kann man sich leicht an einem Steigungsdreieck verdeutlichen.

Die Steigung der Tangente einer Funktion f an einem festen x_0 ist fast analog definiert: Hier nehmen wir x_0 und $x_0 + \Delta x$ mit einem $\Delta x > 0$ her und legen durch die zugehörigen zwei Punkte der Funktion $f(x)$ eine Gerade. Nach unseren Resultaten über eine Gerade oben besitzt diese die Steigung

$$\frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{(x_0 + \Delta x) - x_0} = \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}.$$

Je näher Δx bei 0 liegt, desto mehr nähern wir uns der Tangente von f in x_0, da die beiden Punkte, durch die die Gerade gelegt ist, immer näher zusammenrücken. Lassen wir also Δx gegen 0 konvergieren (heißt: wir nähern uns der 0 immer mehr bzw. machen den Abstand der zwei Punkte unendlich klein), so bekommen wir auf diese Weise die Steigung der gesuchten Tangente. Damit ist deren Steigung, also die Ableitung von $f(x)$ in x_0,

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)}{\Delta x}$$

(man spricht: „Limes von Δx gegen 0 von …“, wobei Limes den Grenzwert bezeichnet). Ist f auf dem gesamten Definitionsbereich stetig, so definiert man in Anlehnung an das soeben Dargestellte die Ableitungsfunktion:

$$f'(x) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{f(x + \Delta x) - f(x)}{\Delta x}$$

mit demselben Definitionsbereich wie $f(x)$.

Wichtige Ableitungsregeln sind auch die folgenden Formeln (diese haben wir im Kurs zwar nicht behandelt, sind aber zum vollen Verständnis des nachfolgenden Theorieteils wichtig, vor allem die letzte). Hierzu seien f und g stetige Funktionen auf ihrem Definitionsbereich:

$$[(f+g)(x)]' = f'(x) + g'(x)$$
$$[(f \cdot g)](x)' = f'(x)g(x) + f(x)g'(x)$$
$$[f(g(x))]' = f'(g(x)) \cdot g\prime(x)$$

Man kann sich die Ableitungen besonders gut an dem physikalischen Beispiel der Ortsfunktion veranschaulichen. Betrachtet man die momentane Änderung des Ortes mit der Zeit, stellt dies die momentane Geschwindigkeit bzw. die Ortsfunktion nach der Zeit abgeleitet dar.

Zu beachten ist, dass in der Physik die Ableitung nach der Zeit mit einem Punkt über der abgeleiteten Funktion geschrieben wird und nicht mit einem Strich wie in der Mathematik (Beispiel: $\dot{s}$ anstatt s').

Harmonischer Federschwinger

Ein einfaches Beispiel für eine DGL ist der harmonische Federschwinger. Hier wird an eine Feder ein Gewicht gehängt und die Feder per einmaligem Ziehen (Auslenken) nach unten in Schwingung versetzt. Beim harmonischen Federschwinger werden Kräfte wie Gravitation etc. nicht berücksichtigt.

Zur Auslenkung dieser Feder ist eine Kraft notwendig, die proportional zur Auslenkung der Feder ist (Hookesches Gesetz):

$$\vec{F} = -D\vec{s}$$

Dabei bezeichnet D die Federkonstante und F die Federkraft. Diese Kraft dient zur Beschleunigung einer Masse (Newtonsches Kraftgesetz):

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\dot{\vec{v}} = m\ddot{\vec{s}}$$

Dabei ist a die Beschleunigung und F die sich dazu proportional verhaltende Kraft. Zur Herleitung benötigten wir die Formel für die Federkraft, die Kraftdefinition

$$\vec{F} = \dot{\vec{p}}$$

und den Verlauf einer harmonischen Schwingung. Um diesen Verlauf zu beschreiben, benötigt man Sinus- und Kosinusfunktionen. Wie diese definiert sind, wollen wir im Folgenden erklären:

Trigonometrie

Der Sinus (eines Winkels) ist definiert als das Verhältnis von Gegenkathete zu Hypotenuse in einem rechtwinkligen Dreieck, bei dem ein Innenwinkel so groß ist wie der, von dem wir den Sinus bestimmen wollen. Diese Sinusfunktion kann auch außerhalb des Intervalls $[0°, 90°]$ definiert werden. Hierbei wird er 2π-periodisch im Bogenmaß gesehen. Man kann sich diese Definition am Einheitskreis, der hier nicht weiter ausgeführt werden soll, geometrisch verdeutlichen (wenn man einmal die gesamte Kreislinie (2π lang) abgelaufen ist, steht man wieder am Startpunkt und eine Periode ist zu Ende). Der Kosinus ist genau so definiert, nur mit dem Verhältnis von Ankathete zu Hypotenuse.

Die Kosinusfunktion ist nichts anderes als die Sinusfunktion um eine viertel Periode verschoben. Wichtig sind für uns die Ableitungen der soeben vorgestellten Funktionen, um die DGL, welche nachher aufgestellt wird, lösen zu können:

$$\cos'(x) = -\sin(x)$$
$$\sin'(x) = \cos(x)$$

Bewegung des Federschwingers

Die zeitliche Entwicklung eines Pendels wird durch eine solche trigonometrische Funktion beschrieben:

$$s(t) = s_0 \cos(\omega t) \ .$$

Dabei bezeichnet ω die sogenannte Kreisfrequenz. Sie ist ein Maß dafür, wie schnell eine Schwingung abläuft.

Die zur Impulsänderung notwendige Kraft ist die Ableitung des Impulses nach der Zeit. Man kann nun Umformen und auch nach der Geschwindigkeit ableiten.

$$\vec{F} = \dot{\vec{p}} = \frac{\mathrm{d}\vec{p}}{\mathrm{d}t} = \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(m\vec{v})$$
$$= \frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(m\frac{\mathrm{d}\vec{s}}{\mathrm{d}t}) = \frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}t^2}(m\vec{s})$$

Da nun beide Formeln dieselbe Kraft beschreiben, können wir jene gleichsetzen.

$$0 = m\ddot{\vec{s}}(t) + D\vec{s}(t) \qquad (1)$$
$$\Leftrightarrow m\frac{\mathrm{d}^2\vec{s}}{\mathrm{d}t^2} = -D\vec{s}$$

Nun haben wir unsere Differentialgleichung erhalten. Zur Lösung dieser Gleichung verwenden wir eine Funktionsgleichung einer harmonischen Schwingung, das heißt, eine Sinus- oder Kosinusfunktion.

$$s(t) = s_0 \cos(\omega t) \qquad (2)$$

Wenn man nun nach der Kettenregel ableitet, erhält man eine weitere Ableitung des Ortes nach der Zeit.

$$\dot{s}(t) = -s_0 \sin(\omega t)$$
$$\ddot{s}(t) = -s_0\omega^2 \cos(\omega t) \quad \text{bzw.}$$
$$\ddot{s}(t) = (-\omega^2)s_0 \cos(\omega t) \qquad (3)$$

Einsetzen von 2 in 3 führt zu

$$\ddot{s}(t) = -\omega^2 s(t) \qquad (4)$$

Einsetzen von 4 in 1 führt zu

$$-m\omega^2 s(t) + Ds(t) = 0$$
$$\Leftrightarrow (-\omega^2 m + D)s(t) = 0$$

Da $s(t)$ nicht immer null ist, muss mit der Regel vom Nullprodukt gelten:

$$D = \omega^2 m \Leftrightarrow \frac{D}{m} = \omega^2$$
$$\Leftrightarrow \sqrt{\frac{D}{m}} = \omega$$

mit $\omega = \frac{2\pi}{T}$ erhält man schließlich

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{D}}$$

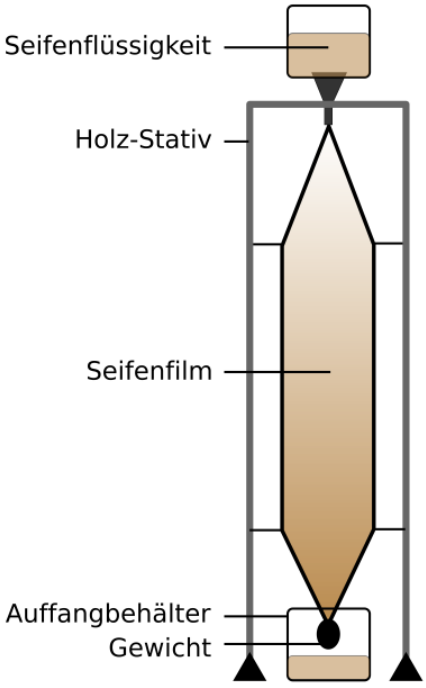
Hier wird erkennbar, dass man mithilfe der DGL und ihrer Lösungen wichtige Aussagen über die physikalischen Zusammenhänge machen kann – in diesem Beispiel kann man nämlich aus der DGL für den Federschwinger die Periodendauer herleiten.

Strömungen auf Seifenfilmen – Turbulente Straßen

Elly Reich

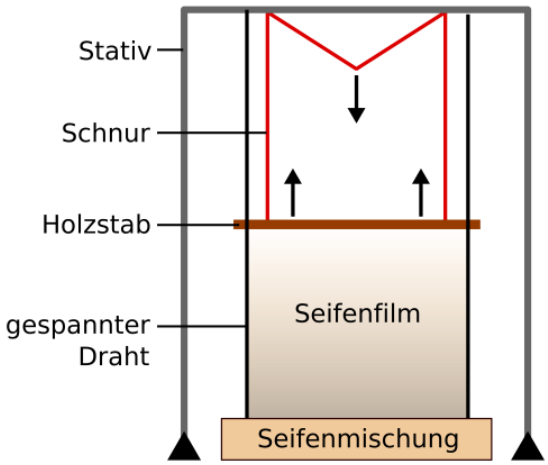
Seifenblasen schillern in vielen verschiedenen Farben. Von diesem Phänomen inspiriert, versuchten wir Strömungen hinter Objekten auf

einem Seifenfilm sichtbar zu machen. Denn je nach Dicke eines Seifenfilms hat dieser eine andere Farbe. Um eine Seifenlösung herzustellen, mischten wir zunächst Wasser, Spülmittel und Glycerin. Nach einigem Experimentieren fanden wir eine Lösung, mit der wir eine Seifenhaut erzeugen konnten. Nun überlegten und bauten wir eine Vorrichtung, bei der wir die Objekte in die fließende Seifenlösung halten konnten: Zwischen zwei Holzplatten sind senkrecht vier Leisten befestigt. Durch ein Loch in der oberen Platte fließt die Seifenflüssigkeit aus einem Kanister auf einen sich teilenden Draht, der mithilfe eines Gewichts gespannt ist. So bildet sich zwischen den Drähten eine Seifenhaut.



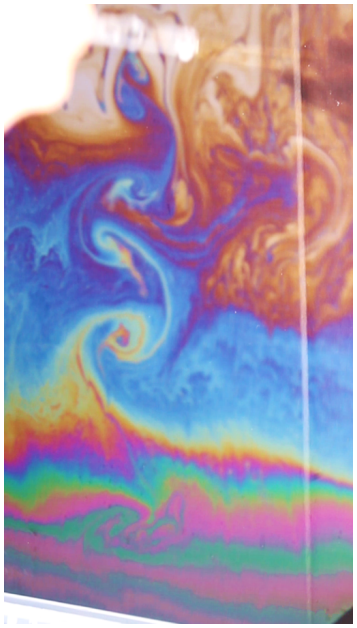
Turm mit fließender Seifenlösung

Zwar bildete sich eine ungefähr acht Zentimeter breite Seifenhaut zwischen den Drähten, doch konnten wir mit diesem Aufbau keine Ergebnisse erzielen, da die Seifenhaut meist nach nur wenigen Sekunden zerplatzte und nicht in verschiedenen Farben schillerte. Wir erkannten schnell, dass dies an der zu schnell durch den Trichter fließenden Seifenlösung lag. Außerdem war der erzeugte Seifenfilm zu dick. Um diese Probleme zu lösen, verkleinerten wir die Trichteröffnung, doch dies führte dazu, dass die Lösung keine Seifenhaut mehr bildete, sondern nur noch an den Drähten entlang floss. Daher bauten wir eine verbesserte Vorrichtung, bei der die Seifenhaut statisch war. Wir spannten einen Seifenfilm wie bei einer Riesenseifenblase entlang eines Drahtes, anstatt die Seifenlösung herunterfließen zu lassen. Die Objekte – wir nutzten Strohhalme – wurden hindurch gezogen.



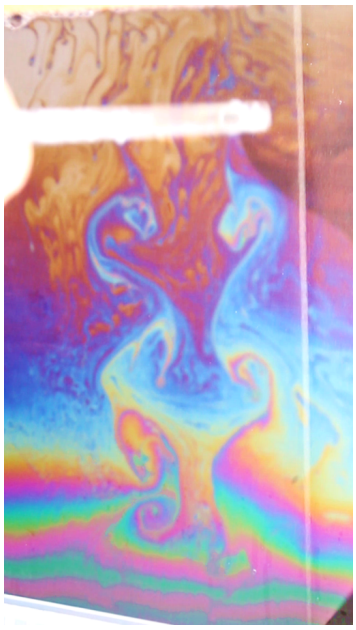
Zweiter Aufbau: statischer Seifenfilm

Der zweite Aufbau funktionierte so gut, dass die Strömungen hinter den Objekten sehr gut sichtbar waren und wir einzigartige Bilder und Videoaufnahmen machen konnten.



Kármánsche Straße hinter einem Strohhalm

Auf diesen erkennt man, wie wir es uns erhofft hatten, dass sich hinter den Strohhalmen eine



Kármánsche Straßen hinter zwei Strohhalmen, die sich gegenseitig beeinflussen

sogenannte Kármánsche Wirbelstraße bildet. Diese wurde im Jahr 1911 von Theodore von Kármán erstmals nachgewiesen und zeichnet sich dadurch aus, dass sich hinter einem umströmten Objekt gegenläufige Wirbel bilden. Das gleiche Phänomen sieht man zum Beispiel auch bei Wolken, die auf Bergspitzen treffen oder in den Versuchen der anderen Gruppen.

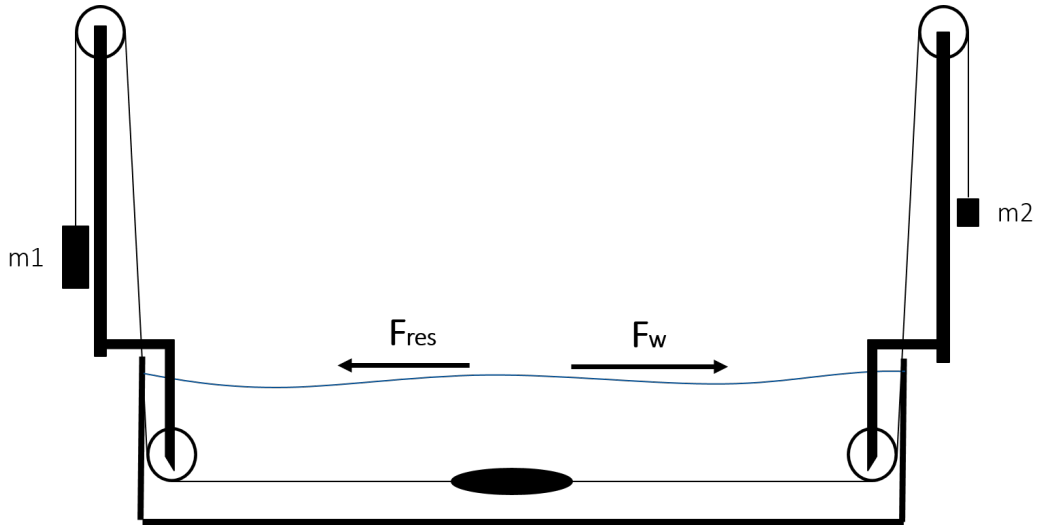
Messungen im Schulschwimmbad – Widerstand ist messbar

Johannes Wieland, Janik Dietz, Jonas Zischka

Schon beim Eröffnungswochenende haben wir an Schnüren befestigte Körper wie etwa Kegel oder Halbkugeln durch das Wasser im akademieinternen Schwimmbad gezogen, um Strömungen an diesen Körpern zu beobachten. Dabei stellten sich uns jedoch einige Probleme in den Weg. So war es schlecht möglich, Messungen durchzuführen, da wir weder die Körper mit einer konstanten Geschwindigkeit ohne äußere Störungen des Strömungsbildes durchs Wasser ziehen noch die relevanten Kräfte messen konnten. Deswegen hatten wir es uns zur Aufgabe gemacht, einen Versuchsaufbau zu konstruieren, der es uns ermöglichte, unsere Versuchskörper mit konstanter Geschwindigkeit durch das Becken zu ziehen, der aber gleichzeitig auch eine präzise Kräftemessung zulässt. In Bezug darauf war unser primäres Ziel die Errechnung der Widerstandszahlen der Körper, also der c_w-Werte. Diese sind körperspezifische Konstanten, die die Stromlinienförmigkeit eines Körpers angeben.

Aufbau

Da es uns nicht möglich war, eine Person im Wasser zum Ziehen der Körper einzusetzen, war es klar, dass wir eine Apparatur am Beckenrand benötigen würden, um unsere Messungen durchzuführen. Im Wesentlichen bestand unsere Apparatur aus zwei Kartenständern des



Aufbau der Apparatur im Schwimmbad

Eckenberg-Gymnasiums Adelsheim, die auf je einem dreieckigen Unterbau festgeschraubt waren. Wir befestigten mithilfe von Stativstangen je einen Flaschenzug oben an den Kartenständern. Am Unterbau war eine Art Galgen befestigt, der bis ins Wasser ragte.

Über ein Rollensystem liefen nun die Seile der Flaschenzüge durchs Wasser. In die Schnur konnten wir unsere Körper mittels zweier Haken einhängen. An beide Flaschenzüge hängten wir verschiedene Massen.

Etwa in der Mitte des Schwimmbeckens spannten wir eine Schnur, die uns zusammen mit einer weiteren Schnur kurz vor Ende des Beckens als Markierung für die Zeitmessung diente. Als unsere Apparatur fertig war, dichteten wir noch unsere Körper mit Wachs ab, damit diese wasserfest waren.

Funktionsweise unseres Aufbaus

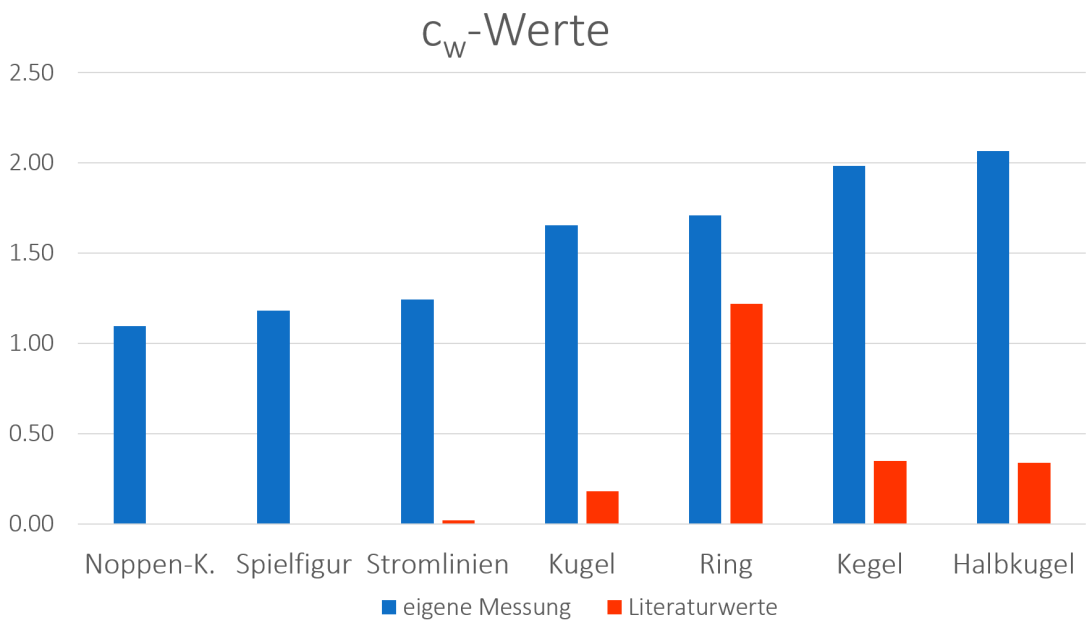
Das Prinzip unserer Apparatur basierte auf einer Massendifferenz. An der über ein Rollensystem laufenden Schnur waren wie schon erwähnt an beiden Enden Gewichte befestigt: Die Massestücke m_1 und m_2.

Diese Massestücke waren nun unterschiedlich schwer. Es gilt also $m_1 > m_2$. Die beiden Massestücke erzeugen natürlich auch Gewichtskräfte: Die Kräfte F_1 und F_2. Diese lassen sich aus den Massen der Massestücke und dem Ortsfaktor errechnen:

$$F_1 = m_1 \cdot g$$
$$F_2 = m_2 \cdot g$$

Da zwischen m_1 und m_2 eine Massendifferenz besteht, besteht zwischen F_1 und F_2 eine Kräftedifferenz F_{res}. Diese lässt sich ausrechnen, indem man F_2 von F_1 subtrahiert:

$$F_{res} = F_1 - F_2$$



Dies ist die Kraft, die den Körper durchs Wasser zieht. Dieser Kraft wirkt allerdings noch eine andere Kraft entgegen. Der Wasserwiderstand F_w. Solange der Körper ruht, wirkt diese Kraft nicht. Beschleunigt der Körper aufgrund von F_{res}, so wächst der Wasserwiderstand proportional zur Geschwindigkeit im Quadrat an:

$$F_w \propto v^2$$

Nach einer gewissen Beschleunigungsphase ist der Wasserwiderstand genauso groß wie die Kraft, die den Körper durchs Wasser zieht:

$$F_w = F_{res}$$

Ist dieser Punkt erreicht, besteht keine Kräftedifferenz mehr, der Körper erfährt also keine Beschleunigung mehr und bewegt sich nun mit konstanter Geschwindigkeit durchs Wasser:

$$a = 0 \qquad v = \text{const.}$$

Dies ist der Punkt, ab dem wir unsere Messungen durchführen konnten. Unser Ziel war es, den c_w-Wert unserer Körper zu errechnen. Dafür verwendeten wir folgende Formel:

$$F = c_w \cdot A \cdot \frac{\rho v^2}{2}$$

Wobei F die Kraft ist, die den Körper durchs Wasser zieht. Der c_w-Wert ist die körperspezifische Widerstandszahl, die wir messen und errechnen wollten. A ist die Schattenfläche unserer Körper, die man sieht, wenn man von vorne auf den Körper schaut. Diese können wir berechnen. ρ beschreibt die Dichte des Mediums, in unserem Fall also die Dichte des Wassers. Und die Geschwindigkeit v haben wir bei unseren Experimenten gemessen.

Auswertung

Wir haben Messungen mit einem stromlinienähnlichen Körper, einer Kugel, einer Spielfigur, einem Kegel, einem Ring und einer Halbkugel gemacht.

Dabei traten erhebliche Differenzen zwischen unseren gemessenen Werten und den Literaturwerten auf. Dennoch kann man erkennen, dass der stromlinienähnliche Körper den kleinsten c_w-Wert hat. Systematische Fehler könnten dadurch entstanden sein, dass manche Körper (z. B. Halbkugel und Kegel) nicht vollständig im Wasser und manche Körper schwerer als andere waren. Dadurch kommt das Problem des Übergangs zwischen den Medien Luft und Wasser ins Spiel. Da diese Medien verschiedene Dichten und daraus resultierend einen verschiedenen Widerstand haben, haben die Körper, die zum Teil aus dem Wasser ragten, ein verändertes Strömungsverhalten, wodurch sich wahrscheinlich auch Messfehler eingeschli-

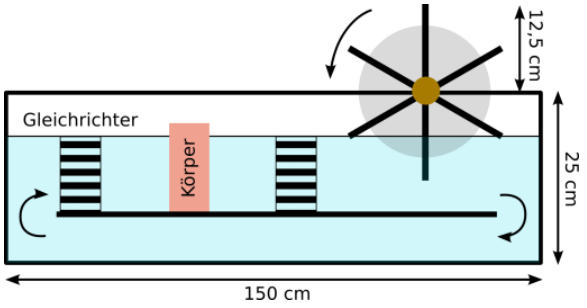
chen haben. Zudem waren sowohl die Messung der Geschwindigkeit als auch die Messung der Schattenfläche ungenau, da wir nur einfache Messgeräte zur Verfügung hatten.

Der Unterschied der gemessenen Werte zu den Literaturwerten dürfte höchstwahrscheinlich auf die Reibung unseres mechanischen Aufbaus zurückzuführen zu sein, da es sich um ein Rollensystem handelt, in dem eine hohe Reibung zwischen Seil, Rollen und der Apparatur selbst besteht. Die Kraft, die dadurch verloren ging, konnten wir nicht präzise bestimmen, da die Reibung in mechanischen Aufbauten geschwindigkeitsabhängig ist. So war die entstehende Reibung in der Apparatur und der dadurch entstehende Kräfteverlust bei Körpern mit einer hohen Geschwindigkeit höher, bei Körpern mit einer niedrigeren Geschwindigkeit niedriger.

Bau eines Wasserkanals – Tinte auf Tauchgang

Diane Klose, Lea Simic

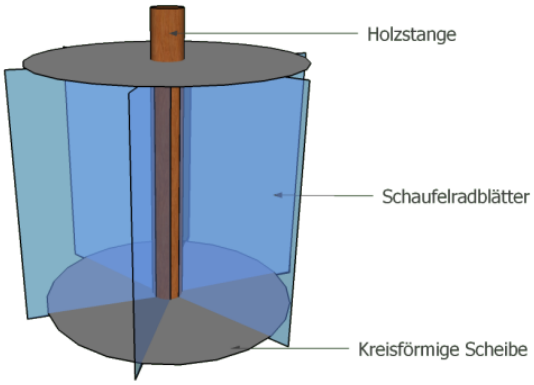
Das Ziel unserer Kleingruppe war es, Strömungen um verschiedene Körper in Wasser sichtbar zu machen. Zu diesem Zweck haben wir den Prandtl-Kanal nachgebaut. Dieser Wasserkanal wurde von dem Wissenschaftler Ludwig Prandtl (1875–1953) entwickelt.



Aufbau unseres Wasserkanals

Ein Prandtl-Kanal besteht aus einer quaderförmigen Wanne, die durch eine kürzere auf Stützen ablegbare Platte in zwei Teile unterteilt ist. Dabei fließt das Wasser, welches durch ein Schaufelrad in Bewegung gesetzt wird, unter der Zwischenplatte hindurch und über ihr auf den Körper zu. In unserem Kanal befanden sich außerdem vor und nach dem Körper Gleichrichter aus vielen aneinander geklebten Strohhalmen. Der vordere Gleichrichter diente dazu, turbulente Strömungen in laminare, also gleichmäßige Strömungen umzuwandeln. Der hintere Gleichrichter sollte das von den Kanalwänden zurückschwappende Wasser vom Versuchskörper fernhalten.

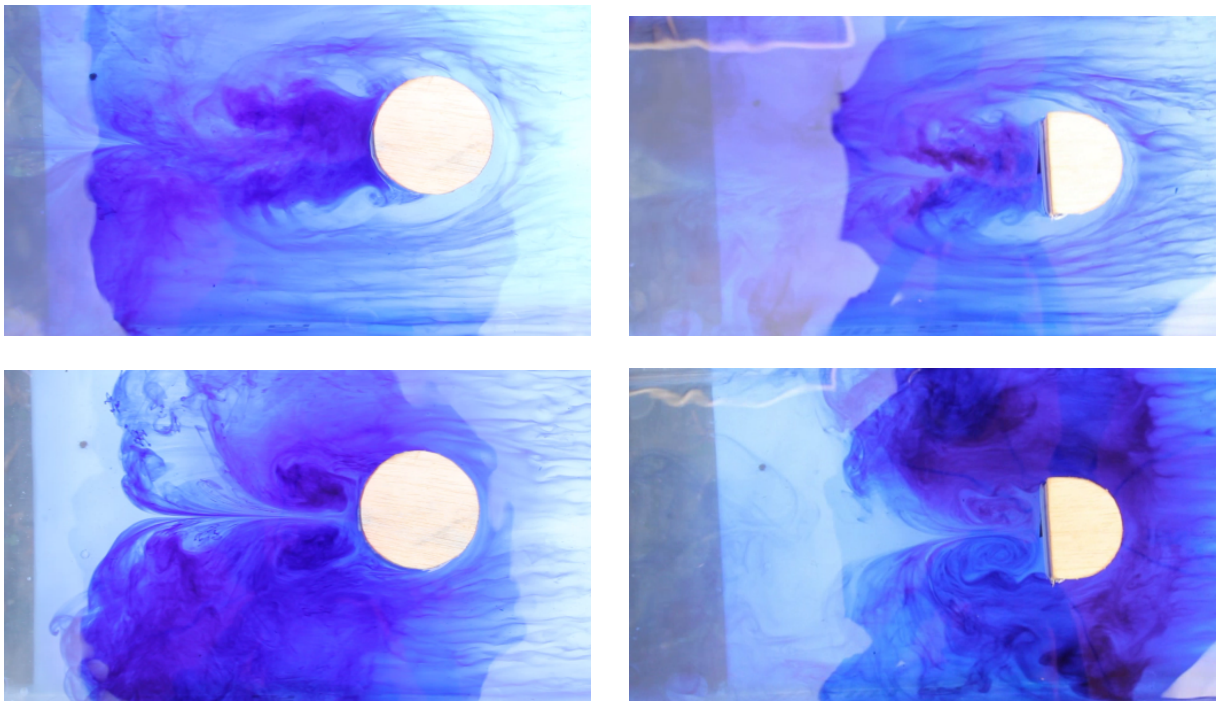
Nach dem Bau der aus Plexiglas bestehenden Wanne und deren Abdichtung mit Silikon folgte die Entwicklung des Schaufelrads, was einige Schwierigkeiten mit sich brachte. Das größte Problem dabei war die Befestigung der Schaufelradblätter aus Plexiglas an der Holzstange gewesen. Zur Bedienung des Schaufelrads brachten wir eine Kurbel an dem einen Ende der Holzstange an.



Das Schaufelrad

Das Schaufelrad wurde so oben auf die Wanne gesetzt, dass die Schaufelradblätter ins Wasser reichten, die Stange aber auf den Wänden des Kanals auflag. Wir befestigten es mithilfe einer Halterung so an den Kanalwänden, dass es sich zwar noch drehen ließ, sich dabei aber nicht von seinem Platz bewegen konnte.

Nachdem wir den Bau des Prandtl-Kanals abgeschlossen hatten, benötigten wir Versuchs-



Wasserströmungen bei Zylinder und Halbzylinder

körper. Wir bauten einen Quader, einen Zylinder und einen Halbzylinder aus Holz- und Rohrstücken. Diese Körper ließen sich mit einer Schraube an der Zwischenplatte befestigten.

Bei den ersten Versuchsdurchläufen traten jedoch bald Störfaktoren auf: Die Reflexion des Wassers und der Boden, der auf den Videoaufzeichnungen durch das Wasser erkennbar war, behinderten unsere Beobachtungen. Diese Probleme lösten wir, indem wir einen Regenschirm über den Kanal hielten und eine weiße Unterlage darunter legten.

Zur Visualisierung der Strömungen testeten wir Tinte und Aluminiumpulver. Letzteres aber schwamm nicht auf der Wasseroberfläche und sank auf die Zwischenplatte hinunter. Also füllten wir Tinte in große Spritzen und träufelten sie hinter und neben den Körper. Wir erkannten schnell, dass wir die Tinte vor der Strömungserzeugung ins Wasser geben mussten, um die besten Ergebnisse zu erzielen. Diese waren sehr zufriedenstellend, da die Strömungen um die Körper gut sichtbar wurden. So konnte man das Totwassergebiet und die sogenannte Kármánsche Wirbelstraße in unseren Aufzeichnungen klar erkennen. Als Totwassergebiet wird die Zone hinter einem Körper bezeichnet, in der durch das schnell vorbeifließende Wasser ein Unterdruck entsteht. Dieser Unterdruck „zieht“ das Wasser und somit auch die zuvor hineingespritzte Tinte an. Diese Erscheinung wird an anderer Stelle auch als Bernouilli-Effekt bezeichnet.

Vergleicht man das Totwassergebiet von Zylinder und Halbzylinder miteinander, so kann man erkennen, dass dieses beim Halbzylinder größer ist. Das liegt daran, dass die Strömung beim Halbzylinder nicht so lange am Körper anliegen kann wie beim Zylinder. Je früher die Strömung abreist, desto größer ist die Wirbelbildung.

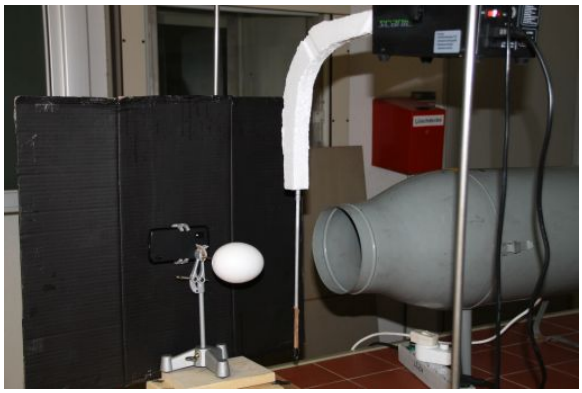
Die Kármánsche Wirbelstraße beschreibt die Struktur der Wirbelbildung hinter dem Versuchskörper. Charakterisierend für sie sind die jeweils versetzt gegenüber entstehenden Wirbel, die man auf unseren Bildern wie auch schon bei der Seifengruppe sehr gut sehen kann.

Abschließend können wir sagen, dass wir unser Ziel, Wasserströmungen zu visualisieren, erreicht haben und darüber hinaus noch Phänomene wie die Kármánsche Wirbelstraße beobachten konnten. Gerne hätten wir noch weiter experimentiert und unsere Beobachtungen systematisch ausgewertet, sind aber mehr als zufrieden mit dem, was wir erreicht haben.

Visualisierung von Luftströmung – Im Nebel verweht

Dilara Soysal, Vincent Geppert

In der Arbeitsgruppe Luft war es unser Ziel, Luftströmungen sichtbar zu machen, um dadurch das Strömungsverhalten an verschiedenen Körpern beobachten zu können. Um dies umzusetzen, standen uns unter anderem ein Windkanal sowie eine Nebelmaschine zur Verfügung.



Unser finaler Aufbau

Unsere erste Idee basierte auf einzelnen Nebelfäden, die den Körper umströmen sollten, und die wir mit Hilfe eines Plastikröhrchens ($\varnothing$ 5 mm), in das seitlich kleine Löcher ($\varnothing$ 2 mm) gebohrt waren, erzeugen wollten. Um den Nebel in das Plastikröhrchen zu leiten, befestigten wir an der Nebelmaschine einen Trichter, an den wir über Schläuche das Plastikröhrchen anschlossen. Von dieser Vorrichtung erhofften wir uns ein klares Beobachtungsfeld, da die Nebelfäden Strömungen und Turbulenzen sichtbar machen würden. Nach demselben Prinzip funktionieren auch Geräte der Firma Tintschl, welche sich unter anderem professionell mit der Visualisierung von Luftströmungen beschäftigt.

Beim praktischen Versuch stellten sich uns jedoch mehrere Probleme in den Weg. Zum einen war die Nebelmenge durch die hohe Kondensation und die schwache Nebelmaschine nur sehr gering. Zum anderen verflog der Nebel, sobald er das Röhrchen verlassen hatte schon nach kurzer Strecke, da er nicht dicht genug war. Noch dazu waren die Löcher des Plastikröhrchens ausgefranst, wodurch schon in den Nebelfäden selbst Verwirbelungen entstanden, sodass wir dieses durch ein Aluminiumrohr derselben Abmessung austauschten. So konnten wir laminare Nebelfäden erzeugen.

Letzten Endes war das Ergebnis zwar besser, allerdings nicht gut genug für unsere Forschungszwecke. Daher suchten wir nach einer Möglichkeit, die Kondensation des Nebels zu minimieren.

Um die kurze Dauer der Nebelerzeugung von 15 Sekunden zu umgehen, versuchten wir ein „Nebelreservoir“ zu bauen. Dazu verwendeten wir ein großes Kunststoffrohr ($\varnothing$ 70 mm), an dessen einem Ende wir die Nebelmaschine befestigten und am anderen einen herkömmlichen PC-Lüfter. Dann füllten wir mehrere „Ladungen“ Nebel in das Rohr und bliesen diesen mit Hilfe des PC-Lüfters heraus. Da gleich beim ersten Versuch fast der gesamte Nebel an der Wand des Rohres kondensierte, montierten wir unsere Trichterkonstruktion nicht vor dem PC-Lüfter.

Das Totwassergebiet hinter einem Kegel

Als nächstes versuchten wir es mit einem großen Karton, wodurch im Verhältnis zum Volumen weniger Kondensationsfläche entstand. An diesen befestigten wir wieder die Nebelmaschine sowie den PC-Lüfter und füllten Nebel ein. Dadurch konnten wir die Kondensation gering halten und die „Nebeldauer“ auf über eine Minute ausdehnen. Doch dann bemerkten wir, egal wie viel Nebelladungen wir einfüllten, es kam immer ungefähr dieselbe Menge an Nebel heraus. Durch theoretische Überlegungen konnten wir feststellen, dass der Nebel zwar kondensierte, aber wir dies nicht feststellen konnten, da der Karton die kondensierten Wassertropfen aufsaugte. Somit war auch dieser Versuch nicht gelungen.

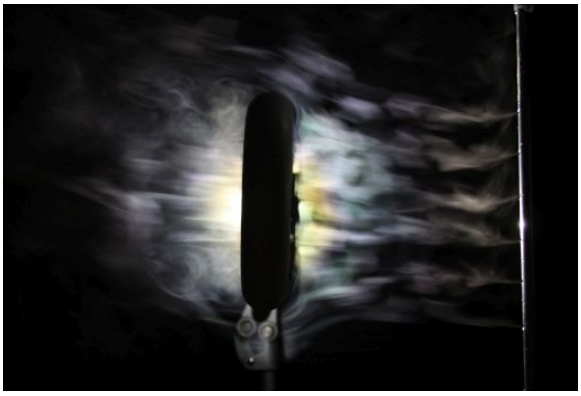
Da wir an der Leistung der Nebelmaschine zu zweifeln begonnen hatten, testeten wir deren Nebelproduktion explizit im Windkanal. Zu unserer Verwunderung produzierte sie im Prinzip genügend Nebel. Somit wussten wir, dass es mit unserer Nebelmaschine möglich ist, Strömungen sichtbar zu machen.

Wir begannen nun, unseren finalen Versuchsaufbau zu planen, bei dem wir versuchten, all unsere vorherigen Probleme zu berücksichtigen. Doch als wir anfangen wollten, diesen Plan umzusetzen, riefen uns unsere Kursleiter zusammen. Sie verrieten uns, dass sie bei einem früheren Besuch bei der Firma Tintschl eine professionelle Nebelmaschine ausgeliehen hatten. Aber als sie uns vorschlugen, diese nun zu verwenden, war unser Ehrgeiz geweckt. Wir setzten uns das Ziel, mit unserer Nebelmaschine ähnliche Ergebnisse zu erzeugen wie mit der professionellen der Firma Tintschl.

Durch den Unterdruck hinter der hohlen Halbkugel entsteht ein Totwassergebiet in Form einer zweiten Halbkugel

Auf diesem Bild sieht man, dass wir das Kondensationsproblem durch ein mit Styropor und Bauschaum isoliertes Aluminiumrohr gelöst haben. Da das Rohr nun an der Nebelmaschine aufgeheizt wird, kann der Nebel nicht kondensieren.

Eine weitere Schwierigkeit, die uns erst bei unserem finalen Aufbau aufgefallen ist, war, dass wir natürlich auch Bilder von den Wirbeln machen wollten. Mit bloßem Auge konnte man die Nebelfäden zwar sehen, aber auf der Kamera nicht. Daher verlegten wir unseren Aufbau in einen dunklen Raum und befestigten hinter dem Objekt, das wir fotografieren wollten, einen schwarzen Hintergrund sowie eine punktuelle Lichtquelle. Diese wird auf dem Foto von dem Objekt verdeckt, strahlt jedoch den Nebel um das Objekt an. Mit diesem Aufbau war es uns möglich, Bilder sowie Videos aufzunehmen. Auf den Fotos werden drei unserer Ergebnisse gezeigt.



Hinter dem oberen Teil des Rings sieht man eine Kármán-Straße

Exkursion

Johannes Wieland, Sebastian Koch

Bei unserer ganztägigen Exkursion besuchten wir sowohl den Standort der Firma Tintschl in Erlangen als auch die Technische Hochschule in Nürnberg.

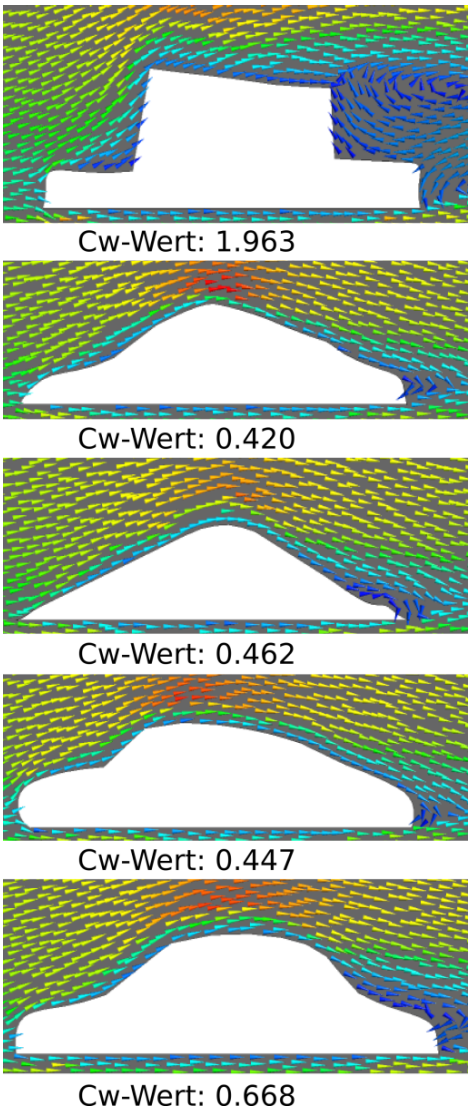
Die Firma Tintschl

Die Firma Tintschl bietet Personal- und Ingenieurdienstleistungen im Bereich Maschinen- und Anlagenbau an. Sie beschäftigen sich dabei unter anderem auch mit der Messung, Visualisierung und Simulation von Strömungen. Da sie uns freundlicherweise nach Erlangen einluden, hatten wir eine gute Möglichkeit zu sehen, wie sich die Experten mit Strömungen beschäftigen.

In einem Raum wurde extra für uns ein Beispiel, wie man Strömungen an bestimmten Modellen aus Styropor sichtbar machen kann, aufgestellt. Unter diesen befanden sich unter anderem ein Auto und ein Schiff. Wir verwendeten dabei eine professionelle Nebelmaschine.

Als nächstes wurde uns eine Apparatur zur Eichung von Messgeräten vorgeführt, die mithilfe von Lasern die Geschwindigkeit einzelner

Nabelteilchen misst, wodurch Wärmesensoren kalibriert werden können. Im Laufe der Besichtigung konnten wir jeweils in kleinen Gruppen am Computer ein zweidimensionales Auto für eine Strömungssimulation konstruieren, das einen möglichst kleinen c_w-Wert (Widerstandswert) haben sollte. Dabei waren nur einige Größen vorgegeben, zum Beispiel dass das Auto eine gewisse Mindesthöhe haben musste. Es kamen interessante Ergebnisse heraus, zum Beispiel ein Auto, das wie ein UFO aussah.



Technische Hochschule in Nürnberg

Nachdem wir bei der Firma Tintschl bereits einiges über Strömungsphysik in der Industrie gelernt hatten, war die Technische Hochschule Nürnberg unser nächstes Ziel. Dort wurden wir von Herr Ganser, dem Labormeister des Strömungslabors der TH, begrüßt. Gleich nach unserer Ankunft durften wir das Kernstück des Labors bewundern, einen Windkanal der Göttinger Bauart (geschlossener Windkreislauf), der sich über zwei Stockwerke erstreckt. Im Anschluss an unsere Besichtigung des unteren Stockwerks führte Herr Ganser uns in den Kontrollraum, wo für jede Person ein Gehörschutz bereitgehalten wurde, da der Windkanal bei hohen Windgeschwindigkeiten einen Lärmpegel von über 80 Dezibel erzeugt. Ein Windkanal wie der der TH ist vor allem auch auf präzise Messungen ausgelegt, daher müssen einige Geräte vorhanden sein. Dazu gehören unter anderem eine Prandtlsonde zur Bestimmung des Staudrucks (welcher wichtig für die Geschwindigkeitsmessung ist) und ein präziser Laser (ebenfalls zur Geschwindigkeitsmessung).

Nach kurzer Erläuterung der Systeme führte Herr Ganser uns vor, wie man Strömungen im Labor sichtbar macht, wozu er einen von ihm selbst entwickelten Nebelrechen benutzte, der einzelne Nebelfäden erzeugt. An einigen interessanten Beispielen erfuhren wir, wie sich Strömungen verhalten, die zum Beispiel eine Halbkugel umströmen. Dabei waren sowohl

Wirbel als auch die hinter einem Körper entstehende Totwasserzone gut zu sehen. Natürlich ist es mit einem derartigen Windkanal auch möglich, die körperspezifischen Widerstandszahlen, die c_w-Werte, per Computerprogramm zu bestimmen.

Noch liegt die Strömung am Flügel an

Bei zu steilem Anstellwinkel kommt es zum Strömungsabriss

Schlussendlich stellte Herr Ganser noch anschaulich dar, was passiert, wenn ein Pilot sein Flugzeug in einem zu steilen Winkel aufsteigen lässt, es also zum berüchtigten Strömungsabriss kommt. Dazu verwendete er ein Modell eines Flugzeugflügels, das er langsam immer steiler stellte.

Wir bedanken uns herzlich bei der Firma Tintschl und Herrn Ganser, dass sie uns ermöglicht haben, einen Einblick in ihre Arbeit zu werfen und dass sie uns diese interessanten Experimente zur Verfügung gestellt haben.

Was noch gesagt werden muss

In diesen zwei Wochen der Akademie haben wir wohl mehr gelernt als wir bis zum Abitur in der Schule noch lernen werden. Der Physikkurs war für uns alle etwas ganz Besonderes, wir haben viel gelernt in einer Atmosphäre, die keineswegs mit der einer Schule vergleichbar ist. Wir alle hatten unglaublich viel Freude, Neues zu erfahren und unsere Kenntnisse auszutauschen. Unsere Kursleiter waren immer sehr offen und gingen auf jede unserer Fragen, so weit sie auch wegführten, mit Freuden ein, wodurch uns der Physikkurs ein unvergessliches Erlebnis wurde. Es herrschte ein phänomenales Verhältnis unter uns. Dafür nochmals vielen Dank!

Wir hätten gerne noch zwei Wochen weitergeforscht. Oder zwei Monate. Oder zwei Jahre ...

Kurs 6 – TheoPrax: Seebeck-Effekt – Kreative Ideen zur Nutzung

Vorwort

Lara Schiele

Andere Jugendliche gehen in den Sommerferien ins Freibad, um sich abzukühlen. Das funktioniert, weil der warme Körper Energie in Form von Wärme an das kalte Wasser abgibt.

Wir dagegen, die zwölf TheoPraxler, haben den Wärmefluss mithilfe eines selbst konstruierten Mini-Kalorimeters gemessen. Zwei Wochen lang leisteten wir harte Arbeit zum Thema „Wärmefluss – erkennen, messen, nutzen.“ für unseren Auftraggeber vom Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT), denn im Gegensatz zu den anderen Kursen arbeiteten wir an einem realen Forschungsprojekt. Nach zwei Wochen konzentrierter Arbeit hatten wir unserem Auftraggeber Herrn Jürgen Antes ein durchaus respektables Ergebnis vorzuweisen.

Eine Sache, die unseren Kurs auszeichnete, war unser großer Teamgeist. Bei dem vielen Lachen und unseren tollen Gesangseinlagen während den langen Messungen (ich sage nur Löwenzahn) wurde es nie langweilig. Und auch wenn es manchmal unter Zeitdruck ein bisschen stressig und hektisch wurde, verloren wir dank der Süßigkeiten, unseres Schülermentors Sven, der uns zwischendurch mit lustigen Spielen amüsierte, und unserer engagierten Kursleiter Monika Jakob und Moritz Heil nie die Motivation.

Am Ende dieser zwei erlebnisreichen Wochen können wir stolz sein auf das, was wir geleistet haben, und glücklich, im TheoPrax-Kurs

gelandet zu sein, denn hier konnten wir unsere eigenen Ideen einbringen und viele fachliche Kompetenzen erlernen, nicht nur über Kalorimeter und Co., sondern auch über Projektmanagement – und das viel spannender als in der Schule!

Danke an euch alle für die tolle Zeit!

Unsere Teams

Lisa Fuchs, Seti Frotscher

Unser TheoPrax-Kurs ist ein einmaliges Team aus zwölf hellen Schülerköpfen, die durch drei wandelnde Sachbücher unterstützt wurden. Gemäß unserem Auftrag bauten und testeten wir drei Kalorimeter, jedes in einer Gruppe.

Team Frängi

Das Team Frängi besteht aus Benjamin, Hanna, Joel und Seti. Wie sie auf den Namen kamen?

Benni war auf einer Skifreizeit des Skisport Franken gewesen, bei der alle Teilnehmer „Frängis“ genannt worden waren, da der Veranstalter aus Franken kam. Diesen Namen übertrug Benni aus unerklärlichen Gründen auf seine Teammitglieder in Adelsheim. Letztendlich konnte er sie auch davon überzeugen, dies zu ihrem Teamnamen zu machen.

Seti, die Sportskanone, brachte uns durch sein effizientes Denken zu jedem Zeitpunkt auf den richtigen Weg, wenn wir davon abkamen. Er war der gut gelaunte Turner und konzentrierte sich hauptsächlich auf die Auswertung der Ergebnisse.

Joel war zwar durch seinen in der Akademie gebrochenen Arm gehandicapt, doch aufgeben kam ihm nicht in den Sinn. Er war voll und ganz bei der Sache und konnte sich, egal ob jemand Hilfe brauchte oder eine Frage hatte, einbringen. Nur mit Taekwondo wird er sich wahrscheinlich nie anfreunden können.

Benjamin, der mit Heimvorteil, brachte den Namen „Frängi“ ins Team und kam durch seine fröhliche offene Art schnell mit anderen in Kontakt. Zudem konnte er mit seinem schnellen Auffassungsvermögen punkten.

Hanna o(h)ne H war entweder im Labor beim Durchführen der Versuche oder in der Luft am Vertikaltuch in der Zirkus-KüA zu finden. Das überall helfende Händchen. Sie ist alle Sachen total entspannt angegangen – wieso auch stressen, wenn wir zwei Wochen Zeit haben?

Team LAMP

Das Team LAMP bestand aus **L**ara, **A**aron, **M**ario und **P**hilipp. Der Name setzt sich aus den Anfangsbuchstaben der Mitglieder zusammen und steht gleichzeitig für das Licht, das der Gruppe aufgegangen ist.

Aaron (der „Inder“), ist immer für einen Spaß zu haben, total offen, korrekt, lustig und schauspielerisch begabt. Er konnte sich mit seinem Fachwissen und klaren Kopf gut einbringen. Ihm gelang es durch seine lockere Erklärung des Wärmeflusses die Stimmung bei der Abschlusspräsentation aufzulockern.

Lara jonglierte bei der Auswertung der Ergebnisse nur so mit Zahlen, schaffte es aber, egal ob Zeitdruck herrschte und welche Aufgabe es zu lösen galt, einen kühlen Kopf zu bewahren: Sie war die Ruhe in Person und war uns mit ihrer ruhigen Art ein Vorbild.

Mario ist der Musikalische, der gleich drei Instrumente perfekt beherrscht und auf seine gute Laune, die er häufig verbreitete, war Verlass. Er war während der ganzen Science-Academy voll und ganz dabei und gab Anstöße für neue Ideen.

Philipp, unser pfeifender Schnitzer! Er brachte uns wieder und wieder zum Lachen und hat sich sehr positiv durch sein Selbstbewusstsein und seiner Gabe, die Übersicht zu behalten, einbringen können.

Team Auftragskiller

Die Killer im Team sind Hannah, Franziska, Lisa und Ferdinand. Sie wollten den Auftrag so sehr, dass sie auf die Idee kamen, den Auftraggeber unter Druck zu setzten. Den Namen

kann man jedoch auch anders deuten, so könnten die Vier nämlich auch vorgehabt haben, den Auftrag zu killen.

Lisa ist die Optimistin mit dem Präsentationstalent, organisiert und mit einem klaren Überblick, selbst wenn man sie aus dem Tiefschlaf wecken würde. Sie hat immer versucht, zu helfen, wo sie kann, was ihr meist gar nicht vergönnt war, da sie des Öfteren komplett in eine Aufgabe eingebunden war.

Hannah mit H ist das Organisationstalent schlechthin. Sie war die Ansprechpartnerin für alle, die bezüglich der Rotations- oder Abschlusspräsentation etwas wissen wollten. Sie hatte jede Situation unter Kontrolle und konnte uns jederzeit anleiten. Sie war sozusagen unsere Kursmutter 2.0.

Franziska hatte die Idee, wie wir uns bei der Abschlusspräsentation dem Publikum kreativ vorstellen könnten. Sie war häufig im Labor anzutreffen, da sie einfach unheimlich geschickt und zielstrebig arbeitet. Wenn es schwierig wurde, war sie zur Stelle. Sie antwortete, wenn es kein anderer tun konnte oder alle anderen auf dem Schlauch standen.

Ferdinand, das Wissenspaket! Sein Wissen und seine Ausdauer beim Auswerten der Messergebnisse waren einfach unglaublich. Ferdinand konnte helfen, wenn man nicht weiter wusste und Moritz gerade anderswo gebraucht wurde. Außerdem war er unser Computerspezialist.

Unsere Kursleiter

Monika Jakob ist unser „Boss“. Sie vermittelte uns die Theorie von TheoPrax, nämlich das Projektmanagement. Mit Monika konnte man sowohl fachliche als auch persönliche Gespräche führen, weshalb sie sich schnell zur Kurs-Mami verwandelte. Falls wir dann doch mal beim Schwätzen die Zeit vergaßen, sorgte sie wieder dafür, dass wir unseren Zeitplan einhielten und brachte uns Süßigkeitennachschub, um uns wieder „aufzuputschen“.

Moritz Heil ist das wandelnde naturwissenschaftliche Wissenslexikon mit dem „furz-

Unsere Kursleiter – witzig, klug, genial!

trockenen“, sarkastischen Humor. Durch seine sehr bildhaften Beschreibungen, z. B. von schmorenden Datenloggern, brachte er uns alle zum Lachen. Wir sind alle froh, dass das Erklärungstalent so viel Ausdauer bewies, dass wir auch gefühlte zehnmal die gleichen Fragen stellen konnten. Er hinterlässt nicht nur frisch gefüllte Köpfe, sondern auch ein Lächeln auf den Lippen.

Sven Seitz – dank seines Stimmeinsatzes kam der TheoPrax-Kurs beim Sportfest wieder auf das Treppchen. Er war mit seiner lustigen, offenen Art und Weise das Bindeglied zwischen „Jung und Alt“. Er erzählte uns jede Menge von seinen Erfahrungen mit der Akademie, während er mit seinem „gebrochenen“ Fuß – vielleicht aber doch nur eine Sprunggelenkszerrung – durch den Kursraum tanzte. Er war zweifelsohne der coolste Schülermentor der Akademie.

TheoPrax – Was ist das?

Benjamin Kraft

Was TheoPrax genau bedeutet, das haben wir, die Teilnehmer des diesjährigen TheoPrax-Kurses, uns zu Beginn der Akademie auch gefragt. Auf der TheoPrax-Internet-Seite des Fraunhofer ICT wird der Begriff definiert.

Es handelt sich um eine Lehr-Lern-Methodik, die bewirken soll, dass die Schüler mit höherer Motivation lernen. Wie der Name TheoPrax schon sagt, verknüpft diese Methodik Theorie und Praxis.

Aber ganz ehrlich, was dies im Detail bedeutet, wussten wir vor Beginn der Akademie nicht wirklich. Doch nun, nachdem wir den TheoPrax-Kurs besucht und die Methode selbst erlebt haben, sehen wir klarer:

Unser Projekt hatte das Ziel, durch den Bau eines einfachen, kostengünstigen Kalorimeters die Messmethode zur Bestimmung von Wärmeflüssen in wässrigen Lösungen zu vereinfachen. Wir erhielten hierzu einen Auftrag des Fraunhofer ICT. Zuvor mussten wir aber ein formell und inhaltlich korrekt erstelltes Angebot abgeben.

Schnell wurde deutlich, dass die Kursarbeit sich gravierend von dem Unterricht in der Schule unterschied. Nur Frontalunterricht, wie wir ihn größtenteils gewohnt waren, wäre zur Auftragserfüllung kaum zielführend gewesen. Natürlich war es auch nötig, uns „frontal“ durch Vorträge unserer Kursleiter mit verschiedenen theoretischen Informationen, den Modulen, zu versorgen. Doch nach solchen Theorievorträgen konnten wir immer gleich zur Tat schreiten und das Gelernte projektorientiert in die Praxis umsetzen. Um den Praxisteil effizient erledigen zu können, teilten wir uns in drei Gruppen auf und machten uns an die Arbeit. Das selbständige Arbeiten in Gruppen machte sehr viel Spaß und auch der eine oder andere Rückschlag konnte unserem Zusammenhalt und unserer tollen Gruppenstimmung nichts anhaben. Wir erlebten hautnah, dass die praktische Umsetzung dessen, was man sich theoretisch erarbeitet hatte, oft nicht reibungslos funktionierte. Doch dadurch beschäftigten wir uns nur noch intensiver mit der Materie und wir waren am Ende, als wir unseren Auftrag erfüllt hatten, erleichtert, dass wir es geschafft hatten, und stolz auf unsere gemeinsam geleistete Arbeit.

TheoPrax – Wirklich nur Theorie und Praxis?

Benjamin Kraft

Nein, natürlich nicht. Wir TheoPrax-Kursteilnehmer konnten erleben, wie uns die Arbeit im Team zusammengeschweißt hat. Es entwickelten sich Freundschaften, wir hatten Spaß zusammen und lernten, uns gegenseitig zu vertrauen, nur so war der Arbeitsauftrag zu bewältigen. War zwischendurch mal eine Pause nötig, hatten unsere Kursleiter überraschende und interessante Spiele auf Lager. So mussten wir z. B. in Dreierteams ein kleines Zelt aufbauen. Eigentlich ja eine leicht zu erfüllende Aufgabe. Allerdings wurden zwei der drei Teammitglieder die Augen verbunden und sie mussten auf Anweisung des dritten, der zwar sehen, aber nicht aktiv eingreifen durfte, Schritt für Schritt das Zelt aufbauen.

Blinde Kuh nach TheoPrax-Style

Und untrennbar verbunden mit TheoPrax war außerdem das Naschen von Süßigkeiten. Ja genau, wir hatten nämlich einen Süßigkeitentisch im TheoPrax-Kurs, an dem man sich, wann immer man wollte, bedienen konnte und zwischendurch benötigte der eine oder andere eine solche Nervennahrung dringend. Die Kursarbeit war phasenweise äußerst anstrengend und der Gedanke an die noch zu bewältigenden Aufgaben löste des öfteren Süßigkeitenhunger aus. Aber auch außerhalb des Kurses hielt das TheoPrax-Team zusammen und präsentierte sich z. B. beim Sportfest als tolle Mannschaft.

Bei all der Arbeit war eines besonders wichtig: gute Laune. Drohte sie mal verloren zu gehen, hatten wir unseren Schülermentor Sven. Ihm fiel immer etwas ein, wie man neben der Theorie und Praxis, mit Teamgeist, Zusammenhalt, gegenseitigem Vertrauen, Freundschaft, Abwechslung, Süßigkeiten und Spaß trotz oder gerade wegen der intensiven Arbeit an unserem Projekt die Stimmung heben konnte.

Eröffnungswochenende

Hanna Brüggemann

Als wir am Eröffnungswochenende zum ersten Mal den Kursraum betraten, waren wir sehr gespannt, was uns erwarten würde und konnten es gar nicht abwarten, Antworten auf unsere vielen Fragen zu bekommen.

Zuerst stellten sich uns die Kursleiter Monika und Moritz und unser Schülermentor Sven vor. Da wir aus ganz Baden-Württemberg kamen und uns nicht kannten, machten wir mit Sven einige Kennenlernspiele. So konnten wir z. B. erfahren, welches Kursmitglied das älteste ist oder wer wöchentlich welche Sportart wie lange betreibt.

Viele Fragen ... Antworten?

Am Samstagmorgen bekamen wir von Moritz und Monika zuerst eine Einführung in TheoPrax und dann in unser Projektthema, den Wärmefluss. Ein ausgezeichnetes Beispiel für die Verdünnungsenthalpie (Verdünnungswärme) und den Wärmefluss ist die Honigmannsche Natronlokomotive. Diese Lokomotive wurde 1885 erfunden und in Leipzig als Straßenbahn eingesetzt. In dieser Lokomotive, die völlig lautlos fährt, wird konzentrierte Natronlauge sukzessive mit Wasser verdünnt und die entstehende Verdünnungswärme zur Erzeugung von Wasserdampf genutzt. Dieser treibt nach dem Prinzip einer klassischen Dampfmaschine einen Kolben an und wird danach zur weiteren Verdünnung der Natronlauge eingesetzt. Da die Energiedichte von Natronlauge im Vergleich zum Benzin im Verbrennungsmotor sehr gering ist, konnte sich die Natronlokomotive nicht durchsetzen. Um den Wärmefluss zwischen zwei Stoffen zu veranschaulichen, führten wir danach einige kleine Versuche mit Metallen, Holz und Kunststoffen durch.

Unser Projektziel, dass wir vermittelt bekamen, war es, die Methode zur Messung von Wärmeflüssen in wässrigen Lösungen zu vereinfachen. Dazu mussten wir ein einfach zu konstruierendes Kalorimeter bauen.

Jetzt war uns klar, dass wir, um unser Ziel zu erreichen, erstmal planen und recherchieren mussten, und so bildeten wir drei Teams. Das erste Team sollte sich bis zur Exkursion ans Fraunhofer ICT mit der Konstruktion des Kalorimeters beschäftigen. Aufgabe des zweiten Teams war es, sich zu überlegen, welche Stoffe wir in unserem Kalorimeter möglichst gut untersuchen konnten. Das dritte Team sollte recherchieren, wie wir die Daten, die wir durch die Messungen erhalten würden, auswerten können.

Für die Exkursion vereinbarten wir einen Termin kurz vor den Sommerferien und schlossen das Eröffnungswochenende am Sonntag voller Vorfreude auf die Sommerakademie und die Exkursion ab.

Exkursion ans Fraunhofer ICT

Philipp Mayer

An einem Mittwoch während der Schulzeit, kurz vor den Ferien, fand für uns TheoPrax'ler die Exkursion ans Fraunhofer Institut für Chemische Technologie (ICT) in Pfinztal statt. Es ist eines von 60 Instituten der Fraunhofer Gesellschaft für angewandte Forschung, die mehr als 23.000 Mitarbeiter beschäftigt und zum Beispiel das MP3-System entwickelt hat.

Wir kamen um 10 Uhr am Fraunhofer ICT an, meldeten uns an der Pforte an und wurden anschließend von unseren Kursleitern willkommen geheißen. Ein Mitarbeiter der Abteilung Zentrales Management erklärte uns die Aufgabenfelder, mit denen sich die einzelnen Produktebereiche am Fraunhofer ICT auseinandersetzen. Daraufhin gab es dann noch einige interessante Einblicke in die gesamte Fraunhofer Gesellschaft.

Wir machten einen Rundgang durch einige Labore des Instituts. Dort besichtigten wir Dutzende von Messgeräten. Darunter war auch ein Kalorimeter, welches sehr wichtig für die Fragestellung unseres Projektes war. Mit Laborkleidung ausgerüstet gingen wir dann zu dem Arbeitsplatz von Moritz Heil, der sich mit Explosivstoffen auseinander setzt. Nach dem Rundgang versammelten wir uns wieder im Seminarraum und die einzelnen Gruppen vom Eröffnungswochenende präsentierten ihre Ergebnisse.

Danach wurde nochmals am Beispiel der Honigmannschen Natronlokomotive der Gedanke des Projekts verdeutlicht. Die Natronlokomotive ist ähnlich wie eine Dampfmaschine aufgebaut, jedoch wird das Wasser nicht durch Verbrennung von Kohle erhitzt, sondern durch die Wärme, die bei der Verdünnung der Natronlauge entsteht.

Am Nachmittag fuhren wir nach einem lehrreichen Ausflug nach Hause und freuten uns schon auf unser Wiedersehen in der Sommerakademiezeit, wussten aber auch, dass wir bis dorthin noch einiges zu erledigen hatten.

Über Stock und Stein zum Ziel

Module

Hannah Baur

Die sogenannten Module waren ausgewählte Theorieeinheiten, die von unseren Kursleitern oder unserem Schülermentor vorgetragen wurden. Bei diesen Vorträgen haben wir Informationen über Themen, die unser Projekt betreffen, erhalten.

Schon gleich am ersten Tag wartete das erste Modul auf uns. Dabei lernten wir, warum es eigentlich in der Projektarbeit mit der Theorie und nicht mit der Praxis anfängt: Denn bei einem so umfangreichen Projekt muss immer zuerst alles sehr sorgfältig geplant werden. So begann die Akademie für uns mit der Erklärung des Projektmanagements. Wie wir gelernt haben, ist es sehr wichtig ein Projekt gut zu planen, damit man mit den zur Verfügung stehenden Mitteln wie Zeit und Kosten zurechtkommt. Denn gut geplant ist halb gearbeitet.

Zu Beginn eines Projekts steht die Definitions- und Startphase. Diese Phase beinhaltet das Bilden von Teams und eine anfängliche Grobrecherche zum Projektthema. Ebenso wird das Ziel des Projektes definiert.

Anschließend kommt die Planungsphase. Wie der Name schon sagt, werden hier alle wichtigen Pläne gemacht: ein Strukturplan, ein Zeitplan, ein Kostenplan ...

Der Strukturplan ist die erste Gliederung des Projektes und somit ein grober Gesamtüberblick über die geplanten Schritte. Im Zeitplan werden dann diese Stationen mit zeitlichen Begrenzungen versehen. Solch ein Zeitplan ist sehr wichtig, um zu überprüfen, dass man nicht unter Druck gerät und womöglich die Zeit falsch einschätzt. Im Kostenplan werden alle benötigten Materialien und die damit entstehenden Kosten aufgelistet. Wir mussten keinen Kostenplan erstellen, weil uns die Materialien vom Fraunhofer ICT zur Verfügung gestellt wurden. Am Ende dieses Abschnitts werden alle Pläne in einem Dokument zusammengefasst. Das ist dann das Angebot, welches an den Auftraggeber geschickt wird. Wenn dieser mit den Inhalten einverstanden ist, erhält die Projektgruppe den Auftrag.

Die folgende Stufe ist die Umsetzungsphase, bei der alle Pläne in die Tat umgesetzt werden. In unserem Fall haben wir nun mit dem Bau unseres Kalorimeters begonnen. Anschließend haben wir verschiedene Messungen durchgeführt und diese ausgewertet.

Die Abschlussphase besteht aus dem Abschlussbericht und einer Präsentation.

Um diese Abschlusspräsentation zu meistern, erhielten wir ein weiteres Modul über das Präsentieren. Dabei ging es um die verschiedenen Möglichkeiten, eine Präsentation zu gestalten. So gibt es ein paar Faustregeln, was zum Beispiel den Aufbau und das Interessewecken der Zuhörer angeht. Ebenso sind verschiedene Dinge beim Medieneinsatz zu beachten.

Damit eine Präsentation erfolgreich ist, müssen die Zuschauer daran interessiert sein, was sich vorne abspielt. Mit dem nächsten Modul zu Kreativitätstechniken wurde unsere eigene Fantasie kräftig angeregt, wodurch wir eine gelungene Abschlusspräsentation auf die Beine stellen konnten. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, seinen Einfallsreichtum anzukurbeln und dabei entstehen oft geniale Gedanken. Wichtig bei einem kreativen Prozess ist, dass man während der Ideensammlung nicht bewertet, denn negative Kritik behindert die Kreativität eines Menschen.

Doch auch mit Kreativität kommt man nicht weit, wenn sich niemand den anderen Teammitgliedern mitteilt. Schon Paul Watzlawick sagte: „Man kann nicht nicht kommunizieren!“ Denn nicht nur reden ist Kommunikation, sondern auch die nonverbale Sprache zählt zur Verständigung. Diese Tatsache kann man dann auf die Projektarbeit übertragen. Auch wir brauchten selten viele Worte und durch einen Blick und ein Kopfnicken war klar, wer ins Labor geht und wer zeitgleich an der Auswertung am Computer arbeitet. So ist es eine Tatsache, dass die meisten Konflikte in Projekten aufgrund mangelnder Kommunikation auftreten. Bei einer Projektarbeit ist es aber sehr wichtig, dass man als Team gut zusammen arbeiten kann und die Teammitglieder ständig über alle Schritte informiert sind.

Insgesamt haben wir alle theoretischen Vorträge erfolgreich umsetzen können und an Kommunikation hat es gewiss nie gemangelt!

Wärmefluss – erkennen, messen, nutzen!

Ferdinand Elsner

Wärmeflüsse waren das zentrale Thema unseres Kurses. Dieses physikalische Phänomen tritt immer und überall – auch in unserem Alltag – auf, auch wenn wir es nicht immer wahrnehmen. Denn ein Wärmefluss findet immer dann statt, wenn zwei in Kontakt stehende Körper unterschiedliche Temperaturen haben. Dann fließt solange Energie in Form eines Wärmeflusses, bis sich die Temperaturen der Körper aneinander angeglichen haben.

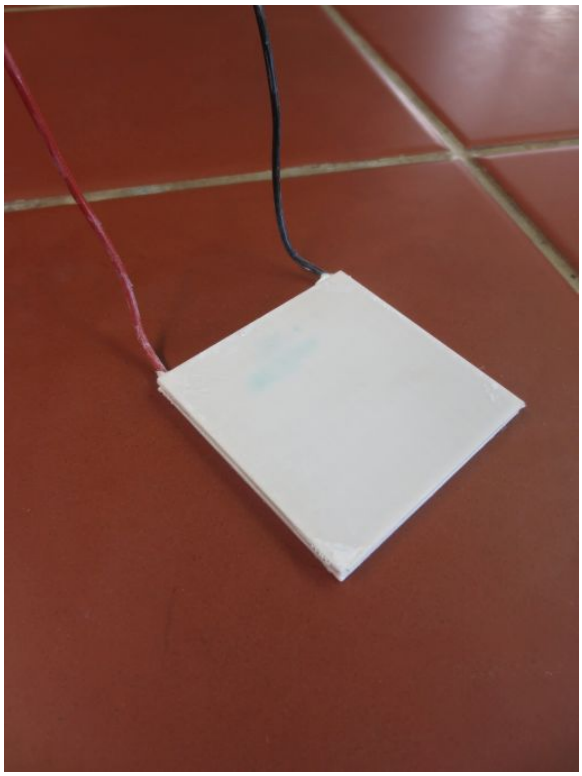
Ein sehr guter Wärmeflusssensor ist unsere Haut. Fühlen sich Oberflächen von Gegenständen für uns warm an, dann fließt Energie in unsere Haut, fühlen sie sich kalt an, fließt sie von unserer Haut in den Gegenstand.

Thermoelektrisches Modul (Seebeck-Element)

Lara Schiele, Aaron Laier

Das Thermoelektrische Modul, auch Seebeck-Element genannt, ist ein Sensor, der Wärmeflüsse in Spannung umwandelt. Die Höhe der Spannung hängt von der Größe des Wärmeflusses ab. Es besteht aus zwei kleinen, weißen, übereinandergelegten Keramikplatten, zwischen denen sich Halbleiter in einer speziellen Verschaltung befinden. Legt man das Seebeck-Element zwischen eine warme und kalte Fläche, entsteht eine messbare Spannung, da die Wärme von warm nach kalt durch das Seebeck-Element fließt. Es kann daher z. B. zur Nutzung von Abwärme verwendet werden, die sonst verpuffen würde. In unserem Fall haben wir das Thermoelektrische Modul an ein Gerät zur Messung elektrischer Spannung (Multimeter) angeschlossen und konnten so den Wärmefluss berechnen, der durch das Thermoelektrische Modul strömte. Der TheoPrax Kurs 2013 hat sich mit dem Seebeck-Element genauer beschäftigt und zu diesem auch einen kurzen Film erstellt, den

man sich auf der TheoPrax Homepage ansehen kann.



Komplizierter Name für ein kleines Ding

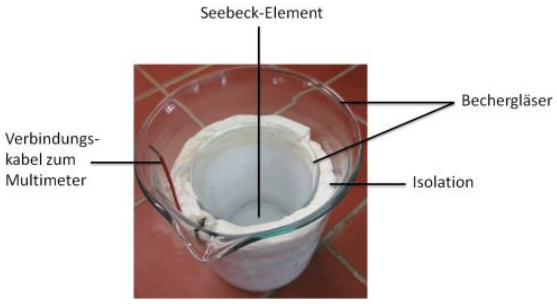
Kalorimeter

Franziska Hofmann

Das Kalorimeter ist ein Instrument, mit dem man Wärmeflüsse messen kann. Da Kalorimeter oft schwer, teuer und kompliziert sind, war es unsere Aufgabe, ein Kalorimeter zu bauen, welches einfach und kostengünstig zu fertigen ist. So fallen, falls das Kalorimeter kaputt gehen würde, keine hohen Kosten an. Wir haben uns für ein Kalorimeter, das den Wärmefluss mit Hilfe eines Seebeck-Elements misst, entschieden.

Aufgebaut ist unser Kalorimeter aus zwei unterschiedlich großen Bechergläsern, die ineinander gestellt sind. In dem Hohlraum zwischen den Bechergläsern befinden sich kleine, geschäumte Kunststoff-Kugeln als Isolation.

Zwischen den Böden der beiden Bechergläser befindet sich ein Seebeck-Element, das Wärmeströme in das innere Becherglas hinein oder



Unser selbst gebautes Kalorimeter

aus diesem heraus misst. Zusätzlich ist das Seebeck-Element mit Wärmeleitpaste an die zwei Bechergläser thermisch angebunden. Diese gesamte Konstruktion steht in einem Wasserbad, dessen Temperatur konstant gehalten wird.

Im inneren Becherglas kann man nun Prozesse ablaufen lassen, deren Wärme (auch Enthalpie genannt) man bestimmen möchte.

In unserem Fall waren es Salzlösungen, die beim Verdünnen Wärme freisetzten. Wegen der Isolation an den Seiten und der Luftschicht oberhalb der Lösung kann die Wärme nur durch das Seebeck-Element in das Wasserbad fließen. Das Seebeck-Element misst also, wieviel Wärme von der Salzlösung beim Verdünnen in das Wasserbad fließt. Dies wird in Form einer Spannung auf einem Multimeter, welches am Seebeck-Element angeschlossen ist, angezeigt. Die Messwerte der Spannung kann man auswerten, um dann die Verdünnungs- oder Reaktionsenthalpien der im Kalorimeter abgelaufenen Verdünnungen bzw. Reaktionen zu bestimmen.

Versuchsdurchführung

Lisa Fuchs

Da wir uns nicht sicher sein konnten, ob unser eigenkonstruiertes Kalorimeter überhaupt funktioniert, musste jede Gruppe einen Funktionsnachweis mit Essigsäureanhydrid durchführen. So konnten wir sicherstellen, dass unsere Kalorimeter funktionstüchtig sind. Jedoch entsprachen die Messwerte nicht den Literaturwerten. Daher mussten wir einen Korrekturfaktor ausrechnen und auf die weiteren Messungen anwenden. Anschließend konnte jede Gruppe

ihre Messungen mit den Salzen durchführen und auswerten.

Der Funktionsnachweis lief so ab:

Jede Gruppe stellte das Kalorimeter in ein Wasserbad und legte eine gewisse Menge Wasser vor. Anschließend wurde portionsweise Essigsäureanhydrid hinzugegeben. Dadurch wurde diese hydrolisiert. Bei dieser Reaktion wird Wärme frei und fließt vom inneren Becherglas in das Wasserbad. Der Wärmefluss wurde nun vom Seebeck-Element in Spannung umgewandelt, die wir in regelmäßigen Zeitabständen am Multimeter ablasen und in einer Tabelle notierten. Als die Spannung wieder in die Nähe des Ursprungswerts zurückgekehrt war, gaben wir erneut Essigsäureanhydrid hinzu.

Jetzt ... Piep ... Jetzt ...

Diese Spannungen rechneten wir in Leistung um, die wir dann für jede Zugabe von Essigsäureanhydrid auf einen eigenen Graph eintrugen und die Fläche darunter bestimmten, sodass wir die Reaktionsenthalpie erhielten und mit den Literaturwerten vergleichen konnten. Wir bestimmten nun einen Korrekturfaktor, das heißt einen Faktor, mit dem wir unsere Ergebnisse multiplizieren konnten, um möglichst geringe Abweichungen zu den Literaturwerten zu erreichen. Aus diesen unvermeidlichen Abweichungen errechneten wir zu guter Letzt noch eine Standardabweichung. Nach dieser Eichung der Kalorimeter führte jede Gruppe mit ihrem Kalorimeter noch Messungen für zwei verschiedene Salze durch. Diese Salze waren: Natriumhydroxid, Lithiumbromid, Lithiumchlorid, Bariumhydroxid, Calciumchlorid und Kaliumhydroxid. Kriterien für die Auswahl der Stoffe waren dabei z. B. eine hohe Lösungswärme und ein nicht zu hoher Preis.

Die Verdünnungsenthalpien wurden ähnlich wie die Reaaktionsenthalpien bestimmt:

Für unsere Versuche wurde von jedem Salz eine nahezu gesättigte Salzlösung hergestellt. Nachdem wir diese Salzlösungen in unsere Kalorimeter umgefüllt hatten, wurde in mehreren Schritten eine bestimmte Menge Wasser hinzugegeben. Bei diesem Verdünnen entstand ebenfalls Wärme, die durch das Seebeck-Element abfloss und dort eine Spannung erzeugte, die wir dann am Multimeter ablasen. Sobald der Wärmefluss zum Erliegen gekommen war, gaben wir erneut Wasser hinzu. Die Auswertung funktionierte ähnlich wie bei dem Versuch mit Essigsäureanhydrid, nur am Ende mussten die gesammelten Daten in einer Tabelle zusammengefasst werden, da die Verdünnungsenthalpie davon abhängt, bei welcher Konzentration man beginnt und bei welcher man aufhört. Jedoch haben wir bei den Salzen eine Verdünnungsenthalpie und keine Reaktionsenthalpie bestimmt, was aber keinen Unterschied in der Arbeitsweise erforderte.

Um die Spannung in Leistung umzurechnen, mussten wir eine Umrechnungsgröße ermitteln, die die Einheit [W/V] hat. Dazu nahmen wir unser Kalorimeter und füllten Wasser einer bestimmten Temperatur hinein. Dadurch konnten wir die bekannte Temperaturdifferenz zwischen Wasserbad und Kalorimeter mit einer Spannung am Multimeter verbinden und erhielten so das Verhältnis der Spannung zum Temperaturunterschied [V/K]. Dem Datenblatt entnahmen wir den Wärmeübergangswiderstand in [W/K]. Somit mussten wir danach nur den Wert [W/K] durch [V/K] teilen und erhielten so unseren gesuchten Umrechnungsfaktor in [W/V].

Durchführung Team „LAMP“

Mario Mutschall

Unser Team „LAMP“ musste wie jede Gruppe den entstehenden Wärmefluss bei der Reaktion von Essigsäureanhydrid und Wasser messen und auswerten. Die Messung mit dem übelriechenden und stark augen- und nasenreizenden Essigsäureanhydrid eignete sich wegen der sehr hohen Wärmeentwicklung vortrefflich für die Eichung des selbstgebauten Kalorimeters. Die detaillierte Auswertung wird von Lisa im Bericht des Teams „Auftragskiller“ beschrieben. Nachdem die Umrechnungswerte für den Literaturwert und Fehlerkalkulationen festgelegt waren, konnte jede Gruppe mit der Messung der Verdünnungsenthalpie der gruppenindividuellen Stoffe beginnen.

Unsere Gruppe „LAMP“ hatte sich die Salze Bariumhydroxid (BaOH) und Calciumchlorid ($CaCl_2$) ausgesucht. Beides sind weiße Feststoffe, die eine recht hohe Lösungsenthalpie, aber eine recht geringe Verdünnungsenthalpie besitzen. Da die beiden Salze für unsere Nutzung zu grobkörnig vorlagen, mussten wir diese erst mörsern, um sie daraufhin in Wasser lösen zu können. Doch dabei gab es ein Problem: Bariumhydroxid besitzt eine Löslichkeit von 72 g/l, das heißt es lösen sich 7,2 g in 100 ml Wasser. Im Vergleich zu Calciumchlorid mit einer Löslichkeit von 740 g/l ist dies ein sehr geringer Wert. Weil also unsere wässrige Lösung von Bariumhydroxid viel zu schnell gesättigt war und bei der Messung viel zu geringe Spannungswerte resultiert hätten, entschied sich unser Kursleiter Moritz dafür, Bariumhydroxid von den Messungen auszuschließen und den Fokus verstärkt auf die Messungen mit Calciumchlorid zu legen.

Bei unseren Messungen der Verdünnungsenthalpie von Calciumchlorid saßen wir häufig länger als 45 Minuten an unserem Kalorimeter und notierten die Spannungswerte, die unser Multimeter anzeigte. Derjenige, der die Lösung im Kalorimeter rührte, musste alle 5 oder 10 Sekunden dem Notierenden zum Aufschreiben der Werte Bescheid geben.

Nach unserer ersten Messreihe wurde beim Putzen des Kalorimeters das innere Reaktionsgefäß aus Versehen hochgehoben und Teile der Isolierung konnten auf das Seebeck-Element gelangen, so dass dieses keine korrekten Messwerte liefern konnte. Nach dem Austausch der Isolierung hat das Kalorimeter daraufhin wieder einwandfrei funktioniert, wobei man nicht mehr sicher gehen konnte, ob die Umrechnungswerte den ursprünglichen entsprachen.

Weitere Pannen blieben Gruppe 3 glücklicherweise erspart, und es machte viel Spaß, sich während der Messungen mit den anderen Teammitgliedern intensiv über diverse „nicht fachliche“ Themen zu unterhalten.

Durchführung Team „Auftragskiller“

Lisa Fuchs

Auch wir führten zuerst den Funktionsnachweis mit Essigsäureanhydrid durch. Diesen Versuch wiederholten wir dann nochmal, um nachzuprüfen, ob unsere Ergebnisse nachvollziehbar waren. Dabei gingen wir wie bei dem ersten Versuch vor, nur dass wir die anfängliche Wassermenge variierten. Wir dokumentierten die ganzen entstehenden Spannungen und nachdem wir daraus die Leistungen ermittelt hatten, ergab sich für eine Wasserzugabe der unten abgebildete Graph.

In diesem Graph kann man erkennen, dass die entstehende Leistung annähernd gleichmäßig anstieg und nach ca. 14 Minuten ihren Höchstpunkt erreichte, d. h. nach ca. 14 Minuten herrschte die größte Wärmeentwicklung im Kalorimeter. Daraus kann man schließen, dass zu diesem Zeitpunkt der höchste Stoffumsatz stattfand. Nun sank die Leistung langsam und einigermaßen linear bis die Temperatur im Kalorimeter und die Temperatur im Wasserbad gleich hoch waren und keine Wärme mehr floss. Aus unseren Messungen ergab sich eine Standardabweichung von ca. 50 %, was jedoch für unseren einfachen Versuchsaufbau ein sehr gutes Ergebnis ist.

Dann führten wir noch Messungen mit unseren anderen zwei Stoffen durch. Diese Stoffe waren Lithiumbromid und Lithiumchlorid. Bei dem Versuch mit Lithiumbromid stellten wir

Messkurve von Essigsäureanhydrid

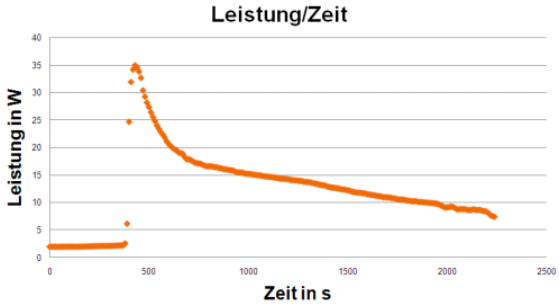
zunächst die annähernd gesättigte Lösung in 20 ml Wasser her und gaben dann mehrmals 5 ml bzw. 10 ml Wasser hinzu. Bei der Lithiumchlorid Messreihe verfuhren wir im Grunde genommen genauso. Verglichen mit den Auswertungen der anderen Salze bemerkten wir, dass bei Lithiumchlorid immer die höchste Verdünnungsenthalpie gemessen wurde. Die Verdünnungsenthalpie beim Verdünnen von Lithiumbromid ist in etwa halb so groß wie die Verdünnungsenthalpie von Lithiumchlorid.

Durchführung Team „Frängi“

Seti Frotscher

Auch unser Team „Frängi“ führte mithilfe seines Kalorimeters und des Essigsäureanhydrids einen Funktionsnachweis durch. Diese Ergebnisse haben wir mit den Literaturwerten verglichen und dann einen Korrekturfaktor berechnet. Mit diesem bestimmten wir die Standardabweichung zwischen den einzelnen Versuchen, welche bei unserem Kalorimeter nur 25 % betrug. Dieser Wert ist im Vergleich zu den anderen Gruppen sehr gering. Jedoch muss man sagen, dass wir auch nur zwei Messungen auswerten konnten, wobei die anderen Teams sich bei der Berechnung der Standardabweichung auf bis zu vier Werte bezogen haben. Das lag daran, dass wir bei den ersten beiden Messungen eine sehr hohe Ungenauigkeit aufgrund von Fehlern in der Versuchsdurchführung hatten und infolgedessen diese abbrechen mussten. Daher konnten wir sie nicht in die Auswertung unserer Ergebnisse mit einbeziehen. Uns unterschied weiterhin von den anderen Gruppen, dass wir die gesamte Zeit über am Thermostat messen konnten, was uns ermöglichte die Umgebungstemperatur noch genauer konstant zu halten.

Wie jede Gruppe bestimmte auch das Team „Frängi“ mit seinem selbst konstruierten Kalorimeter die Verdünnungsenthalphie von zwei Salzen. Das Team verwendete hierzu die Salze Natriumhydroxid (NaOH) und Kaliumhydroxid (KOH). Diese lagen als weißer Feststoff in Form von Plättchen vor. Beide Stoffe sind ätzend und ergeben beim Lösen in Wasser eine klare Flüssigkeit. Bei der weiteren Verdünnung ihrer Lösungen mit Wasser entwickelten sie die höchste Verdünnungsenthalphie im Vergleich zu den Salzen der anderen Gruppen.



Messkurve von Natriumhydroxid

Im obenstehenden Diagramm sieht man, dass auf der y-Achse die Leistung in Watt angegeben wird und auf der x-Achse die entsprechende Zeit in Sekunden. Man kann erkennen, dass unsere Messungen nicht bei null Watt starteten. Das lag daran, dass wir, bevor wir Wasser zu der Lösung hinzugegeben hatten, schon umrührten, was bereits Wärme einbrachte und so eine Grundspannung erzeugte. Man kann ebenfalls feststellen, dass die Kurve plötzlich stark ausschlägt. Dies ist der Zeitpunkt, an dem wir das Wasser hinzugaben.

Danach sinkt die Kurve relativ schnell wieder und klingt schließlich langsam aus. Wie stark der Ausschlag zum Zeitpunkt der Zugabe von Wasser ist, hängt von der Konzentration der Lösung ab. Zum Beispiel war der Ausschlag bei der Zugabe von Wasser zu einer 100 %igen Lösung um fünf Watt größer als bei der Verdünnung einer 80 %igen Lösung. Wir begannen bei den Messungen der Salze immer mit einer 100 %igen Lösung. Dazu mussten wir zuerst be-

rechnen, welche Stoffmenge wir lösen müssen, um eine derartige Lösung zu erhalten.

Schwierigkeiten

Joel Fischer

Da es ziemlich wahrscheinlich war, dass wir in unserem Projekt auf Probleme stoßen werden, haben wir in der Planungsphase unseres Projektes eine Risikoanalyse durchgeführt und uns überlegt, welche Probleme auftreten könnten. So waren wir teilweise gewappnet und hatten einen „Plan B“ in der Tasche. Einige Probleme konnten wir jedoch nicht voraussehen.

Datenlogger

Der Datenlogger war uns nicht gänzlich vertraut. Deshalb hielten wir es für möglich, dass er abstürzt und unsere Daten löscht oder aus anderen Gründen nicht funktioniert. So ähnlich kam es dann auch: Der Datenlogger konnte die geringen Spannungen, die das Seebeck-Element erzeugte, nicht aufzeichnen. Deshalb wurde anstatt des Datenloggers ein Multimeter angeschlossen, mithilfe dessen sämtliche Daten per Hand aufgezeichnet wurden. Dazu stand eine Person an einer Uhr und gab in einem festgelegten Intervall einer zweiten Person ein Signal, die nun die Daten vom Multimeter ablas und in eine von uns gefertigte Tabelle handschriftlich übertrug. Gegen Ende entdeckte das Team „Frängi“ noch eine App für das Smartphone, die einen Teil der Arbeit erledigte, indem sie im festgelegten Intervall piepte. So konnte eine Person eingespart werden, die sich anderen Aufgaben zuwenden konnte.

Rührer

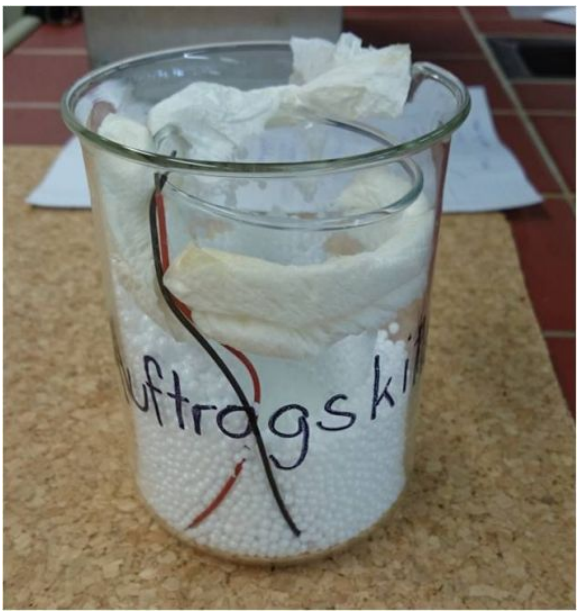
Ein weiteres Problem trat dadurch auf, dass der Rührer, den wir ursprünglich nutzen wollten, durch Reibung am Boden einen ungewollten Wärmefluss erzeugte. Deshalb musste mit einem Plastikspatel von Hand gerührt werden. Allerdings führte unregelmäßiges Rühren auch hier zu leichten Ungenauigkeiten. Diese Art des Rührens mit der Hand war ebenfalls sehr personalaufwändig.

Stoffmengenverhältnisse

Aufgrund eines Fehlers in der Berechnung der Stoffmengenverhältnisse dauerten einzelne Messungen über eine Stunde. Während der Messungen musste ein Teammitglied umrühren, eines alle fünf Sekunden „Jetzt“ sagen und ein weiteres die Werte notieren. Diese sehr aufwändige Messung wurde nach einer Stunde, da wir das Wort „Jetzt“ nicht mehr sagen und hören konnten, vorzeitig beendet. Trotzdem ist uns dieses Wort so stark in Erinnerung geblieben, dass wir es auf unserem Kurs T-Shirt aufgenommen haben. In den darauffolgenden Messungen wurde dann weniger Essigsäureanhydrid verwendet.

Kalorimeter zerstört

Zwei Kalorimeter wurden beim Reinigen beschädigt, da das innere Becherglas nicht am äußeren befestigt war. Die Kalorimeter konnten aber wieder zusammengesetzt werden und die Messungen gingen weiter.



Die Versicherung zahlt's

Ausfall eines Gruppenmitglieds

Eines unserer Kursmitglieder konnte, weil es sich den Arm gebrochen hatte, nur manche Aufgaben im Labor durchführen.

Zeitprobleme

Durch die Beschädigungen an den Kalorimetern, durch zu lange Messungen und dadurch, dass jede Messung von drei Personen begleitet werden musste, kamen wir zeitlich in Verzug. Damit hatten wir zwar gerechnet, allerdings reichten die eingeplanten Puffer nicht immer aus und so wurde die Zeit besonders vor der Rotation und vor der Abschlusspräsentation sehr knapp. Durch Weglassen einer Theorieeinheit, vor allem aber durch zusätzlichen Einsatz, unermüdliche Teamarbeit und einen guten Zusammenhalt der Gruppe konnte schlussendlich auch das Zeitproblem gelöst und das Projekt zum Ziel gebracht werden!

Abschlusspräsentation

Mario Mutschall

Für unsere Abschlusspräsentation gab es viel zu tun: Gesammeltes Material musste zusammengesucht und -gefasst, Präsentationsaufbau und -aussehen intensiv überdacht werden.

Ein Kurs – ein Team – eine Präsentation

Franziska hatte die Idee, die Namen aller Kursmitglieder sowie die Buchstaben des Wortes „TheoPrax-Kurs“ auf bunte Din-A4-Blätter zu schreiben, um den Anfang möglichst interessant zu gestalten und ein langweiliges Vorstellen der Kursmitglieder zu vermeiden. Am Präsentationstag konnten wir dann diese Idee mit unserer Sportfestparole kombiniert umsetzen.

Den rund 30 Zuhörern erläuterten wir zunächst die Ziele von TheoPrax und das Arbeiten in Projekten, also das richtige Projektmanagement. Anschließend stellten wir das Ziel unseres Projektes vor und erklärten während der Präsentation mittels Pinnwand auftretende Fachbegriffe. Darauf folgten umfassende Erklärungen zum Aufbau und zur Funktionsweise unseres Kalorimeters mit Anwendungsbeispielen. Um die Funktionsweise des Kernbausteins, des Seebeck-Elements, zu veranschaulichen, schlossen wir ein Spannungsmessgerät daran an und konnten eine Spannung nachweisen, die durch den Wärmefluss von der Hand in den Tisch verursacht wurde.

Als nächstes wurden vier Messreihen und die dazugehörenden Kurven präsentiert, in denen entweder der Wärmefluss im zeitlichen Verlauf oder in Korrelation zur Konzentration gezeigt wurde. Dafür wurden die umfangreichen Daten in graphische Darstellungen übertragen.

Die Präsentation und auch die sich anschließende Fragerunde verliefen reibungslos, obwohl sie mit einiger Aufregung erwartet worden war. Begleitet von einem großen Applaus überreichte Monika uns die Zertifikate, die uns den erfolgreichen Abschluss unseres TheoPrax-Projektes bescheinigen.

Fazit der fachlichen Arbeit

Lara Schiele

Am Ende der Sommerakademie hatten wir nun drei funktionstüchtige Mini-Kalorimeter gebaut, mit denen wir im Allgemeinen zufrieden waren. Anfangs hatten wir die Reaktionsenthalpie der Reaktion von Essigsäureanhydrid mit Wasser gemessen und unser Ergebnis mit dem Literaturwert verglichen. Die Abweichungen waren hierbei teils gravierend.

So konnten wir bestimmen, wie genau unsere Kalorimeter messen und die spezifischen Korrekturfaktoren für jedes einzelne Kalorimeter berechnen. Für die sehr einfache, preiswerte Konstruktion misst unser Instrument recht gut. Jedoch würden wir empfehlen, mehr Geld und Aufwand zu investieren, um die Ungenauigkeiten zu minimieren.

Im Nachhinein sind uns natürlich viele Verbesserungsvorschläge eingefallen. Man könnte bei-

spielsweise die Bechergläser durch andere Gefäße ersetzen, die die Wärme besser leiten, die einen ebenen Boden haben und eine Vertiefung für das Seebeck-Element besitzen. Außerdem besteht bei der Säuberung der Kalorimeter die Gefahr, dass die Flüssigkeit in die Isolierung zwischen den beiden Bechergläser eindringt oder dass das Kalorimeter beeinträchtigt werden kann, wenn die Bechergläser gegeneinander verrutschen. Dieses Problem könnte gelöst werden, indem man das Kalorimeter vorsichtiger säubert, die beiden Bechergläser fixiert und die Isolation an der Oberseite besser abdichtet. Um den Aufwand der Messungen zu verkleinern, sollte ein Datenlogger benutzt werden, der auch im entsprechenden Spannungsbereich aufzeichnen kann. Des Weiteren sollte das Verhältnis der Stoffmengen so gewählt werden, dass die einzelnen Messungen nicht zu lange dauern, und nicht wie bei uns zum Teil eine ganze Stunde.

Was wir alles gemacht haben ...

Aaron Laier

Nachdem durch das Eröffnungswochenende unser Interesse am Kurs vollständig geweckt wurde, mussten wir in zuvor gebildeten Teams zu Hause „forschen“. Jedes Team hatte ein spezielles Thema, mit dem es sich auseinandersetzte. Zu diesem versuchte die Gruppe möglichst viele, nützliche Informationen zu sammeln und diese nach ihrer Wichtigkeit zu sortieren, um die Infos auch benutzen zu können. Daraus entstanden Ideen zur Umsetzung unseres Projekts, die bei der Exkursion ans Fraunhofer ICT am Ende des Schuljahres den anderen Gruppen präsentiert wurden.

Nun erwarteten wir voller Spannung die zweiwöchige Sommerakademie. Doch bevor wir das Projekt starten konnten, musste noch ein Angebot geschrieben werden. Angebot und Auftrag gehören zu jedem realen Projekt! Nach anfänglichen Schwierigkeiten bezüglich der Zieldefinition bekamen wir schließlich unseren Auftrag und konnten durchstarten.

Wir führten sehr viele Versuche, Messungen und Tests durch, werteten Daten aus, verglichen sie mit den Literaturwerten und interpretierten diese ... Da liegen schnell mal die Nerven blank, oder? Klar war es anspruchsvoll (soll es ja auch sein!), jedoch war immer für Nervennahrung gesorgt.

Die Tage vergingen nun sehr schnell und so waren wir schon in der Mitte der Akademie angelangt. Da ist es üblich, dass sich die Kurse in der Rotationspräsentation gegenseitig ihre Arbeiten vorstellen. Das hieß, zur eigentlichen Arbeit kam noch zusätzlich dazu, eine Präsentation zu erstellen und zu üben. Noch mehr Stress! Doch durch die lockere Art der Kursleiter und insbesondere unseres Schülermentors war die Stimmung nie am Kippen.

Beim Sportfest schnitten wir dieses Jahr auch nicht schlecht ab: Nach vielen (kräftezehrenden) Spielen erreichten wir den zweiten Platz.

Bald näherten wir uns dem Ende der ereignisreichen zwei Wochen und damit auch der Abschlusspräsentation. Nachdem die letzten Messungen vorgenommen waren und teilweise noch ausgewertet wurden, bereiteten manche die Präsentation vor, ein anderer Teil der Kursteilnehmer schrieb am Abschlussbericht. Das war teilweise ganz schön anstrengend!

Doch wären wir nicht der TheoPrax-Kurs gewesen, wenn wir nicht auch das gemeistert hätten? Deshalb konnten wir nach einer wirklich gut gelungenen Abschlusspräsentation den Abschlussbericht an Herrn Jürgen Antes, unseren Auftraggeber weiterleiten.

Uff! Viel gearbeitet, viel geschafft! Somit sind wir glücklich und zufrieden am Ende angelangt.

Abschluss

Aaron Laier

TheoPrax – ein Begriff, von dem die meisten von uns wohl am Anfang wirklich keine Ahnung hatten, was er genau bedeutet. Doch in diesen zwei Wochen hat sich für uns dieser Begriff mit Leben gefüllt. Wir haben viel gearbeitet, neue Freundschaften geschlossen, und vor allem sind viele sehr gute Ergebnisse zu Stande gekommen. Es wurde in großem Stil geplant, vorbereitet, gemessen, gebaut, ausgewertet, gefiebert, gelacht, gedacht und natürlich auch viel von unserem Süßigkeitentisch gegessen.

Deswegen können wir stolz auf uns sein und uns freuen, wie toll alles trotz gewisser Problemen geklappt hat und wir zu unseren Zielen, die wir zu Beginn der Akademie bestimmt hatten, gekommen sind. Dennoch sind wir natürlich alle enorm traurig, denn das war eine einmalige Erfahrung, die wir so nicht noch einmal erleben dürfen. Eine unglaubliche Chance für uns, Neues zu lernen, was uns Türen öffnet in der Zukunft und auch in der Gegenwart. Theo-Praxler zu sein lohnt sich und bringt mehr, als man im ersten Moment erwartet. Es verbirgt sich neben Theorie und Praxis auch viel Freude, Nervennahrung, Anspruch, Gemeinschaft und Arbeit an einem realen Forschungsprojekt dahinter. Man lernt Vieles auf eine Art, die sich sehr von der Schule unterscheidet, und die, auf gut Deutsch, „richtig bockt“.

Der Kurs hat bei uns allen sehr positive Spuren hinterlassen und uns auf den späteren Beruf vorbereitet. Freude und Heiterkeit kamen aber nie zu kurz. Im Gegenteil: Zu lachen hatten wir immer sehr viel, was uns aber nicht am Arbeiten hinderte, sondern den Spaß am Arbeiten steigerte, zum Beispiel, wenn man im Labor einfach mal anfängt zu singen oder der Schülermentor einen zum Lachen bringt. Zum Schluss noch ein kurzer Satz: THEO? – PRAX!

WAS SIND WIR? – hart und brutal!

Kursübergreifende Angebote und weitere Veranstaltungen

Musik-KüA

Jan Holzhäuer

„Musik ist höhere Offenbarung als alle Weisheit und Philosophie“ sagte einst das Genie Ludwig van Beethoven. Und er ahnte nicht, wie recht er hat. Denn trotz aller noch so hitzigen Diskussionen und anstrengenden Arbeiten in den Kursschienen trieb es die Teilnehmer dieses Jahr regelrecht in Strömen zur Musik-KüA. Die Frage, ob die Teilnehmerzahl und die Instrumentenauslese denn für ein kleines sinfonisches Orchester reichen würden, stellte sich erst gar nicht. Wir konnten uns über ausreichend Trompeten, eine Posaune, Holzbläser wie Saxophon, Klarinetten und Flöten sowie über Piano, Schlagwerk, Cello, Violinen und eine Viola mit Wiedererkennungswert freuen.

So begannen wir auch sofort die Probearbeit. Das Orchester setzte zwar eine recht regelmäßige Frequentierung voraus, dennoch schafften es alle Teilnehmer, Musik und andere KüAs unter einen Hut zu bekommen. In konzentrierter und produktiver Atmosphäre haben wir, vor allem in der Abendschiene, zwei für die kurze Probezeit bis zum Hausmusikabend anspruchsvolle Stücke auf die Beine gestellt: Der berühmte „Fluch der Karibik“-Soundtrack von Klaus Badelt stellte besondere Anforderungen an die Metrik, während es sich bei der nicht minder bekannten Filmmusik zu „Die glorreichen Sieben“ auf die Harmonik zu konzentrieren galt.

Doch die Orchester-KüA fand lediglich in einer KüA-Schiene statt. Wer immer noch nicht genug Musik hatte, hatte die Möglichkeit, in einem Ensemble mitzuarbeiten. Dies erfreute sich ebenso großer Beliebtheit. Die Ensembles erarbeiteten sich in kurzer Zeit und mit hilfreichen Tipps von Elisabeth und Johannes recht eigenständig teils sehr anspruchsvolle Stücke. Natürlich konnte die KüA-Zeit auch dazu genutzt werden, eigene Solostücke zu üben oder einfach nur zu proben. Wir alle hatten die große Ambition, in ca. einer Woche ein reichhaltiges Konzertprogramm vorweisen zu können, denn die Tage bis zum Hausmusikabend, an dem die Ergebnisse der Musik-KüA den anderen Teilnehmern und Kursleitern in einem Konzert präsentiert wurden, vergingen wie im Fluge.

Die Musik-KüA war eine tolle Erfahrung, und wir konnten viel voneinander lernen.

Theater-KüA

Johannes Wieland, Lisa Sophie Fuchs, Jonas Ziscka

Zu jedem guten, lustigen Abendprogramm gehört ein Theaterstück, also gab es auch dieses Jahr eine Theater-KüA in der Science-Academy. Die KüA spielte unter Leitung von Daniel Zonsius die *Komödie im Dunkeln* von Peter Shaffer *(Black Comedy, 1965)*, in einer überarbeiteten Version, die in wenigen Tagen von unserem KüA-Leiter geschaffen werden musste und die statt der acht Rollen des Urtextes ganze 18 enthält – Lust auf Theater hatten nämlich viele.

Das Stück handelt von dem Londoner Künstler Brindsley Miller (Kevin Yuan), der den Besuch des Millionärs Godunow erwartet, welcher In-

teresse an Brindsleys Skulpturen gezeigt hat. Außerdem hat sich der Vater von Millers Verlobten Carol (Hannah Schork), Colonel Melkett (Jonas Zischka), angekündigt. Doch kurz vor der Ankunft der Gäste durchkreuzt ein Kurzschluss die Pläne des ehrgeizigen Künstlers, der nicht nur auf Geld angewiesen ist, um Vermieterin (Johanna Kaps) und Putzfrau (Johanna Buck) bezahlen zu können, sondern auch die Möbel seines Nachbarn Harold Gorringe (Chidi Amadi), die er sich ohne dessen Wissen geliehen hat, schleunigst zurückbringen muss, als Harold plötzlich früher als erwartet in Begleitung seiner nervtötenden Urlaubsbekanntschaft Miss Adams (Felicia Scmidt) nach Hause kommt.

Im Laufe des Abends geht es für alle in Brindsleys Wohnung immer schneller den Berg hinunter: Brindsleys streng gläubige Nachbarin Miss Furnival (Viktoria Scherb) und ihre Nichte Christine (Gözde Kabadayi) stellen sich als heimliche Alkoholikerinnen heraus und geraten in eine theologische Auseinandersetzung mit zwei Zeuginnen Jehovas (Laura Oßwald & Alina Valta), der Colonel wird durch die Anwesenheit des Inders Ranjesh Panjab (Aaron Laier), des neuen Ehemannes von Carols Mutter (Lara Schiele), und dessen friedlichen Widerstand daran erinnert, dass die Sonne inzwischen sehr wohl über dem British Empire untergeht, ein kunstinteressierter Elektriker (Johannes Wieland) wird für den russischen Millionär gehalten, und die Rückkehr von Brindsleys eigenwilliger Ex-Freundin Clea (Lisa Fuchs) setzt dem Chaos die Krone auf.

Als das Ehepaar Godunow (Sebastian Koch & Diane Klose) ziemlich verspätet auftaucht, werden sie und ihr Bodyguard (Julian Todt) vom Colonel und einem wütenden Harold, der inzwischen herausgefunden hat, dass Brindsley seine Möbel „geliehen“ hat und dessen hochheiliger Buddha inzwischen nur noch ein Haufen Scherben ist, versehentlich ausgeknockt, denn im Gegensatz zum Publikum sieht ja keine der Personen im Stück etwas, denn der Clou des Stückes liegt nicht nur in seiner Geschichte, sondern auch in der Inszenierung: Immer, wenn die Lampen in Brindsleys Wohnung an waren, war die Beleuchtung der Bühne ausgeschaltet. Brannte kein Licht, wurde die Bühne hell erleuchtet und man sah, wie Brindsley und die anderen nichts sahen.

Wir hatten uns ein hohes Ziel gesteckt, innerhalb von weniger als zwei Wochen wollten wir ein Theaterstück proben und aufführen. Vom Zeitdruck ließen wir uns aber nicht den Spaß am Theater nehmen: Wir machten Aufwärmübungen, Improvisationstheater, fanden heraus, wie es sich anfühlt und wie man sich bewegt, wenn man nichts sieht und hatten vor allem jede Menge Spaß und Grund zum Lachen. Innerhalb kurzer Zeit fanden wir uns zu einem Ensemble zusammen, das sehr gut zusammenarbeitete und in dem jeder von den anderen unterstützt wurde.

Aaron sorgte mit seinem Humor und seiner Kreativität für den ersten Running Gag der KüA: „Eine Rose kaufen?“. Auch Chidis Zuspätkommen, was seiner durchweg lustigen und gelungenen Verkörperung des schrulligen Harold keinerlei Abbruch tat, sorgte immer wieder für Amüsement. Wir alle bewunderten Kevin für seine unerschöpfliche Motivation beim Textlernen, wofür er sogar in der Nacht vor der Aufführung noch extra lange wach blieb. Sowohl Hannah und Jonas haben es geschafft, ganz entgegen ihrer freundlichen und sympathischen Art die versnobbte Tochter und ihren fiesen, aufbrausenden Vater überzeugend auf die Bühne zu bringen. Auch Felicia musste einige ganz fremde Eigenschaften ausprobieren, doch die nervtötende Schreckschraube ist ihr wunderbar gelungen.

Eine Johanna kommt selten allein – ob es wohl am Namen lag, dass Johanna und Johanna so ein gutes Team waren? Lisa ist vollkommen in ihrer Rolle aufgegangen und hatte sichtlich viel Freude daran, als Clea einiges an Durcheinan-

der zu stiften. Obwohl beide nur eine kleine Rolle hatten, waren Sebastian und Julian bei den Proben immer mit hundert Prozent bei der Sache und zwei sehr verlässliche Schauspieler.

Während die scheinbar vollkommen betrunkene Viktoria wohl problemlos durch jeden Promilletest kommen würde, sollte Diane wohl über eine Karriere als Stuntfrau nachdenken – ihr Sturz als Milliardärsgemahlin war jedenfalls hollywoodreif. Alina überzeugte uns vielleicht nicht davon, den Zeugen Jehovas beizutreten, doch auf jeden Fall davon, ihrer Schauspielkunst Glauben zu schenken, und Lara bewies allen mit ihrer Darbietung, dass stille Wasser manchmal sehr tief sein können. Überrascht wurden wir auch von Johannes, der nicht nur eine Menge Kostüme beisteuerte, sondern auf der Bühne zu einem unglaublich witzigen Elektriker aufblühte.

Laura wirkte nicht nur beim Theater, sondern auch noch bei den Musikern mit – wie sie beides so souverän unter einen Hut brachte, war wirklich faszinierend. Auf Gözde hätte sowohl auf wie auch vor und hinter der Bühne niemand verzichten wollen, denn mit einem scheinbar unendlichen Vorrat an Optimismus und guter Laune sorgte sie dafür, dass es nie Zweifel am Gelingen des Stückes gab.

Und genau das war es dann am Ende auch: Ein gelungenes Stück, an dem nicht nur wir, sondern auch das Publikum eine Menge Spaß hatte, und auf das wir mächtig stolz sein können.

Sport-KüA

Melina Soysal, Jennifer Miess

7 Uhr morgens – die meisten Akademieteilnehmer schlafen noch, nur die Teilnehmer der Sport-KüA sind schon wach. Jeden Morgen von 7:00 Uhr bis 7:30 Uhr bot Wenke, unsere Sportmentorin, Frühsport an. Entweder eine Runde Joggen durch den Wald, oder Zirkeltraining in der Sporthalle, wobei jeder Muskel trainiert wurde.

In der Mittags-KüA-Schiene wurden verschiedene Sportarten angeboten, die zum Teil von Wenke, aber auch von den Teilnehmern geleitet wurden. Oftmals trafen wir uns auf dem Sportplatz, wo wir je nach Interesse und Teilnehmerzahl Basketball, Volleyball oder Fußball spielten. Einmal übten wir uns auch im Werfen von Bumerangs, wobei die meisten jedoch entweder im Gebüsch oder in den Bäumen endeten. Ein anderes Mal spielten wir Ultimate Frisbee und lernten die verschiedenen Wurftechniken kennen.

In einer der zweistündigen Mittags-KüA-Schienen habe ich, Jennifer, die Taekwondo-KüA angeboten. Taekwondo ist die koreanische Kunst des Hand- und Fußkampfes, die ich seit ca. acht Jahren in der Sportschule und auch auf Meisterschaftsebene betreibe. Wer Kung-Fu-Panda gesehen hat, weiß bereits, dass asiatische Kampfsportarten alles andere als langweilig sind. Ich habe momentan den zweiten Dan, das ist der zweite Schwarze Gürtel im Taekwondo.

Nach dem Aufwärmen und Dehnen trainierten wir auf Matten, wie man richtig fällt: Rolle vorwärts, rückwärts und seitwärts. Diese Falltechniken wendeten wir dann in den folgenden Selbstverteidigungsübungen an – eine Simulation des Straßenkampfes. Taekwondo ist eine Verteidigungssportart und obwohl man seinem Gegner sehr zusetzen könnte, wird sie nicht im Angriff eingesetzt. Anschließend übten wir einige Dreh- und Sprungkicks ein, die wir in Ermangelung eines Handpads für Fußkicks einfach auf einem Kopfkissen ausprobierten. Der Fortschritt der anderen Teilnehmer war sehr beeindruckend, und bis zum Ende der zwei Stunden hatten wir uns einige Techniken erarbeitet.

Rückblickend betrachtet hat die Taekwondo-KüA sowohl mir als auch den zahlreichen Teil-

nehmern viel Spaß bereitet. Es war eine tolle Erfahrung, mein Hobby anderen näher zu bringen. Am Ende der zwei Stunden waren wir alle erschöpft, aber begeistert, etwas über die koreanische Kampfkunst gelernt zu haben.

Die Sport-KüA hat immer viel Spaß gemacht, da wir zum Teil Profis dabei hatten, aber auch Anfänger. So konnten die Leute, die die Sportart nur selten spielen, auch viel von den anderen lernen.

Zirkus-KüA

Teresa Augustin

In der Zirkus-KüA herrschte stets gute Stimmung und es gab ständig etwas zu lachen. Die Idee einer Zirkus-KüA wurde von Hanna Brüggemann ins Leben gerufen, die ihr Vertikaltuch zur Akademie mitgebracht hatte. Schnell fand sich eine große Gruppe an Turn- und Zirkusbegeisterten, die unermüdlich an einem Beitrag für das Bergfest arbeiteten. Ein Vertikaltuch besteht aus zwei elastischen Tüchern, die an der Decke aufgehängt werden und an denen man verschiedenste akrobatische Elemente zeigen kann. Hanna, die in ihrer Freizeit in einem Zirkus daran übt, unterstützte jeden, der Lust hatte, ein paar Grundlagen zu erlernen. Außerdem bereitete Hanna mit mir eine Vorführung für das Zirkusprogramm vor und zeigte ebenfalls etwas von ihren Jonglagekünsten. Ein weiteres Highlight unseres Beitrags war die Taekwondo-Vorführung von Jenny, einer wahren Meisterin dieser Sportart. Das Publikum war während der Show mucksmäuschenstill und man hatte fast das Gefühl, als würde Jenny mit einem unsichtbaren Schwert die Luft durchtrennen. Natürlich hatten wir in unserem Programm auch eine kleine Gymnastik-Tanz-Einlage. Dabei zeigten Melina und ich Beweglichkeit und Eleganz.

Zu guter Letzt kam der krönende Akrobatik-Turn-Abschluss: Bei diesem Teil wirkten alle Teilnehmer der Zirkus-KüA mit. So zeigten wir zu zehnt Synchronizität bei turnerischen Elementen und stapelten uns in verschiedenen Pyramiden. Da wir alle aus unterschiedlichen Sportbereichen kamen, konnten wir ein sehr buntes Programm auf die Beine stellen, wobei jeder die Möglichkeit hatte, sich einzubringen, aber auch von den Erfahrungen der anderen zu profitieren.

Damit dieses vielseitige Programm für unseren Beitrag beim Bergfest sowie beim Abschlussabend auch wirklich funktionierte, trafen wir uns einerseits während der KüA-Schienen, aber auch morgens um sieben fanden wir noch etwas Zeit, um unsere Vorstellung zu optimieren. Alles in allem können wir stolz, glücklich und um viele neue Erfahrungen bereichert auf diese Zeit zurückblicken. Wir können Wenke für ihre unermüdliche Unterstützung also gar nicht genug danken, denn die Zirkus-KüA war ein wirklich gelungener Teil der Science-Academy.

Fit für die Zukunft

David Ringhut

Nicht nur Wissenschaftliches gab es bei der Science-Academy 2014 zu lernen. Mit der „Fit für die Zukunft“-KüA bekamen wir einen Einblick in die Themen Zeitmanagement und Motivation. Im KüA-Raum angekommen, empfing

uns die gut gelaunte Diplompädagogin Liselotte Kühn. Zusammen beschäftigten wir uns in der ersten KüA-Schiene mit mehreren interessanten Methoden zum Thema Zeitmanagement.

Eine wichtige Regel ist hierbei die so genannte 80-20-Regel. Sie besagt, dass man mit 20 % des zeitlichen Aufwands oft schon 80 % des Ergebnisses erreichen kann. Die letzten 20 %, also alle Kleinigkeiten, die man erledigt, damit alles perfekt ist, kosten circa 80 % der Gesamtzeit. Mit diesem Wissen kann man sich viel Zeit sparen; oft reichen 80 % aus. Ein Beispiel: Man schreibt in einer Viertelstunde einen Text. Nach dieser Zeit ist der Inhalt fertig wiedergegeben. Nun könnte man ca. 1 Stunde damit verbringen, den Text durch Umformulierungen, Rechtschreib- und Grammatiküberprüfung, Absätze an den richtigen Stellen usw. zu verbessern. Manchmal ist das sicher sinnvoll, jedoch sollte man sich vorher überlegen, welche Ansprüche der Text denn erfüllen soll und ob es vielleicht sogar egal ist, wenn er nicht perfekt ist.

Ein anderes, wichtiges Werkzeug des Zeitmanagements ist die so genannte Vierfeldertafel. Im Feld oben links stehen alle Dinge, die wichtig und dringend sind. Das sind zum Beispiel die Hausaufgaben für den nächsten Schultag oder auch das Proben eines Musikstückes vor dem Konzert. Rechts davon befindet sich das Feld für wichtige Angelegenheiten, welche aber nicht dringend sind. Hier findet man zum Beispiel Hobbys, das Lesen eines Romans oder auch das Vorbereiten eines Schulvortrags für die nächste Woche. Aktivitäten aus diesem Feld sollte man idealerweise ca. 70 % des Tages nachgehen. So kann man immer entspannt arbeiten und die Dinge wandern gar nicht erst in das dringende Feld.

Links unten befindet sich das Feld mit den Angelegenheiten, die nicht wichtig, aber dringend sind. Das mit Abstand beste Beispiel hierfür sind die unzähligen unwichtigen Nachrichten aus sozialen Netzwerken, die uns auf Grund des Handyklingelns dringend erscheinen. Das vierte Feld unten rechts ist für Dinge, die weder wichtig noch dringend sind. Hier findet man zum Beispiel Computerspiele. Wichtig ist, dass die Vierfeldertafel bei jedem Menschen anders aussieht, so ist dem einen zum Beispiel Computerspielen wichtig, dem anderen das Lesen. Die oben aufgeführten Beispiele sind immer nur Möglichkeiten, müssen aber nicht im entsprechendem Feld stehen.

	Dringend	Nicht dringend
Wichtig	1 Krisen Dringliche Probleme Projekte mit anstehendem Abgabetermin	2 Vorbeugung Freundschaft Neue Möglichkeiten erkennen Planung Erholung
Nicht wichtig	3 Unterbrechungen Unmittelbare, dringliche Angelegenheiten	4 Triviales Daddeln Einige Anrufe Zeiverschwender Angenehme Tätigkeiten

In der zweiten KüA-Schiene ging es dann um Motivation. Zuerst sammelten wir Ideen darüber, was uns eigentlich motiviert. Dabei konnten wir feststellen, dass man neben Erfolg, Anerkennung und Ähnlichem auch im Alltag schon durch winzige Kleinigkeiten die eigene Haltung und die anderer gegenüber weniger beliebten Aufgaben extrem ins Positive beeinflussen kann. So kann man z. B. darauf achten, im Flur mit den verschiedenen Personen einen kurzen Blickkontakt aufzubauen oder sich in einem engeren Kreis mit Namen zu begrüßen. Wenn man am Schreibtisch sitzt, wirkt oft schon eine aufrechtere Haltung Wunder, oder man versucht einfach mal, bewusst ein Lächeln zu formen. Es ist erstaunlich wie sich so etwas auswirkt.

Zum Schluss haben wir noch eine äußerst ungewohnte Übung namens „Warm duschen“ ausprobiert. Hierbei setzt sich nacheinander eine Person mit dem Rücken zu den anderen auf einen Stuhl und man nennt lauter positive Eigenschaften, die einem zu dieser Person einfallen. Diese werden auch mitgeschrieben und anschließend übergeben. Dadurch, dass man mit dem Rücken zu den Personen sitzt, kommt man nicht in Reaktionsverlegenheit und es ist

sehr interessant, einmal zu hören, wie man von den anderen wahrgenommen wird.

Im Namen aller Besucher dieser KüA bedanken wir uns hiermit nochmal bei Liselotte Kühn. Sie hat uns diese Methoden und Anregungen mit viel Spaß und Begeisterung nahegebracht. Wir werden uns sicherlich in der ein oder anderen Situation wieder daran erinnern.

Tanzen

Alina Valta, Viktoria Scherb

Bereits am ersten Abend war die Tanz-KüA von Digitaltechnik-Kursleiter Kevin gut besucht. Hier konnten wir die Grundschritte und ein paar Figuren von Standardtänzen erlernen. Von Walzer über Disco Fox zu Cha-Cha-Cha war für jeden etwas dabei. Und einige, die sich vielleicht nicht am ersten Abend zum Tanzen getraut hatten, konnten im Laufe der Akademie davon begeistert werden. Trotzdem gab es so gut wie jeden Abend zu wenige Jungs. Aber das hielt uns nicht vom Tanzen ab, es tanzten einfach ein paar Mädchen die Männerschritte.

Jeden Abend wurde ein neuer Tanz gezeigt. Zuerst wurden die Grundschritte für die Jungen und Mädchen erklärt und dann im Paar getanzt. Während manche Paare mit noch ihre Grundschritte perfektionierten, versuchten sich die anderen an Figuren und Drehungen, die uns Kevin oder jemand anderes, der bereits einen Tanzkurs gemacht hatte, zeigte.

An einem Abend wurde Kevin von Petra vertreten, die uns Salsa zeigte. Auch unsere Sportmentorin Wenke übernahm die Leitung der Tanz-KüA für einen Abend und brachte uns den schottischen Volkstanz näher. Auf jeden Fall war die Tanz-KüA ein schönes Abendprogramm und hat immer sehr viel Spaß gemacht, sodass wir auch am Bergfest und Abschlussabend unser Können zeigten.

Klatschen

Felix Kober

In der Klatschen-KüA (geleitet von Felix Kober) ging es keineswegs nur um einfaches Zusammenklatschen der Hände. In dieser KüA ging es darum einen Klatsch-Kanon einzuüben. Dieser Kanon setzte sich aus 4 verschiedenen Rhythmen zusammen, die nacheinander geklatscht wurden.

In der ersten KüA Schiene, in der die Klatschen-KüA angeboten wurde, kamen nur zwei Teilnehmer (Frank und Nico). Um weitere Teilnehmer zu motivieren, in die Klatschen-KüA zu kommen, demonstrierten wir den vollständigen Klatschkanon tags darauf im Plenum. Dabei wurden wir von Franziska unterstützt.

Nach dieser Vorführung fanden sogar 22 Teilnehmer den Weg in die Sofaecke des Forums, wo die KüA angeboten wurde.

Die Klatschen-KüA traf sich in der Mittags-KüA-Schiene und übte zwei Stunden lang die verschiedenen Rhythmen ein, wobei wir sehr viel Spaß hatten. Trotzdem mussten wir 20 Minuten früher aufhören, da den ersten schon die Oberschenkel schmerzten.

Doch bis dahin hatten wir den Klatschkanon so gut eingeübt, dass wir ihn am selben Abend, dem Hausmusikabend, als Zugabe „vorklatschen“ durften.

Aboinudi

Tobias van Lier

Aboinudi-Fadenspiele: Eine Faszination für fast jeden, der es einmal ausprobiert hat, so auch für mich. Ein Kunststofffaden, der zu einer Schlaufe verschmolzen ist, bildet die Grundlage für dieses Spiel. Mit etwas Geschick und Fingerspitzengefühl entstehen durch Knoten diverse Figuren. Da ich mich schon eine Weile mit diesen Spielen beschäftigt hatte, habe ich mir schon eine ganze Menge an Figuren erarbeitet. Deshalb beschloss ich, meine Faszination mit anderen zu teilen, indem ich die Aboinudi-KüA anbot.

An zwei Abenden haben wir uns getroffen und zusammengesetzt. Ich hatte einige Schnüre mitgebracht und die Akademieleitung hatte weitere organisiert, sodass alle mitmachen konnten. Da die schriftlichen Anleitungen häufig nur sehr schwer zu versehen sind, habe ich den anderen Teilnehmern die einzelnen Schritte gezeigt. Wer die Anleitung verstanden hatte, half

den anderen, sodass wir zwei wunderschöne und lehrreiche Abende im Forum verbrachten. Und auch wenn wir am ersten Abend unter erschwerten Bedingungen spielen mussten, da das Licht nicht funktionierte, hatten wir alle zusammen sehr viel Spaß mit unseren Aboinudi-Schnüren.

Werwolf

Jennifer Miess

Eine weitere, sehr beliebte KüA wurde von Franzi, der Schülermentorin des Kurses Geschichte/Germanistik, angeboten:

„Wir befinden uns in dem Dörfchen Düsterwald. Doch die Idylle trügt. Seit geraumer Zeit treibt ein Rudel Werwölfe sein Unwesen, und jede Nacht fällt seinem unstillbaren Hunger ein Dorfbewohner zum Opfer. In dem Bestreben, das Übel auszurotten, greifen die Dorfbewohner ihrerseits zur Selbsthilfe, und der einst beschauliche Ort wird zur Bühne für einen erbittert geführten Kampf ums Überleben . . . “

In dem Diskussionsspiel „Werwolf“ gibt es zwei Gruppen: Die unschuldigen Menschen und die bösen Werwölfe. Die Werwölfe versuchen, das Spiel zu gewinnen, indem sie möglichst unauffällig nachts eine Person ermorden – und zwar so lange, bis nur noch die Werwölfe übrig sind. Das Ziel der Menschen ist es natürlich, während der täglichen Abstimmungen die Werwölfe auszurotten.

Das Spiel ist in Tag- und Nachtphasen unterteilt. In der Nacht dürfen die Werwölfe einen Bürger bestimmen, den sie ermorden möchten. Tagsüber versuchen die Menschen herauszufinden, wer die Werwölfe sind und nach einer Abstimmung wird eine weitere Person ermordet – vielleicht ein Werwolf – oder auch nur ein unschuldiger Bürger.

Doch manche Menschen sind keine normalen Bürger: Sie haben spezielle Fähigkeiten wie zum Beispiel Amor, der zwei Personen verlieben kann. Wenn eine Person stirbt, stirbt die andere ebenfalls. Die Hexe verfügt über zwei verschiedene Tränke: Einen Lebenstrank, der die ermordete Person in der Nacht wieder auferstehen lässt, und einen Todestrank, der eine (weitere) Person umbringen kann. Diese und weitere Rollen machen das Spiel interessanter und spannender.

Am meisten Spaß machte es, gemeinsam in der Sofaecke des Plenums zu sitzen und sich bei starker Dämmerung in die Welt von Düsterwald zu begeben. Es wurde immer heftig diskutiert, auch wenn manche Argumente nicht für alle nachvollziehbar waren („Ich glaube, er oder sie ist Werwolf, weil ich einfach so das Gefühl habe.“). Manchmal wurden auch einfach Indizien erfunden, um den Verdacht von sich selber wegzulenken oder eine Person gezielt zu ermorden („Vorher hattest du die Ärmel normal. Und jetzt sind sie hochgeschoben!“). Die Verteidigung bestand dann meistens aus einem ungläubigen Kopfschütteln und schwachen Widerspruch („Stimmt gar nicht . . . “).

Schlussendlich fand das Spiel großen Anklang unter den Teilnehmern, sodass auch manchmal abends ein paar Runden außerhalb der KüA-Schienen gespielt wurden. Vielen Dank an Franzi, die die KüA angeboten und toll geleitet hat.

Astronomie

Tobias van Lier

Zusammen mit Dominik und Caro, den Kursleitern des Geophysikkurses, haben wir uns viermal in der Abend-KüA-Schiene getroffen, um den Nachthimmel zu beobachten. Auch nach anderen KüAs sind einige noch vorbeigekommen, um eine weitere halbe Stunde mit uns zu verbringen. Caro hatte vom „Haus der Astronomie“ mehrere Teleskope mitgebracht. Mit diesen, sowie mit Ferngläsern, haben wir versucht, Mond und Sterne zu betrachten. Nebenbei haben wir auch noch gelernt, wie man mit Teleskopen umgeht, und wie die einzelnen Teile, aus denen sie aufgebaut sind, heißen.

Leider war der Himmel über Adelsheim oft bedeckt, sodass man immer nur durch kleine Wolkenlücken gucken konnte. Aber wenigstens der Mond war meistens gut zu sehen. Deshalb hatten wir eines der Teleskope immer auf ihn gerichtet, manchmal sogar auf einen einzelnen Krater. Allerdings war der Mond auch so hell, dass er einige Sterne „überstrahlte“. Trotzdem

konnte man durch die Instrumente deutlich mehr sehen als mit dem bloßen Auge, und Dominik hat es sogar geschafft, eines der Teleskope auf den Ringnebel einzustellen.

Am Schluss geht natürlich noch ein großer Dank an Dominik und Caro dafür, dass sie diese KüA vorbereitet und geleitet haben. Denn ich denke, es hat uns allen immer sehr viel Spaß gemacht, weil es gleichzeitig spannend und entspannend war.

Zeitungs-KüA

Rouzhao Wang

Obwohl es morgens erst ab 7:30 Uhr Frühstück gab, waren doch recht viele Akademieteilnehmer bereits eine halbe Stunde früher auf den Beinen. Die einen machten Frühsport – und die anderen? Sie gingen Zeitung lesen!

Außer sonntags trafen wir uns jeden Morgen zusammen mit den beiden Schülermentoren Franzi und Sven in der Sofaecke im LSZU I, um gemeinsam die „Rhein-Neckar-Zeitung“ sowie die „Frankfurter Allgemeine“ zu durchstöbern. Stieß irgendjemand auf einen Artikel, der für die gesamte Akademie interessant sein könnte, wurde dieser dann im gemütlichen Beisammensein diskutiert und schließlich in Kurzform auf einer Karteikarte notiert, um ihn anschließend im Plenum zu präsentieren. Nachrichten trugen wir (mit einem Moderator aus unseren eigenen Reihen) aus den Ressorts Politik, Wirtschaft, Naturereignisse, Forschung, Sport und Wetter vor. Nicht zu vergessen die täglichen Happy News, passend zum Motto der diesjährigen Akademie: Glück.

Wie unverwüstlich wir Zeitungs-KüA-Teilnehmer waren, zeigte sich z. B. daran, dass diese KüA auch dann stattfand, als keine einzige gedruckte Zeitung geliefert wurde! In diesem Fall nahmen wir einfach unsere „mobilen Endgeräte“ zur Hand und es gab, wie Sven es so schön formulierte, die Zeitungs-KüA 2.0.

Keramik-KüA

Hanna Brüggemann, Hannah Maria Baur

Gleich in der ersten KüA-Schiene wurde von Georg die Keramik-KüA angeboten. Im Werkraum gestalteten ungefähr zwanzig Schüler Figuren, Schalen oder andere Dinge aus Ton. Die KüA war für alle diejenigen, die Lust hatten, sich kreativ zu betätigen. So gab es viele, die noch nie getöpfert hatten, aber auch einige, die schon Meister dieses Handwerks waren.

Zum Arbeiten standen weißer und roter Ton sowie Werkzeuge bereit, und bald verteilten sich alle an den Tischen und überlegten, was sie modellieren wollten. Wir konnten uns Anregungen aus Büchern suchen, und bald hatte jeder eine Idee im Kopf. Es wurden Hände und Füße, Elefanten, Vögel und andere Tiere, Schälchen, Reliefs und noch vieles mehr geformt. Wenn jemand eine Frage hatte, kam Georg und gab Tipps.

Nach zwei Stunden waren viele Werke noch nicht fertig, doch die KüA wurde am nächsten Tag noch einmal angeboten, um die Sachen fertigzustellen. Werke mit dickeren Wänden mussten noch ausgehöhlt werden, um zu verhindern, dass sie im Brennofen platzen. Zum Schluss gab es noch die Möglichkeit, sein Kunstwerk zu bemalen und zu lasieren, bevor es in den Ofen kam.

Am Ende waren alle gespannt, ob ihre Kunstwerke noch unbeschädigt waren. Zum Glück ist an keinem ein größerer Schaden entstanden, und wir konnten unsere getöpferten Gegenstände am Ende der Akademie mit nach Hause nehmen.

Uns hat die Keramik-KüA sehr gut gefallen, und wir möchten uns an dieser Stelle bei Georg bedanken, dass er mit uns getöpfert hat.

Literaturabend

Lea Simic

„Von seinen Eltern lernt man lieben, lachen, und laufen. Doch erst wenn man mit Büchern in Berührung kommt, entdeckt man, dass man Flügel hat.“ – Helen Hayes

Die Literatur ist ein ständiger Begleiter des Menschen, und es sind nicht wenige, die an ihr Gefallen gefunden haben. Auch unter den Teilnehmern der Science-Academy befand sich die eine oder andere Leseratte, sodass der von den Kursleitern Martin Christ und Sebastian Neu organisierte Literaturabend wie gerufen kam.

Zu Mitte der Akademie bestand für alle lesefreudigen und literaturinteressierten Teilnehmer die Möglichkeit, in einer Abend-KüA-Schiene entspannt beieinander zu sitzen und sich an den verschiedensten Textsorten zu erfreuen. Wer selbst nichts vorlesen wollte, konnte sich zurücklehnen, die Augen schließen und in eine Welt jenseits der unseren abtauchen. Für jeden Geschmack stand etwas zur Auswahl: Von schottischen Comics und historischen Erzählungen über gesellschaftskritische Gedichte bis hin zu Abenteuergeschichten, niemand kam zu kurz! Neben Ausschnitten aus veröffentlichten Büchern und Comics wurden auch selbstverfasste Gedichte und Kurzgeschichten vorgelesen, denen zu lauschen nicht minder interessant war.

So war der Literaturabend eine willkommene Abwechslung zum teils stressigen Akademiealltag und bot die fantastische Möglichkeit, sich zu entspannen, seiner Fantasie freien Lauf zu lassen und seine Flügel zu entdecken.

Back-KüA

Melina Soysal

Die Back-KüA war ein einmaliges Angebot für Hobbybäcker, aber auch für Leute, die noch nie gebacken hatten. Am Anfang haben wir uns in drei Gruppen aufgeteilt, und jede Gruppe hat sich eines der drei Rezepte ausgesucht. Zur Auswahl standen Brownies, ein Coffee Cake und Cinnamon Rolls. Da der Teig für die Zimtrollen, also die Cinnamon Rolls, ein Hefeteig war, war dieser schon vorbereitet, und die Zimtrollen waren schnell fertig, da sie auch nicht lang im Ofen sein mussten. Der Kuchen und die Brownies haben etwas länger gedauert, wurden aber auch rechtzeitig fertig.

Die KüA war perfekt von Hannah organisiert, und sie gab uns viele hilfreiche Tipps. Hierfür und auch für die Organisation der Back-KüA ein ganz großes Dankeschön an Hannah! So haben wir die Bleche zum Beispiel nicht, so wie man es kennt, mit Margarine eingerieben, sondern einfach mit Sprühfett eingesprüht. Außerdem meinte sie, dass wir die Zimtrollen sehr eng zusammenlegen sollten, damit nur die Äußeren hart werden und die Inneren schön weich bleiben.

Gegen Ende der KüA durfte jeder ein Stück von den drei verschiedenen Gebäcken probieren, und es blieb sogar noch etwas für die hungrigen Schülermentoren und Teilnehmer übrig.

Zum Schluss bekamen wir noch alle die Rezepte und gingen mit vollem Magen zurück in unsere Kurse.

Der Themenabend

Johanna Buck, Anna-Lena Schaible

Beim diesjährigen Themenabend war Prof. Dr. Hans-Peter Meinzer vom Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg (dkfz) bei uns zu Besuch. Er hielt einen sehr interessanten Vortrag, angefangen mit seiner Kindheit, über sein Studium bis hin zu seiner heutigen Arbeit und seinen Projekten. Ihm war es sehr wichtig, uns zu ermutigen, unseren Zielen nachzugehen und uns nicht davon abbringen zu lassen.

Geboren wurde er 1948 und er wuchs in einem kleinen Dorf namens Weilheim („ein schreckliches Kuhkaff“) auf. Er erzählte uns von seinem Physikstudium, das er als „den Holzstiel von abgeschlotztem Eis“ bezeichnete, bis hin zu seinem jetzigen Job als Leiter der Abteilung „Medizinische und Biologische Informatik“ am Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg. Er hat eine ungewöhnliche Laufbahn hinter sich. Angefangen hat er nämlich als Hilfsarbeiter beim DKFZ, und trotzdem wurde

er einer der wohl sympathischsten Abteilungsleiter: Mit seinem Team, bestehend aus „ihm, Nerds und Überfliegern“ entwickelt er neueste Techniken zur Erleichterung von Operationen und Diagnosen.

Am meisten begeisterte uns alle das IPad mit der „Mobile Medical Augmented Reality App“, eine seiner derzeitigen Forschungsprojekte, die die Daten vom CT, MRT und Ultraschall so verarbeitet, dass das Innere des Menschen als 3D-Darstellung auf dem Bildschirm des IPads erscheint.

Außerdem ist Hans-Peter Meinzer mit seinem Team an der Medical Imaging Interaction Toolkit (MITK) beteiligt. Das ist ein freies Open-Source-Software-System für die Entwicklung von interaktiver, medizinischer Bildverarbeitungssoftware. Auf dieser Plattform tauschen er und sein Team sich mit anderen internationalen Partnern über Neuigkeiten in diesen Bereich aus.

Als letztes berichtete er uns von seinem neusten Projekt, bei dem seine Forscher versuchen, mit Infrarotlicht bis zu zwei Zentimeter tief in den Körper hineinzuschauen und diese Daten so zu verarbeiten, dass man ein dreidimensionales Bild von dem, was sich unter der Oberfläche des Körpers befindet, erhält. Sie sind erst in den Startlöchern, jedoch hört es sich bereits vielversprechend an.

Prof. Dr. Hans-Peter Meinzer war ein sehr motivierter und begeisternder Mann, und wir sind alle wirklich froh, dass er bei unserem Themenabend zu Gast war. Neben seinem sehr guten und informativen Vortrag sorgte er gleichzeitig mit seinen Witzen für gute Laune.

Wir bedanken uns bei Prof. Dr. Hans-Peter Meinzer im Namen aller Teilnehmer für den einmaligen, bewundernswerten, informativen, überzeugenden und überaus unterhaltsamen Vortrag!

Hausmusikabend

Tobias van Lier

Am vorletzten Abend der Sommerakademie kam dann der Abschluss der Musik-KüA: Der Hausmusikabend. Jeder, der wollte, konnte ein Stück, welches er alleine oder mit einem Ensemble einstudiert hatte, vortragen.

Ein Blechbläserensemble eröffnete den Abend mit der „Fanfare“ von Benedetto Marcello. Danach gab ein Blockflötenduo einen Ausschnitt aus Georg Philipp Telemanns Sonata Nr. 1 zum Besten. Clara spielte das Gitarrensolo „Un dia de noviembre“ von Leo Brouwer, worauf ein sechsköpfiges Querflötenensemble mit „The little negro“ (Claude Debussy) und dem türkischen Marsch (Wolfgang Amadeus Mozart) folgte. Eine jazzig angehauchte Klavierversion dieses Marsches, arrangiert von Bodo Wartke, bekamen wir danach von Felix zu hören.

Der 1. und 4. Satz aus Georg Philipp Telemanns Sonate F-Dur wurde dann von einem Quartett aus Querflöte, Geige, Cello und Klavier präsentiert. Die Hälfte des Querflötenensembles spielte als Trio ein Menuett von Johann Joachim Quantz. Dann war ein zweites Mal das Blechbläserensemble an der Reihe und spielte „Tomorrow and every day“ von Richard Roblee. Als krönender Abschluss spielte noch einmal ein Großteil der Musik-KüAlanten mit. Das in der Science-Academy gegründete Orchester spielte die Filmusik von „Die glorreichen Sieben“ (Elmer Bernstein) und „Fluch der Karibik“ (Hans Zimmer / Klaus Badelt)

So kam an diesem Abend jeder auf seine Kosten, und jeder Teilnehmer der Musik-KüA hatte die Chance, sein musikalisches Können zu zeigen. Wie rhythmisch begabt doch ein Großteil der Teilnehmer war, zeigte sich bei der Zugabe, die von der „Klatsch-KüA“ beigetragen wurde.

Zum Schluss gilt noch ein herzlicher Dank Johannes und Elisabeth Kohlmann, die die Musik-KüA mit viel Spaß und Elan betreut haben.

Wanderung

Viktoria Scherb

Am Freitag, den 5. September, fand unsere Wanderung bei schönem Wetter statt. Nach dem Plenum trafen wir uns in drei Gruppen, die unterschiedliche Routen einschlugen. In einer der Gruppen war die Foto-KüA, die während der Wanderung einen Wettbewerb um die beste Naturaufnahme durchführte. Ich berichte über meine Wanderroute durch das Fischbachtal mit dieser Gruppe.

Zunächst liefen wir vom Eckenberg-Gymnasium aus quer durch Adelsheim. Sigmund, ein rosa Stoffelefant, war unser Navigationssystem. Er wurde in der Hand von den Kursleitern oder von einem der Teilnehmer gedreht. In die Richtung, in die sein Rüssel zeigte, wanderten wir weiter und liefen durch verschiedene Dörfer.

Von Seiten der Teilnehmer musste darauf geachtet werden, nicht vor den Kursleitern zu laufen, damit die Gruppe gemeinsam wanderte und sich nicht zu weit auseinander zog. So konnten wir uns mit den anderen Teilnehmern aus den verschiedenen Projekten mal ganz entspannt unterhalten und sie näher kennenlernen. Bei Verstoß gegen diese Abmachung musste den Kursleitern ein Eis gezahlt werden. Jedoch stellte sich schon bald heraus, dass auch Kursleiter bestechlich sind. Durch die Gabe von Schokolade war es uns dann doch gestattet, vor den Kursleitern zu laufen, was uns sehr erfreute, da einigen von uns das Lauftempo etwas zu langsam war.

Bei etwa der Hälfte der Strecke gab es eine Verpflegungsstation an einem schönen Teich, hier wurden wir mit Laugenbrötchen, Äpfeln und etwas zum Trinken versorgt. Auch die Auswertung des Fotowettbewerbs der Foto-KüA fand hier statt. Dieses Bild gewann:

Nach der Stärkung ging es weiter Richtung Ziel. Um über einen Bach zu gelangen, mussten wir über eine Slackline laufen. Zum Glück war jedoch noch eine zweite Slackline oberhalb der anderen gespannt worden, sodass wir uns festhalten konnten und keiner nasse Füße bekam.

Damit Sigmund uns nun weiter den Weg wies, mussten wir ihm zur Ermunterung ein Lied singen. Da uns nichts einfiel, sangen wir Mädchen

ihm schließlich „Viel Glück und viel Segen“, und Sigmund war anschließend wieder ein zuverlässiges Navigationssystem und führte uns zu einer Scheune, wo die beiden anderen Gruppen schon auf uns warteten. Hier gab es zum Mittagessen verschiedene Salate und Würstchen. Es schmeckte uns allen sehr gut.

Den Rückweg strebten wir alle gemeinsam an und kamen zu unserer Verwunderung schon nach sehr kurzer Zeit wieder beim Eckenberg-Gymnasium an. Dort angelangt hatten wir genügend Zeit, duschen zu gehen, bis zum Kurs noch etwas zu entspannen und das schöne Wetter zu genießen. Insgesamt hat uns der Wandertag sehr viel Spaß gemacht und wir werden uns noch lange an ihn erinnern.

Bergfest

Dilara Soysal

Zur Halbzeit der Akademie fand das Bergfest mit dem Motto „Galaxie Akademie“ statt. Vom engagierten Organisationsteam wurde die Turnhalle, der Ort des Geschehens, passend zum Motto dekoriert und mit gemütlichen Matten und Bänken zum Sitzen, sowie Getränken und Snacks ausgestattet.

Zu Beginn des moderierten Abends führte Hanna ihre Jonglierkünste vor, worauf einige kleine Spiele folgten, bei welchen wir Teilnehmer gegen die Kursleiter und Schülermentoren antraten. Unter anderem musste rückwärts abgespielte Musik erkannt werden und es mussten vorgegebene Aufgaben bezüglich der Körperteile, die den Boden berühren dürfen, absolviert werden, was für allgemeine Erheiterung sorgte.

Daraufhin führte die Zirkus-KüA ihre Kunststücke, begleitet von Musik, vor. Hanna und Teresa zeigten uns atemberaubende Kunststücke am Vertikaltuch, und den Abschluss bildete Jennifer mit einer Taekwondo Einlage.

Es folgte die Bekanntgabe der Ergebnisse des Sportfestes, bei welcher wir Teilnehmer von den Kursleitern und von Wenke regelrecht auf die Folter gespannt wurden! Vor der Bekanntgabe unserer Ergebnisse zeigten uns unsere Kursleiter nämlich zu erst einmal die Ergebnisse der letzten Jahre!

Nach einem weiteren Spiel wurde kräftig Musik aufgelegt, um die anschließende Party anzuheizen. Es wurde getanzt und gefeiert bis in die Nacht hinein. Jeder amüsierte sich gut, sodass ohne Zweifel gesagt werden kann, dass wir dank des Organisationsteams auf einen sehr gelungenen Abend zurückblicken können.

Sportfest

Elly Paulina Reich

Auch wenn das Wetter zu Beginn des Tages schlechter war, startete das Sportfest am Nachmittag mit warmen Temperaturen und Sonnenschein. Nachdem wir uns mit unseren Schülermentoren aufgewärmt hatten, gingen wir zu den verschiedenen Stationen. Zuerst mussten wir uns Schwimmflossen anziehen, um einen Parcours zu laufen. Als wir diese Aufgabe gemeistert hatten, ging es mit „Teebeutelwerfen“ weiter. Obwohl das Werfen mit dem Mund schwieriger als gedacht war, schafften einige von uns doch bis zu fünf Meter.

Die nächste Station bestand nur aus einem Reifen und so waren wir gespannt, was wir wohl machen sollten. Die Kursleiter erklärten uns, dass wir uns an den Händen nehmen und dann alle so schnell wie möglich durch den Reifen klettern müssen. Nach kurzem Überlegen starteten wir und schafften das Ganze in einer sensationellen Zeit! Voller Euphorie liefen wir zur nächsten Station und merkten schnell, dass es hier nur mit Köpfchen nicht getan war. Auf dem Parkplatz stand der Akademiebus, und diesen zogen wir schließlich mithilfe eines Seils die Straße entlang.

Trotz der körperlich anspruchsvollen Aufgabe

gab es nur eine kurze Pause und es ging gleich mit der vorletzten Station weiter. Bei dieser mussten wir uns ohne langes Überlegen alle auf ein gefaltetes Tuch stellen und dieses innerhalb von 10 Minuten umdrehen. Wer den Boden berührte war draußen. Gegen Ende der Zeit standen wir noch zu dritt auf dem Tuch und waren damit, wenn man uns mit den anderen Kursen vergleicht, im Mittelfeld.

Danach kamen wir zur letzten Aufgabe vor dem großen Finale: Gummistiefelweitwurf! Eigentlich ist es ja nicht so schwer, einen Gummistiefel zu werfen, doch unsere waren etwas rutschig, sodass manch einer nur ein paar Zentimeter weit warf.

Doch dann kam das spektakuläre Finale; das Ziel war es, einen Eimer mit Wasser zu füllen, indem man einen Schwamm in eine Wanne tunkte, zum Eimer zurück rannte und das Wasser aus dem Schwamm drückte. Dafür hatten wir 6 Minuten Zeit, und als diese abgelaufen war, maßen die Leiter den Wasserstand. Wer jedoch insgesamt die meisten Punkte erreicht hatte, wurde erst am Bergfest von Wenke, der Sportmentorin, verkündet:

1. Mathematik/Informatik
2. TheoPrax
3. Physik
4. Digitaltechnik
5. Geschichte
6. Geophysik

Danksagung

Die JuniorAkademie Adelsheim / Science-Academy Baden-Württemberg fand in diesem Jahr bereits zum 12. Mal statt. Daher möchten wir uns an dieser Stelle bei denjenigen bedanken, die ihr Stattfinden überhaupt möglich gemacht haben.

Die JuniorAkademie Adelsheim ist ein Projekt des Regierungspräsidiums Karlsruhe, das im Auftrag des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport, Baden-Württemberg und mit Unterstützung der Bildung & Begabung gGmbH Bonn für Jugendliche aus dem ganzen Bundesland realisiert wird. Wir danken daher dem Schulpräsidenten im Regierungspräsidium Karlsruhe, Herrn Prof. Dr. Werner Schnatterbeck, der Referatsleiterin Frau Leitende Regierungsschuldirektorin Dagmar Ruder-Aichelin, Herrn Jurke und Herrn Rechentin vom Ministerium für Kultus, Jugend und Sport sowie dem Koordinator der Deutschen Schüler- und JuniorAkademien in Bonn, Herrn Volker Brandt.

Die Akademie wurde finanziell in erster Linie durch die H. W. & J. Hector Stiftung, durch die Stiftung Bildung und Jugend sowie den Förderverein der Science-Academy unterstützt. Dafür möchten wir an dieser Stelle allen Unterstützern ganz herzlich danken.

Wie in jedem Jahr fanden die etwas über einhundert Gäste sowohl während des Eröffnungswochenendes und des Dokumentationswochenendes als auch während der zwei Wochen im Sommer eine liebevolle Rundumversorung am Eckenberg-Gymnasium mit dem Landesschulzentrum für Umwelterziehung (LSZU) in Adelsheim. Stellvertretend für alle Mitarbeiter möchten wir uns für die Mühen, den freundlichen Empfang und den offenen Umgang mit allen bei Herrn Oberstudiendirektor Meinolf Stendebach, dem Schulleiter des Eckenberg-Gymnasiums, besonders bedanken.

Zuletzt sind aber auch die Kurs- und KüA-Leiter gemeinsam mit den Schülermentoren und der Assistenz des Leitungsteams diejenigen, die mit ihrer hingebungsvollen Arbeit das Fundament der Akademie bilden. Ein besonderer Dank gilt an dieser Stelle Jörg Richter, der auch in diesem Jahr für die Gesamterstellung der Dokumentation verantwortlich war.

Diejenigen aber, die die Akademie in jedem Jahr einzigartig werden lassen und die sie zum Leben erwecken, sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Deshalb möchten wir uns bei ihnen und ihren Eltern für ihr Vertrauen ganz herzlich bedanken.