

**Dokumentation der
JuniorAkademie Adelsheim 2008:
6. Science Academy
Baden-Württemberg**

Träger und Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2008:

Regierungspräsidium Karlsruhe

Abt. –Schule und Bildung–

Hebelstr. 2

76133 Karlsruhe

Tel.: (0721) 926 4521

Fax.: (0721) 926 4000

eMail: markus.herrmann@rpk.bwl.de

www.scienceacademy.de

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von den Kurs- und Akademieleitern sowie Teilnehmern der JuniorAkademie Adelsheim 2008 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mit Hilfe von L^AT_EX gesetzt.

Gestaltung des Covers: Dr. Markus Herrmann

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter, Georg Wilke

Druck und Bindung: Engelhardt & Bauer, Karlsruhe

Copyright © 2008 Markus Herrmann.

Vorwort

In diesem Jahr ging die JuniorAkademie Adelsheim — Science Academy Baden-Württemberg schon in die sechste Runde. Mit 66 Teilnehmern in sechs Kursen sind wir im Juni gestartet - als eine Akademiefamilie sind wir im Oktober ins Ziel eingelaufen.

Wieder einmal haben motivierte Jugendliche und engagierte Kursleiter gezeigt, dass es die Mischung aus Spaß, Interesse und Neugierde ist, die die Science-Academy wiederkehrend seit den Anfängen im Jahr 2003 zu einem Erfolg werden lässt.

Rückblickend können wir sagen, dass das Zusammenspiel von erprobten und gefestigten Strukturen mit Neuem, von einem festen Rahmen und einer lebendigen individuellen Ausgestaltung, den Prozess der Akademie weiter vorangetrieben hat. Begleitet und gestützt wurde die diesjährige Akademie von dem Motto **Energie**, das sich an die vorangegangenen Jahre mit ihren Mottos Wasser, Feuer, Erde, Luft und Äther anschloss. Gleichzeitig spannte es einen Bogen in andere Bereiche des Akademielebens. Zum dritten Mal nahmen chinesische Schüler im Rahmen der China-Akademie am bunten Treiben auf dem Adelsheimer Eckenberg teil, und in Anlehnung an die olympische Flamme in Peking brannte auch auf dem Campus eine Akademiefackel. Doch bei dem Leitbegriff **Energie** ging es nicht nur um die physikalische Seite und $E = mc^2$. Auch eine völlig andere Vorstellung von Energie sollte im Laufe der Akademie immer wieder auftauchen: Das Qi.



Die Akademiefackel



Abschlussritual in der Adelsheimer Martinskirche: Ying-Yang und $E = mc^2$ aus Kastanien gelegt.

Die berühmte Formel von Albert Einstein, die die Umwandelbarkeit von Materie und Energie wiedergibt, und die fernöstliche Lehre von der alles durchfließenden Energie sind Symbole einer fröhlichen und hoch effizienten Lebensgemeinschaft, die hier am Eckenberg in Adelsheim während der Akademie entstanden ist. Was am Anfang noch als gegensätzlich erschien, verband sich in den zwei Wochen, sodass eine Trennung nicht mehr möglich war.

Wir hoffen, dass die Akademie-Energie durch diese Dokumentation weiter spürbar bleibt und wünschen allen viel Spaß beim Lesen und Blättern.

Eure / Ihre

Felix Jacobi

Felix Jacobi (Assistenz)

Ulrike Greenway

Dr. Ulrike Greenway

Markus Herrmann

Dr. Markus Herrmann

Astronomie mit unsichtbarem Licht

(Die Story von SOFIA)

Einführung

CECILIA SCORZA, OLAF FISCHER,
SEBASTIAN NEU



Die Teilnehmer des Astronomiekurses im Selbstversuch. Oben sieht man uns „normal“ im reflektierten Licht der Zimmerbeleuchtung. Unten sieht man uns vor allem im IR-Licht unserer Körper (Aufnahme mit Thermokamera). Im unteren Bildteil ist die Reflexion an der Tischplatte zu sehen.

Im Jahre 2009 wird erneut Luftfahrtgeschichte geschrieben werden. SOFIA - das bis dahin größte Flugzeugobservatorium - wird in Betrieb gehen. Seine Hauptaufgabe besteht darin, die Strahlung zu empfangen, welche die Himmelskörper jenseits des roten Lichts, also im Infraroten (IR), abgeben. Die Astronomen erfahren aus dem IR, woraus die abstrahlende Materie besteht, wie sie sich bewegt und in

welchem Zustand sie sich befindet. Es werden Objekte nachweisbar, die im visuellen Spektralbereich unsichtbar sind, weil sie zu kühl sind oder weil sie hinter kosmischen Staubvorhängen, die das IR weit weniger als das Visuelle verschlucken, verborgen liegen.

Würde man das IR mit einem großen See vergleichen, so entspräche der dem menschlichen Auge zugängliche Bereich der elektromagnetischen Strahlung nur einer Pfütze. Das IR ist auch ein irdischer Sachverhalt; wir baden förmlich in einem IR-Meer. Mittlerweile nutzen wir es an vielen Stellen technisch aus.

Die Inhalte des Astronomiekurses rankten sich um das infrarote Licht. Angefangen bei seiner Entdeckung und seiner physikalischen Beschreibung ging es erst um IR-Strahlung in Haushalt und Technik und dann um IR-Astronomie. Das Projekt SOFIA bildete den krönenden Abschluss.

Wir haben den Infrarotbereich der elektromagnetischen Strahlung mittels preiswerter IR-Empfänger und -sender (Thermometer, Digitalfotoapparat, IR-Film, Fernbedienung, Bewegungsmelder, IR-Lampen, Infrarot- und Fotodioden, usw.) kennen gelernt. Es wurde gebastelt, experimentiert und beobachtet. Eine Kamera für das thermische Infrarot zeigte uns eine Welt, in der mehr als nur die Sonne strahlt. Und es gab viel zu hören und auch zu verstehen: über IR-Strahlung auf der Erde und im Kosmos und vor allem über das Projekt SOFIA.

Das Infrarote (IR)

DANIELA SASS, NICO RÖCK

Der Entdecker der Infrarotstrahlung, der Musiker Friedrich Wilhelm Herschel (1738-1822), machte sein Hobby zum Beruf und wurde königlicher Astronom. In einem seiner Experi-

mente wollte er die Temperaturen der Spektralfarben des Sonnenlichts messen. Dazu zerlegte er das Sonnenlicht mithilfe eines Prismas in ein Spektrum und positionierte darin mehrere Thermometer (siehe Abb. 1).

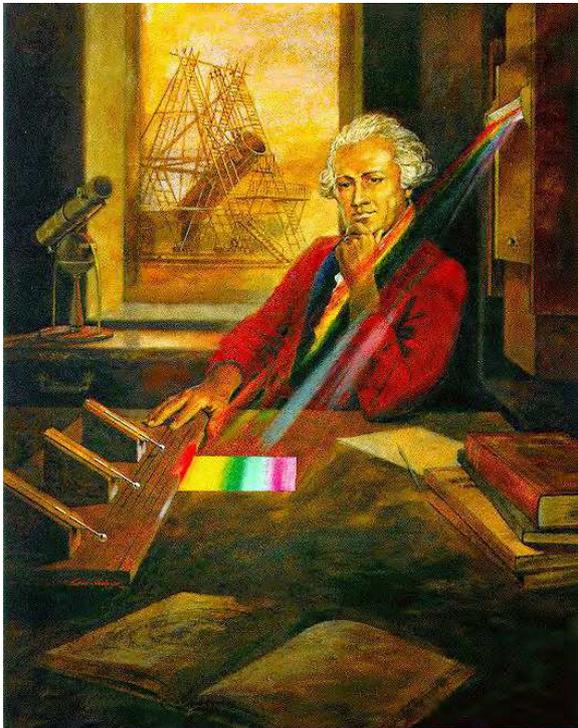


Abbildung 1: Herschel und sein Versuch, der zur Entdeckung des IR führte.

Eine Anekdote besagt, dass Herschel sein Experiment aufgrund einer Teepause unbeaufsichtigt ließ. Als er zurückkehrte, hatte sich das Spektrum wegen der Rotation der Erde um die Sonne verschoben. Das Thermometer, das sich zu Beginn im roten Bereich befand, war nun „unterhalb“ (lat.: infra) des Roten, also in einem Teil des Spektrums, der für unser Auge nicht sichtbar ist. Überraschenderweise zeigte genau dieses Thermometer die höchste Temperatur an. Herschel war sich sicher, dass es eine Strahlung geben musste, die der Mensch nicht sehen kann - die Infrarotstrahlung.

Der Herschel-Versuch zu Hause

Für den Herschel-Versuch benötigt man ein Glasprisma, schwarze Farbe, drei Alkoholthermometer, eine Uhr und einen Karton. Damit die Thermometer die Strahlung besser aufnehmen können, färbt man zuerst deren Unter-

teil schwarz. Nun misst man mit dem Thermometer die Umgebungstemperatur im Schatten. Mit dem Prisma erzeugt man ein möglichst breites Spektrum und positioniert anschließend im blauen, grünen und infraroten Bereich jeweils ein Thermometer. Im Abstand von einer Minute überprüft man die Temperatur und vergleicht diese nach ca. fünf Minuten mit der Umgebungstemperatur. Bei allen drei Thermometern fällt sofort eine Temperaturerhöhung auf, am stärksten im infraroten Bereich (um ca. 3°C).

Untersuchungen des elektromagnetischen Spektrums

Im Folgenden untersuchen wir das Licht des Glühfadens einer Lampe (siehe Abb. 2). Wie sind die Spektralfarben im Licht einer Glühlampe verteilt und wie verändert sich das Licht, wenn sich die Temperatur des Glühfadens ändert?



Abbildung 2: Experiment zur Untersuchung der Strahlung einer Glühlampe (Bestandteile: Glühlampe, Dimmer, Thermosäule nach Moll und einen Mikrovoltmeter).

Die Temperatur T des Glühfadens ermittelten wir aus ihrem Widerstand R , der sich ja mit steigender Temperatur vergrößert:

$$R = R_0 \cdot [1 + \alpha \cdot (T - T_0) + \beta \cdot (T - T_0)^2].$$

R_0 ist der Widerstand bei der Temperatur T_0 (273 K) und α und β sind Temperaturkoeffizienten (für das Glühfadenmetall Wolfram gilt $\alpha = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$ und $\beta = 1,0 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-2}$). Vorab mussten wir den Widerstand R_Z für $T_Z = 20^\circ\text{C}$ bestimmen, um daraus R_0 zu er-

mitteln:

$$R_0 = \frac{R_Z}{[1 + \alpha \cdot (T - T_0) + \beta \cdot (T - T_0)^2]}$$

Für R_0 haben wir $12,5 \Omega$ errechnet. Die mithilfe der oben genannten Formel ermittelten Temperaturen sind in Abb. 3 über den jeweils beobachteten Farbeindrücken des Glühlampens Lichts dargestellt.

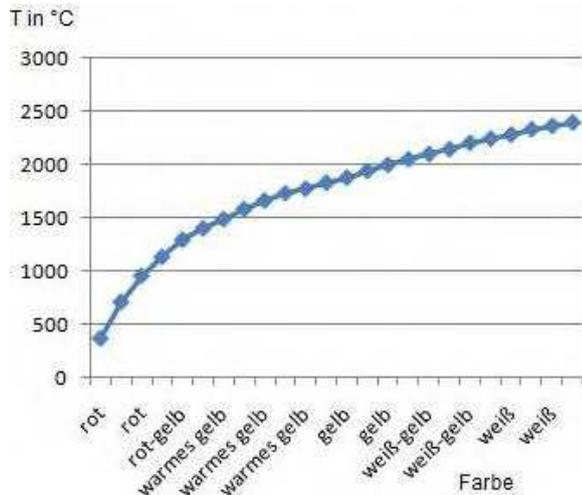


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen der Temperatur des Glühfadens einer Glühlampe und der Lichtfarbe.

Unsere Messungen ergaben folgende Ergebnisse:

1. Der Farbeindruck verändert sich mit zunehmender Temperatur von Rot über Gelb nach Weiß. Diese Gesetzmäßigkeit hat schon Wilhelm Wien (1864-1928) festgestellt und in seinem Wienschen Verschiebungsgesetz beschrieben:

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2898 \mu\text{m K} = \text{konstant.}$$

Mit diesem Gesetz lässt sich die Wellenlänge berechnen, bei der die meiste Strahlung abgegeben wird. Dies haben wir für die Glühlampe angewendet und herausgefunden, dass diese bei einer Temperatur von 2126 K am intensivsten strahlt:

$$\lambda_{\max} = \frac{2898 \mu\text{m K}}{2126\text{K}} \approx 1,363 \mu\text{m.}$$

Das Strahlungsmaximum der Glühlampe liegt somit im NIR, d. h., dass bei einer Glühlampe

nur ein kleiner Teil der elektrischen Energie in Energie des sichtbaren Lichts umgewandelt.

Mit dem Wienschen Verschiebungsgesetz ist es aber auch umgekehrt möglich, aus dem Strahlungsmaximum (Maximumwellenlänge λ_{\max} kann aus der Lichtfarbe abgeschätzt werden) auf die Temperatur eines strahlenden Körpers, z. B. der eines Sternes, zu schließen. So ergibt sich für die Sonne mit einer Maximumwellenlänge von etwa 500 nm eine Oberflächentemperatur von

$$T = \frac{2898 \mu\text{m K}}{0,5 \mu\text{m}} \approx 5796 \text{ K.}$$

2. Trägt man die Spannung U (sie ist direkt proportional zur Strahlungsleistung P) über T^4 auf, so erkennt man ein lineares Verhalten (siehe Abb. 4). Es gilt daher annähernd, dass die Ausstrahlung eines Körpers proportional zur 4. Potenz seiner Temperatur (T^4) ist. Exakt haben dies Josef Stefan und Ludwig Boltzmann nachgewiesen und im Stefan-Boltzmann-Gesetz zusammengefasst:

$$P = \sigma \cdot T^4.$$

Darin ist $\sigma = 5,6 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2\text{K}^4)$ die Stefan-Boltzmann-Konstante. Damit erhält P die Dimension W/m^4 , d. h. die einer Strahlungsdichte.

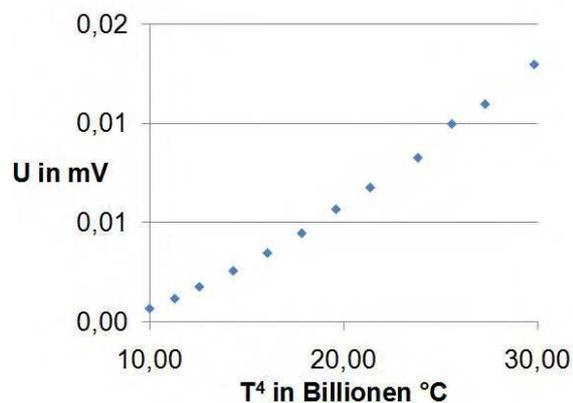


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen der Spannung der Thermosäule (Strahlungsleistung) bzw. Helligkeit des Glühfadens und seiner Temperatur.

Um die gesamte von einem Körper ausgestrahlte Energie zu ermitteln, muss man P noch

mit der Oberfläche des abstrahlenden Körpers A multiplizieren. Außerdem ist die Strahlung realer Körper stets geringer als die des Hohlraumstrahlers. Für die gesamte Strahlungsleistung eines Körpers erhält man die verallgemeinerte Gleichung

$$P_{\text{ges}} = \epsilon \cdot \sigma \cdot A \cdot T^4.$$

ϵ ist eine dimensionslose Konstante und heißt (Gesamt-)Emissionsgrad (des Materials der Wandung). Dieser hat nur für Hohlraumstrahler den Wert Eins, für die Oberfläche realer Körper ist er immer kleiner als Eins und in den meisten Fällen temperaturabhängig. Bei Kenntnis der Größe der abstrahlenden Oberfläche einer Glühwendel, ihres Emissionsgrades und ihrer Gesamtstrahlungsleistung kann ihre Temperatur berechnet werden. Unsere Glühbirne war eine 100-W-Birne mit einem Wolframdraht, der etwa 0,1 mm dünn und 200 mm lang ist. Daraus ergibt sich eine Strahlungsdichte von $1,59 \text{ W/mm}^2$. Um die Temperatur zu berechnen, muss man diesen Wert durch σ teilen (für ϵ nehmen wir den Wert 1 an). Dabei gilt:

$$T = \sqrt[4]{\frac{1590000 \text{ W/m}^2}{5,6 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)}} \approx 2300 \text{ K.}$$

Die Oberflächentemperatur der Glühwendel beträgt somit 2300 K also etwa 2027°C . Wir nehmen an, wir haben die gesamte Strahlungsleistung des Sirius gemessen. Sie beträgt $6,4 \text{ kW/cm}^2$. Sternstrahlung kann annähernd als Hohlraumstrahlung betrachtet werden. Um die Temperatur des Sterns zu berechnen, gilt nach dem Stefan-Boltzmann-Gesetz:

$$T = \sqrt[4]{\frac{1,2 \cdot 10^9 \text{ W/m}^2}{5,6 \cdot 10^{-8} \text{ W/(m}^2\text{K}^4)}} \approx 12000 \text{ K.}$$

Die Oberflächentemperatur des Sirius beträgt somit etwa 12000 K.

Das Nahe Infrarot (NIR)

MAX ALLMENDINGER, MELINA BECKER,
MARTIN SCHIMASSEK

Vor der Verwendung des Infraroten in der Astronomie widmeten wir uns zuerst der Anwendung auf der Erde, und zwar unter anderem

der Infrarotfotografie. Aufgrund der Unsichtbarkeit des Infrarotlichts gibt es keine für uns Menschen realistischen Farben. Deswegen verwendet man entweder Falschfarben oder Grautöne. Wo viel Infrarotlicht aufgenommen wird, erscheint das Bild heller und umgekehrt.

NIR-Fotografie

Die analoge Infrarotfotografie im NIR wurde ursprünglich vom US-amerikanischen Militär entwickelt, um durch künstlichen Nebel zu sehen und künstliches von echtem Pflanzengrün zu unterscheiden. Entgegen der landläufigen Meinung eignet sich die analoge Infrarotfotografie überhaupt nicht zum Detektieren von Wärme und Wärmeunterschieden in den irdischen Verhältnissen, da hier nur der ganz nah am roten Licht liegende Bereich des IR-Spektrums (NIR) erfasst wird. Entsprechend kann auch nicht im Dunkeln fotografiert werden.



Abbildung 5: Schwarz-weißes Landschaftsbild im NIR. Auffällig sind die helle Wiedergabe des Chlorophylls (Blattgrüns) und der dagegen recht dunkel erscheinende Himmel.

(Quelle: Martin Allmendinger)

Das nahe infrarote Licht wird von relativ heißen Objekten, wie zum Beispiel unserer Sonne oder einer Glühbirne ausgesandt. Hätte man für das NIR empfindliche Augen, würde die Welt damit deutlich anders aussehen, wie man in Abb. 5 sehr gut erkennen kann. Sichtbares Licht und NIR-Licht unterscheiden sich darin, wie sie reflektiert oder absorbiert werden. Wasser reflektiert beispielsweise kaum das NIR.

Entsprechend wenig kommt beim Fotoapparat an und lässt Wasser auf den Bildern sehr dunkel erscheinen. Das Gleiche passiert mit dem Himmel. Alle Pflanzen werden dank ihrer starken Reflexion im NIR sehr hell abgebildet. Dieser Effekt der Infrarotfotografie wird nach seinem Entdecker Robert Williams Wood als Wood-Effekt bezeichnet.

NIR-Fotos selbst gemacht

Will man NIR-Bilder selber aufnehmen, so besorge man sich Folgendes: Eine analoge Kamera, die kein infrarotgestütztes Bildzählsystem verwendet, einen Infrarotfilm (der Einfachheit halber einen Schwarz-Weiß-Film) und einen möglichst dunklen Rotfilter, da Infrarotfilme auch für alle sichtbaren Farben des Lichts empfindlich sind. Optimal wäre ein Infrarotfilter, der ausschließlich Licht jenseits der Sichtbarkeitsgrenze durchlässt und für uns deswegen völlig schwarz aussieht. Abgesehen von dem, was in der visuellen Analogfotografie beachtet werden muss, gelten für einen Infrarotfilm folgende Besonderheiten:

1. Der Film muss bei vollständiger Dunkelheit eingelegt werden, da er eine Licht leitende Schicht besitzt, die sonst den gesamten Film belichten würde. Ist kein geeigneter Raum in der Nähe, kann man sich eines so genannten Wechselsacks bedienen (siehe Abb. 6). Dieser ist aus absolut "lichtdichtem" Material hergestellt und ermöglicht das Wechseln des Films in völliger Dunkelheit auch im Freien, wie in der obigen Fotomontage.

2. Durch die Verwendung von Filtern, die für einen richtigen Infrarot-Effekt unbedingt erforderlich sind, und die Aufnahme von Belichtungsreihen (s. unten) erhöht sich die Belichtungszeit erheblich. Darum ist ein Stativ meist unentbehrlich, um ein Verwackeln zu verhindern. Besonders problematisch wird es bei einem Infrarotfilter. Da das Licht, das er noch durchlässt für menschliche Augen nicht und für Belichtungsmesser, wenn überhaupt, nur schlecht wahrnehmbar ist, muss man das Objekt ohne Filter anvisieren und das Bild scharf stellen. Dann nimmt man die ohne Filter gemessene Belichtungszeit und multipliziert sie mit dem vom Hersteller angegebenen oder dem

eigenen Erfahrungswert, stellt diese ein und macht mit Filter und Stativ das Bild.



Abbildung 6: Wechselsack mit Anwendungsbeispiel in einer Fotomontage (Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Wechselsack>).

3. Da man nie genau weiß, wie groß der Anteil des NIR-Lichts in dem vom Belichtungsmesser gemessenen Licht ist, ist es unerlässlich, so genannte Belichtungsreihen zu machen. Dazu benutzt man den manuellen Korrekturhebel der Kamera. Tendenziell muss man die gemessene Zeit eher nach oben korrigieren, wobei mehr unterschiedliche Belichtungen vom gleichen Motiv natürlich mehr Sicherheit geben, aber auch teurer sind.

4. Da infrarotes Licht weniger stark gebrochen wird als sichtbares Licht, gibt es eine Fokussdifferenz. Das bedeutet, dass man ganz normal im Visuellen scharf stellt und anschließend davon ausgehend das Scharfstellrädchen bis zum roten Korrekturstrich auf dem Objektiv stellt. Auch wenn das Bild durch den Sucher jetzt unscharf aussieht, ist es im Infraroten scharf. Ist das zu kompliziert, kann man eine sehr kleine Blende (große Zahl, z. B. 22) und/oder ein Weitwinkelobjektiv nehmen. Die damit verbundene große Tiefenschärfe beseitigt das Problem weitgehend, weil dann sehr viel vor und hinter dem im Sucher scharf erscheinenden Objekt scharf wird. Ist man mit den Aufnahmen fertig, muss der Film mit den Bildern entwickelt und diese vergrößert werden. Das könnte man in einem Fotoladen machen lassen, doch dann werden alle Bilder gleich entwickelt und die gestalterischen Möglichkeiten der Entwicklung und Vergrößerung nicht

genutzt. Dies könnte im wesentlich teureren Speziallabor etwas besser gemacht werden. Zusätzlich zu dem, was bei der Entwicklung eines jeden Schwarz-Weiß-Films zu beachten ist, gilt für Infrarotfilme, dass die Herausnahme des Films aus der Kamera und das Einlegen in die (lichtdichte) Entwicklungsdose in absoluter Dunkelheit zu erfolgen hat. Weitere Hinweise und Tipps zur NIR-Fotografie und zur weiteren Verarbeitung der Bilder finden sich u. a. im folgenden Buch von Rudolf Hillebrand: „Infrarot-Fotografie auf anderer Wellenlänge“, 1992, Verlag Fotografie AG, Schaffhausen.

Weitere Anwendungen für das NIR

Der Woodeffekt wird nicht nur in der NIR-Fotografie, sondern auch in der Kartografie genutzt, um Vegetationskarten der Erde anzufertigen. Die Erde ist in drei Landschaftstypen eingeteilt: Kahle Erde, Wasser und Vegetation. Um diese zu unterscheiden, betrachtet man sie nicht nur durch eine „normale“ Kamera aus der Luft, sondern auch mit einer Kamera für nahes Infrarotlicht, denn im NIR zeigen die spektralen Reflexionsgrade (wie stark ein Gegenstand das Licht reflektiert) größere Unterschiede. Wasser wirft das NIR kaum zurück, die Vegetation hingegen reflektiert das NIR zum größten Teil und erscheint deswegen heller als Wasser. Kahlen Boden und Vegetation unterscheidet man auch durch den hohen Reflexionsgrad der Vegetation, denn die kahle Erde absorbiert das NIR stark.

Das NIR wird auch bei Überwachungskameras genutzt. Diese können so auch in der Dunkelheit funktionieren, vorausgesetzt, dass die zu überwachende Region mit NIR-Licht bestrahlt wird. Im Rahmen des Kurses haben wir eine solche Kamera verwendet, um verschiedene Objekte im Dunkeln, allein beschienen durch NIR-LEDs (Licht emittierende Dioden), zu betrachten.

Die Haut reflektiert/absorbiert die NIR-Strahlen so, dass die Adern deutlicher sichtbar werden. Cola wird im NIR durchsichtig. Ein Pflanzenblatt reflektiert das NIR stark und leuchtet somit sehr hell und bei einem Geldschein sieht man im NIR nur noch etwa ein Drittel des

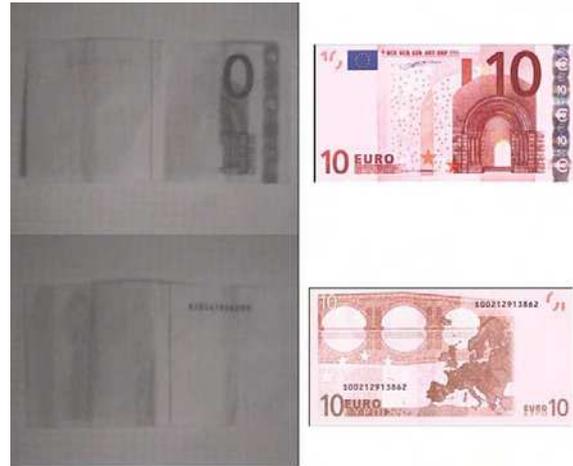


Abbildung 7: 10 EURO-Schein rechts, so wie wir ihn kennen (im visuellen Licht) und links im NIR-Licht betrachtet (nach Übertragung ins sichtbare Licht).

Quelle: http://commons.wikimedia.org/wiki/Image:10_euro_infrarot_aufnahme.JPG.

Scheins, was ein Anhaltspunkt für die Echtheit des Geldscheines ist (siehe Abb. 7).

NIR-Alltag: Digicam und Handy

Digital- und Handykameras machen das NIR sichtbar, Fernbedienungen senden es aus. So kann man die Funktion einer Fernbedienung prüfen, indem man ihre Sendediode durch eine Kamera anschaut. Ein anderer Bezug des Handys zum NIR betrifft die Datenübertragung. Über die Datenschnittstelle können Daten von Handy zu Handy (oder von PC zu Drucker) mittels NIR-Licht geschickt werden.

NIR-Technik selbst erlebt

Im Folgenden wollen wir eine NIR-Lichtschranke bauen, um z.B. die NIR-Transparenz von Stoffen testen zu können. Wir brauchen dazu folgende Bauteile:

Für den NIR-Sender:

- eine IR-LED SFH485, 5 mm Durchmesser, blau (1)
- Widerstände für Sender und Empfänger: 220, 330, 1000 Ω (2)
- eine Low-current-LED grün, 3 mm Durchmesser (3)

Für den NIR-Empfänger:

- eine Low-current-LED, rot, 3 mm Durchmesser (4)
- einen IR-Fototransistor LPT-80A (5)

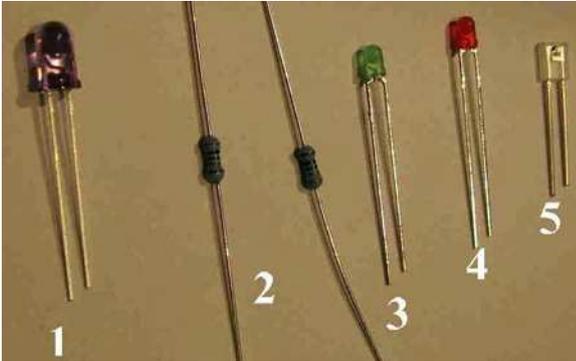


Abbildung 8: Bauelemente für die NIR-Lichtschranke.

Außerdem braucht man noch eine Stromversorgung mit 6 V Gleichspannung. Wir haben ein fertiges Steckernetzteil verwendet, das über eine Anschlussklemme an die Lochrasterplatte angeschlossen wurde. Die einzelnen Bauteile werden hier im Einzelnen erklärt:

1. Die NIR-LED gibt bei Stromfluss in Durchlassrichtung NIR-Licht ab.
2. Die Widerstände begrenzen den Strom. Mit ihnen kann die geeignete Stromstärke für die einzelnen Komponenten geregelt werden, wodurch der max. zulässige Strom für die empfindlichen LEDs bzw. den Transistor nicht überschritten wird.
3. Die LED (Licht emittierende Diode) ist ein Halbleiterbauteil. Sie ist erst ab einer bestimmten Spannung leitend und gibt dabei Licht in einer bestimmten Wellenlänge (d. h. Farbe) ab. Low Current heißt lediglich, dass diese Diode bereits bei 2-3 mA Strom so hell wie eine „normale“ LED bei 20 mA ist.
4. siehe 3.
5. Die Leitfähigkeit des Transistors ist von der Intensität des einfallenden IR-Lichtes abhängig.

Erklärung der Schaltung

Die Schaltung besteht aus zwei Teilen: Sender
Der Sender (in Abb. 9 links vom roten Strich) ist aus 2 Widerständen: 1 kΩ und 220 Ω, der grünen LED und der NIR-LED aufgebaut. Die

grüne LED hat einen größeren Vorwiderstand als die NIR-LED, denn sie „braucht“ nur 2-3 mA Strom, die NIR-LED ca. 20 mA. Hierbei dient die grüne LED nur als Kontrolle für das Anliegen der Betriebsspannung. Empfänger Der Empfänger (rechts vom roten Strich) wird so aufgebaut, dass der Fototransistor, die rote LED und der 330 Ω-Widerstand in Reihe geschaltet sind. D. h., der Stromkreis wird geschlossen, wenn der Fototransistor durchschaltet. Dann leuchtet die rote LED, ansonsten nicht. Der Widerstand ist kleiner als beim Empfänger, weil hier die Bauteile bereits in Reihe geschaltet sind und die Spannungsabfälle an den einzelnen Teilen selbst zur Verringerung des Stromes führen.

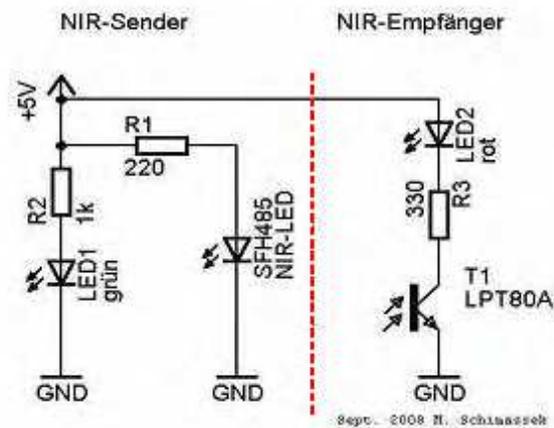


Abbildung 9: Schaltplan für die NIR-Lichtschranke.

Bauanleitung

Zuerst wird der Sender aufgebaut:

1. Auf der Lochrasterplatte wird zuerst die Anschlussklemme (1.) befestigt (vgl. Abb. 10). Beide Kontakte werden separat angelötet. Eine Seite der Klemme wird als Plus markiert (im Bild rot).
2. Dann lötet man den 1kΩ-Widerstand R2 (2.) am Pluspol der Klemme an.
3. Den freien Pol des Widerstandes lötet man an die grüne LED1 (3.). Hierbei muss die Polarität der LED beachtet werden. Die Diode muss in Durchlassrichtung geschaltet sein. Dazu wird der Pluspol, d. h. der längere Anschluss der LED, mit dem Widerstand verlötet. Es ist zweckmäßig, die Polarität der LED

vor dem Löten zu überprüfen.

4. Nun verbindet man den freien Pol der Diode mit Masse (dem Minuspol).

5. Anschließend lötet man an die Plusklemme den 220 Ω -Widerstand R1 an. Er sollte so auf der Platine angebracht werden (siehe Abb. 10), dass später das Licht der NIR-LED nicht von dem Fototransistor abgeschattet wird (d. h., „dass dem Licht nichts im Wege steht“).

6. Nun wird die NIR-LED in Durchlassrichtung (hier gilt dasselbe wie bei 3.) an den freien Pol des Widerstands R1 angeschlossen. Der 2. Pol wird mit dem Minuspol verbunden. Hierbei darf die LED nicht zu tief hineinsteckt werden, damit sie noch umgebogen werden kann. So kann das Licht der NIR-LED direkt den Foto-Transistor erreichen (vgl. Abb. 10).

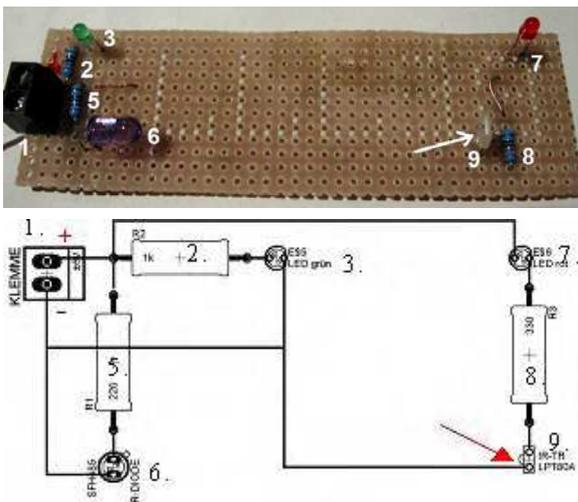


Abbildung 10: Aufbau der Lichtschranke auf der Platine im Foto (oben) und schematisch (unten).

Die Lichtschranke ist somit fertig für den Test. Nach Anschluss der Stromquelle können die Versuche beginnen. Ein Experiment wäre z. B., den Lichtweg durch verschiedene Gegenstände zu versperren und zu beobachten, ob und wie diese für das NIR durchlässig sind.

Damit wäre der Sender bereit für den Funktionstest. Dazu legt man Spannung an (auf Polarität achten!). Die grüne LED muss dabei leuchten. Mit einer Digitalkamera muss das Leuchten der NIR-LED zu sehen sein. Nach Abklemmen der Spannung kann es mit dem 2. Teil der Schaltung, dem Empfänger, weiter

gehen:

7. Um etwas Platz für Testgegenstände zu bekommen, werden die Empfängerteile am anderen Ende der Platine angebracht. Die rote LED2 wird mit dem Pluspol (dem längeren Anschluss) über einen längeren Draht auf der Unterseite der Platine mit dem Pluspol der Klemme verbunden und festgelötet.

8. Nun wird an den freien Pol der LED2 (den Minuspol) des 330 Ω -Widerstandes gelötet. Er sollte hinter dem später zu platzierenden Fototransistor liegen, damit eine direkte Linie zwischen den beiden NIR-Bauteilen entsteht.

9. Jetzt kann der NIR-Fototransistor angelötet werden. Dieser Transistor hat nur 2 Pole. Der längere Anschluss ist der Kollektor, der andere der Emitter. Es empfiehlt sich jedoch, alle polaren Bauteile vor dem Festlöten auf Polarität und Funktion mit z. B. einem Multimeter zu prüfen. Der Kollektor des Transistors muss an den freien Pol des Widerstandes angelötet werden. Der Transistor ist so zu platzieren, dass die kleine Linse (kleine Halbkugel auf einer Seite des Transistors, siehe roter Pfeil in Abb. 10) in Richtung der NIR-LED zeigt. Der andere Pol (Emitter) wird an den Minuspol angeschlossen.



Abbildung 11: Franziska und Corinna beim Löten der Schaltung für die NIR-Lichtschranke.

Die Lichtschranke ist somit fertig für den Test. Nach Anschluss der Stromquelle können die Versuche beginnen. Ein Experiment wäre z. B., den Lichtweg durch verschiedene Gegenstände zu versperren und zu beobachten, ob und wie diese für NIR durchlässig sind.

Das Mittlere Infrarot (MIR)

NINA HELD, LASSE WURZEL

Das Mittlere Infrarot (MIR), in einem Teilbereich auch als thermisches Infrarot oder auch Wärmestrahlung bekannt, schließt sich mit einem Wellenlängenbereich von 4 bis 40 μm direkt an das NIR an. Der Name Wärmestrahlung kommt von der Eigenschaft des MIR, die Moleküle unserer Haut zum stärkeren Schwingen anzuregen, wodurch die Temperatur erhöht wird. Das MIR kann man z. B. mit Hilfe einer Thermografiekamera (siehe Abb. 12) nachweisen. Diese macht Aufnahmen im thermischen Infrarot, d. h. in einem Wellenlängenbereich von meist 3,5 bis 14 μm .



Abbildung 12: Thermografiekamera vom Typ Ti 10 von FLUKE.

Bei Farbbildern, die im MIR aufgenommen wurden, handelt es sich bei den Farben um sogenannte Falschfarben zum Zwecke der Verbildlichung („Übersetzung“ ins Sichtbare). Bei Schwarz-Weiß-Bildern, die im MIR aufgenommen wurden, handelt es sich bei den helleren Stellen um wärmere Stellen und bei dunkleren um kältere. Bei Farbbildern der Thermografiekamera, mit der wir im Kurs gearbeitet haben, ebenso bei Abb. 12 und Abb. 13, bedeutet schwarz eine kalte Stelle und rot eine heiße.

Irdische Anwendungen

Das MIR wird von Militär und Polizei zur Suche nach Vermissten, entflohenen Verbrechern etc. und bei zielsuchenden Waffen verwendet. Die Industrie verwendet es, um kritische Zustände (Hot Spots) bei Maschinen, Anlagen und Installationen früher zu erkennen. Baufirmen verwenden Thermografiekameras zur Suche nach Wärmelecks bei Gebäuden. In Abb. 13 sieht man eine solche Aufnahme, auf der sehr gut zu erkennen ist, dass die Fenster im Bereich der Rollläden schlecht isoliert sind und dort deshalb sehr viel Wärme austritt.



Abbildung 13: Haus im Mittleren Infrarot, aufgenommen von einer Baufirma (Bildquelle: <http://www.firthermography.de/images/gallery/HausRollladenkasten.jpg>).

MIR-Strahlung in der Medizin

Infrarotstrahlung wird in der Medizin in den Bereichen Prophylaxe (Vorbeugen und Verhüten von Krankheiten), Diagnose (Erkennen von Krankheiten) und Therapie (Behandeln und Heilen von Krankheiten) eingesetzt.

Prophylaxe

Seit einigen Jahren werden als Alternative zur Sauna Infrarotwärmekabinen angeboten. In diesen Kabinen wird der Körper durch Infrarotstrahlung erwärmt. Die positiven Wirkungen auf den Organismus beim Aufenthalt in einer Infrarotwärmekabine sind mit denen beim

Saunieren vergleichbar: Anregung des Herz-Kreislauf-Systems und des Stoffwechsels, Stärkung des Immunsystems, Absenkung des Blutdrucks, Ausscheidung von Giftstoffen, bessere Durchblutung besonders der Haut und Reinigung der Haut von Verunreinigungen und verhornten Hautzellen.

Diagnose

Das einfachere der beiden verwendeten Diagnoseverfahren ist die Fiebertemperaturmessung mithilfe eines so genannten Infrarotpyrometers. Dieses Infrarotthermometer misst die Temperatur des Trommelfells im Ohr, wobei das Gerät einfach vor den Eingang des Gehörganges gehalten wird. Diese Methode ist sehr viel verlässlicher und genauer als die üblichen Verfahren zur Fiebertemperaturmessung und benötigt außerdem nur wenige Sekunden.

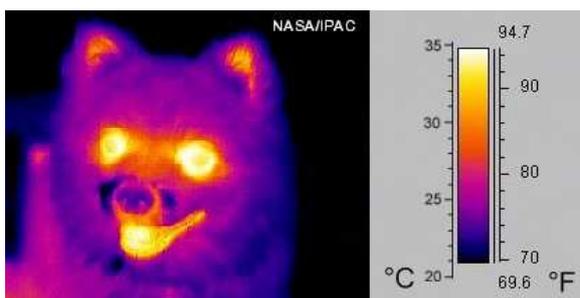


Abbildung 14: Visualisiertes MIR-Bild eines Hundeskopfs. (Quelle: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0c/Infrared_dog.jpg)

Das zweite diagnostische Verfahren ist die hochauflösende medizinische Infrarotthermografie (HIRT), bei der die Wärmeabstrahlung der Körperoberfläche mithilfe einer Infrarotkamera aufgezeichnet wird. Die daraus berechneten Temperaturen werden auf den erhaltenen Bildern mit verschiedenen Farben dargestellt. Abb. 14 zeigt das Bild eines Hundes, das mit diesem Verfahren aufgenommen wurde. Man erkennt deutlich, dass am Kopf des Hundes das Maul, die Augen und die Ohren die stärkste Wärmeabstrahlung zeigen, während die Nase deutlich kälter ist. Jede Abweichung der ermittelten Temperatur vom typischen Temperaturmuster der Körperoberfläche bedeutet eine verstärkte oder eingeschränkte Durchblu-

tung des betroffenen Bereiches und weist auf eine Funktionsstörung hin. Erkrankungen, die mithilfe der HIRT erkannt werden können, sind z. B. Entzündungen, innere Verletzungen, Tumore, Nervenschädigungen, Störungen der Schilddrüsenfunktion, rheumatische Leiden, Durchblutungsstörungen und Venenerkrankungen.

Therapie

In der Therapie stammt die verwendete Infrarotstrahlung im einfachsten Fall von Rotlichtlampen, die vor allem in der Heimanwendung verbreitet sind. Die von ihnen ausgestrahlte Infrarotstrahlung dringt wenige Millimeter ins Gewebe ein. Der therapeutische Effekt besteht in einer Blutgefäßerweiterung und damit einer verbesserten Durchblutung des bestrahlten Körperbereiches. Zu den Erkrankungen, die mit Rotlichtlampen behandelt werden können, gehören vor allem Muskelverspannungen, rheumatische Beschwerden und Entzündungen, z. B. Entzündungen des Mittelohrs und der Nasennebenhöhlen.

Für die gleichen Zwecke wie Rotlichtlampen können Infrarot-Laser mit geringer Leistung verwendet werden. Der Vorteil der Infrarot-Laser gegenüber den Rotlichtlampen liegt zum einen darin, dass sich mit dem Laserstrahl eine Körperstelle genauer und enger begrenzt bestrahlen lässt. Außerdem besitzt der Laserstrahl eine größere Eindringtiefe, die bis zu 5 cm beträgt. Daher eignen sich diese Infrarot-Laser auch für tiefer liegende Erkrankungen. Infrarot-Laser mit starker Leistung werden in der Chirurgie eingesetzt. Laserstrahlen lassen sich als Skalpell zum Setzen sehr präziser und feiner Schnitte z. B. in der Neurochirurgie und der Augenheilkunde verwenden. Durch die Hitzeentwicklung kommt es gleichzeitig zu einer „Verschweißung“ des Gewebes (Koagulation), so dass bei der Verwendung eines Laserskalpells keine Blutungen auftreten. Die Fähigkeit zur Koagulation nutzt man bei den Laserkoagulatoren, die man bei Operationen oder bei massiven Blutungen zum Verschließen von Blutgefäßen einsetzt.

Spiegelnde und diffuse Reflexion

Jegliche Anwendung von Infrarotstrahlung erfordert deren Richtungsänderung durch Reflexion. Im Folgenden wird die Reflexion etwas genauer betrachtet.

Die Art der Reflexion von Strahlung an einer Oberfläche ist abhängig von der Oberflächenbeschaffenheit. Bei einer glatten Oberfläche, die gegenüber der Wellenlänge der auftreffenden Strahlung nur kleine Rauigkeiten aufweist, wird ein Lichtstrahl entsprechend dem Reflexionsgesetz vorhersagbar reflektiert. Man spricht in diesem Fall von einer spiegelnden Reflexion (links in Abb. 15).

Bei einer Oberfläche mit einer großen Rauigkeit relativ zur Wellenlänge wird die Strahlung in verschiedene Richtungen reflektiert. Diese Reflexion wird als diffuse Reflexion bezeichnet (in Abb. 15: rechts). Damit bei Teleskopspiegeln keine diffuse Reflexion auftritt, muss deren Oberflächengenauigkeit mindestens im Bereich der Wellenlänge der Strahlung liegen, die beobachtet werden soll.

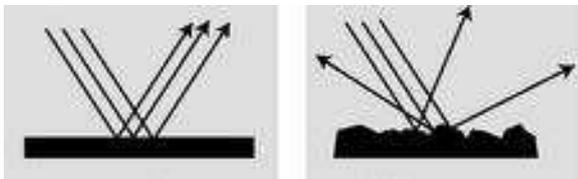


Abbildung 15: Spiegelnde (links) und diffuse Reflexion (rechts, auch Streuung genannt) eines Lichtbündels.

Infrarot-Astronomie

UMUT YILDIZ, ADRIAN PROCHASKA,
CORINNA KUNZ

Das Sonnensystem im Infraroten

Alle Objekte in unserem Sonnensystem (Planeten, Asteroiden, Kometen und die Sonne) sind auch im Infraroten (IR) beobachtbar. Diese IR-Strahlung ist zum einen auf reflektiertes Sonnenlicht zurückzuführen (NIR). Zum anderen stammt sie aus der Emission der erwärmten Festkörper oder von angeregten Gasteilchen (MIR). Infrarotbeobachtungen auf der Er-

de werden durch die Erdatmosphäre stark behindert. Besonders der Wasserdampf und das Kohlenstoffdioxid absorbieren die Infrarotstrahlung bei bestimmten Wellenlängen. Doch diese Absorptionslinien (stoffspezifische Absorption, z. B. Natrium absorbiert das Licht in zwei bestimmten Orangetönen) und -banden verhelfen den Astronomen herauszufinden, welche Moleküle in den Atmosphären anderer Planeten vorkommen. H_2O und CO_2 absorbieren die Strahlung der für sie typischen Wellenlängen. So entdeckte man beispielsweise, dass ca. 97 % der Venusatmosphäre aus CO_2 besteht oder dass ein Teil der Uranusatmosphäre (ca. 2 %) aus Methan besteht.

So, wie die Moleküle bei bestimmten Wellenlängen Strahlungsenergie aufnehmen (absorbieren), so können sie diese auch wieder abgeben (emittieren). Das Visible and Infrared Thermal Imaging Spectrometer (VIRTIS) an Bord der ESA Sonde Venus Express wies zum ersten Mal das Hydroxyl-Molekül (OH) in den oberen Bereichen der Venusatmosphäre durch dessen Infrarotemission nach. Dieses bekannte Radikal (Atom bzw. Molekül mit mindestens einem nicht gepaarten Elektron, sehr reaktionsfreudig) besteht aus einem Wasserstoff- und einem Sauerstoffatom. Es ist sehr reaktionsfähig. Aufgrund seiner geringen Lebensdauer war es sehr schwer nachzuweisen. Auf der Erde spielt es eine große Rolle bei der Bindung von Sauerstoffatomen, auf dem Mars stabilisiert es das Kohlenstoffdioxid, damit es sich nicht in Kohlenstoffmonoxid umwandelt.

Die Menge der IR-Strahlung hängt von der Menge der OH-Moleküle und diese wiederum von der Menge der Ozon-Moleküle der Atmosphäre ab. Demzufolge versuchen die Forscher, aus der Abstrahlung des Hydroxylmoleküls auf die Ozonmenge zu schließen. Sie stellten große Schwankungen der IR-Strahlung fest (bis zu 50 % pro Umlauf), die vermutlich durch große Veränderungen der Ozonwerte entstanden sind. Nun versuchen die Wissenschaftler über verschiedene Computermodelle auf weitere Zusammenhänge zu schließen. Dennoch wies Venus Express nach, dass dieser Planet erdähnlicher ist, als vorher angenommen wurde.

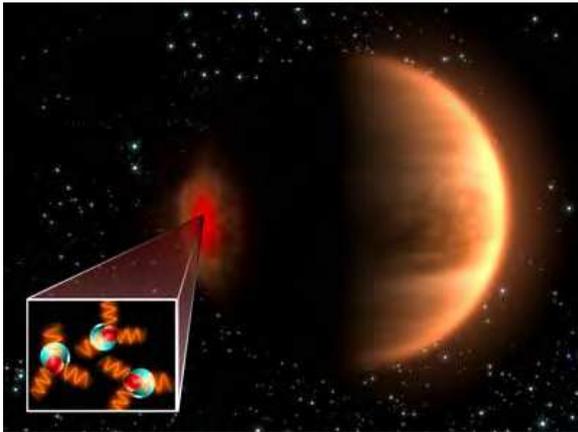


Abbildung 16: Das Hydroxyl-Molekül, bestehend aus einem Sauerstoffatom (blau im Bild) und einem Wasserstoffatom (rot im) wurde in der Venusatmosphäre nachgewiesen. Quelle: ESA/ C. Carreau.

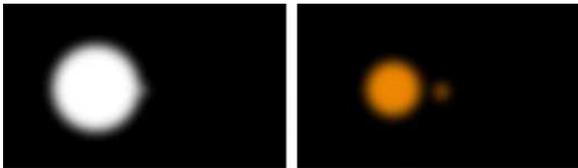


Abbildung 17: Helligkeitsunterschied zwischen Stern und Planet im Visuellen (links) und im MIR (rechts) - ein Modell.

Exoplaneten im Infraroten

Was ist ein Exoplanet?

Ein Exoplanet, auch extrasolarer Planet, ist ein Planet außerhalb des gravitativen Einflusses unserer Sonne. Exoplaneten gehören nicht zu unserem Sonnensystem und umlaufen einen anderen Stern. Planetenartige Objekte, die keinen Stern umkreisen, nennt man Planemos.

Suche nach Exoplaneten im IR

Die Suche nach extrasolaren Planeten im Infraroten ist erfolgversprechender als im sichtbaren Bereich, da die Infrarotstrahlung weniger durch kosmischen Staub aufgehalten wird. Außerdem ist der Helligkeitsunterschied zwischen Stern und Planet im IR deutlich geringer als im Visuellen.

Nachweismethoden

Fast alle Exoplaneten wurden bisher nur indirekt nachgewiesen. Für den indirekten Nachweis existieren die folgend aufgelisteten Methoden. Die direkte Abbildung wird meist noch durch den großen Helligkeitsunterschied zwischen Stern und Planet verhindert.

Transitmethode:

Durch das Umlaufen des „Muttersterns“ entsteht eine periodische Absenkung der Helligkeit, die sich mit hochpräziser Helligkeitsmessung des Sterns (Photometrie) bestimmen lässt. Nachteil: Diese Methode funktioniert nur, wenn die Planetenlaufbahn etwa in der Betrachtungsebene liegt.

Radialgeschwindigkeitsmethode:

Durch Blau- und Rotverschiebungen des Lichts eines Sterns schließt man auf einen Begleitplaneten. Nachteil: Wenn die Umlaufbahn orthogonal zur Betrachtungsebene liegt, klappt dies nicht.

Astrometrische Methode:

Die Astrometrische Methode nutzt den gleichen Effekt wie die Radialgeschwindigkeitsmethode. Allerdings misst man dabei nicht die Bewegung des Sterns auf den Beobachter zu oder von ihm weg, sondern die Bewegung in der Ebene des Himmels. Nachteil: Die Winkelablenkung der Sterne ist sehr klein (z. B. 0,001" für die durch Jupiter ausgelenkte Sonne, betrachtet aus einer Entfernung von 10 pc).

Bisher ist es kaum möglich, erdähnliche Exoplaneten nachzuweisen.

Untersuchung der Atmosphäre

Um die Atmosphäre eines Exoplaneten auf chemische Elemente zu untersuchen, wird sein IR-Spektrum untersucht. Die Erforschung der Atmosphäre eines Exoplaneten ist sehr viel einfacher, wenn der Planet noch jung ist, da er dann mehr IR-Strahlung aussendet.

Einige Entdeckungen

2M1207b: Etwa 5-fache Jupitermasse, Exoplanet des Braunen Zwergs 2M1207 (20-fache

Jupitermasse), Brauner Zwerg: planetenartiges Objekt, mit 13- bis 75-facher Jupitermasse und einem Status zwischen Planet und Stern, bisher wahrscheinlich erster direkter fotografischer Bildnachweis eines extrasolaren Planeten

HD 149026: Gelber Stern mit 1,3-facher Sonnenmasse, Exoplanet mit 0,36-facher Jupitermasse und der Größe des Saturns, einziger Gasriese, bei dem mehr als 50 % der Masse auf den festen Kern zurückfällt, ein Jahr dauert für diesen Exoplaneten nur 2,87 Erdtage

CoRoT-Exo-4b: Entdeckung am 24. Juli 2008 mit Hilfe des Satelliten CoRoT, riesiger Gasball mit 1,2-fachem Jupitervolumen und 70 % seiner Masse, Rotationsdauer = Umlaufzeit

Gliese 876: Stern mit 32 % Sonnenmasse und 36 % Sonnendurchmesser, im Sternbild Wassermann, der kleinste bisher entdeckte Exoplanet, 8-fache Erdmasse und doppelter Erddurchmesser



Abbildung 18: Gliese 876 und seine Umgebung in einer künstlerischen Darstellung (Quelle: <http://hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2002/27/image/a/>).

Kosmischer Staub und das Infrarote

In unserem Universum gibt es interplanetaren, interstellaren und auch intergalaktischen Staub. Er besteht aus den Resten gestorbener Sterne, die schwerere Elemente als Helium in ihrem Inneren durch Kernfusion erzeugt haben. Interplanetarer Staub befindet sich zwi-

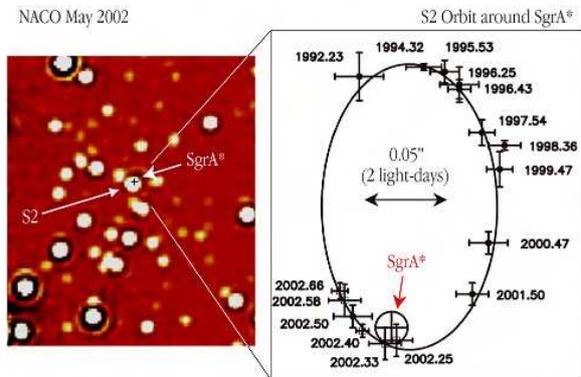
schen den Planeten eines Sonnensystems, interstellarer Staub im Raum zwischen den Sternen einer Galaxie und intergalaktischer Staub zwischen den Galaxien. Der Staub liegt in Wolken vermischt mit Gas vor, wobei das Massenverhältnis Gas zu Staub etwa 100:1 beträgt. Durch die interstellare Materie wird die Lichtausbreitung im Universum mehr oder weniger behindert, ein Sachverhalt, der uns schon aus der Absorption mancher Wellenlängen des elektromagnetischen Spektrums aufgrund unserer Atmosphäre bekannt ist. Die Absorption der Strahlung erfolgt im Gas bei bestimmten Wellenlängen (entsprechend der Energie, die für einen Quantenübergang bei einem Atom oder für eine Schwingung bei einem Molekül nötig ist), wobei Absorptionslinien oder -banden entstehen. Der Staub verursacht in der Regel eine kontinuierliche Absorption, d. h. sehr große Bereiche des elektromagnetischen Spektrums werden so stark absorbiert, dass sie nicht mehr nachweisbar sind. Im IR-Bereich ist die Absorption im Weltraum deutlich geringer, weswegen dieser Wellenlängenbereich mehr Durchblick auf unbekannte Gegenden ermöglicht.

Blick ins Milchstraßenzentrum

Lange bestand die Frage, ob sich im Zentrum des Milchstraßensystems ein supermassives Schwarzes Loch befindet. Wir können diesen Bereich nicht im sichtbaren Licht beobachten, da dieses Licht vom Staub in der galaktischen Scheibe wie oben beschrieben völlig absorbiert wird. Weil NIR-Licht eine größere Wellenlänge hat, wird es vom Staub weit weniger absorbiert, da die Energie der Strahlung nicht so gut in Bewegungsenergie der Staubteilchenbausteine umgesetzt werden kann.

Mit diesem Wissen konnten europäische Wissenschaftler an der Südsternwarte ESO in Chile 1992 die Sterne im galaktischen Zentrum erstmals beobachten und fanden dabei heraus, dass diese einen kleinen Bereich mit hoher Geschwindigkeit umlaufen. Dabei fiel vor allem der so genannte Stern S2 auf, der dem Zentrum sehr nahe ist. In den darauf folgenden Jahren bestimmten sie immer wieder seinen Standort und konnten somit seine Umlaufzeit

von 15,2 Jahren bei einer mittleren Umlaufgeschwindigkeit von 5000 km/s und die Halbachse seiner Umlaufbahn in Erfahrung bringen.



The Motion of a Star around the Central Black Hole in the Milky Way
 ESO PR Photo 23c-02 (© October 2002) © European Southern Observatory
 Abbildung 19: Galaktisches Zentrum im NIR (links), Umlaufbahn des Sterns S2 (rechts) (Quelle: <http://www.eso.org/public/outreach/press-rel/pr-2002/phot-23c-02-preview.jpg>).

Aufgrund dieser Daten konnte mithilfe des dritten Keplerschen Gesetzes die Masse im Zentrum errechnet werden, die dazu im Stande ist, eine solche Gravitationskraft aufzubringen, um den Stern S2 auf seiner Bahn zu halten. Es ergab sich eine Punktmasse von 3,7 Millionen Sonnenmassen. Da die Umlaufbahn von S2 das Volumen des Objektes jedoch begrenzt, muss es sich hierbei um ein supermassives Schwarzes Loch handeln, da kein anderes Objekt eine solche Masse in einem so kleinen Gebiet vorweisen kann. Dieses Schwarze Loch wird Sagittarius A* (Sgr A*) genannt.

Probleme der IR-Beobachtung

FRANZISKA MÜLLER, STIPE CIKES

Es gibt verschiedene Probleme bei der IR-Beobachtung. Diese kommen einerseits von der Erdatmosphäre und andererseits von der Eigenstrahlung der Teleskope (das so genannte Rauschen).

Die Wirkungen der Erdatmosphäre

Die wesentliche Beeinflussung der Strahlung in der Erdatmosphäre geht auf die Absorpti-

on zurück. Abb. 20 zeigt den Unterschied zwischen der Strahlung, die auf der Atmosphärenoberfläche und auf der Erdoberfläche auftrifft. Abb. 21 zeigt die Absorption verschiedener Stoffe in der Atmosphäre. Die bunten Abschnitte bedeuten, dass hier keine Strahlung durchgelassen wird. Man kann hier gut erkennen, dass Ozon (gelb) uns vor den gefährlichen UV-Strahlen schützt und Wasserdampf fast die gesamte FIR-Strahlung absorbiert. Der Nachteil der Absorption ist, dass Beobachtungen von der Erdoberfläche erschwert werden, da wir nicht alle Wellenlängen empfangen können. Dieser Nachteil kann aber auch von Vorteil für die Astronomen sein, weil durch die absorbierte Strahlung die chemische Zusammensetzung der Atmosphären anderer Planeten bestimmt werden kann.

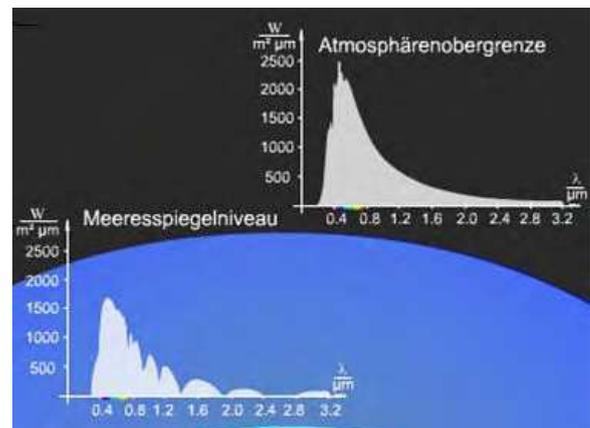


Abbildung 20: Einfluss der Erdatmosphäre auf die Strahlung der Sonne (Quelle: www.webgeo.de).

IR-Observatorien

Es gibt drei verschiedene Arten von IR-Observatorien: Die erste Möglichkeit sind Satelliten, die aber sehr teuer sind und bei Fehlfunktionen in der Regel nicht repariert werden können. Ein Beispiel dafür ist HERSCHEL, der im Jahre 2009 gestartet wird. Die zweite Möglichkeit bieten umgebaute Flugzeuge, die in der Stratosphäre fliegen, so dass die Absorption durch die Wirkung der Erdatmosphäre im IR drastisch verringert werden kann. Ein Beispiel dafür ist das SOFIA-Projekt der NASA und DLR, aber darüber später mehr.

Die dritte Art wird sehr häufig angewendet, weil sie am preiswertesten ist: Fest installierte

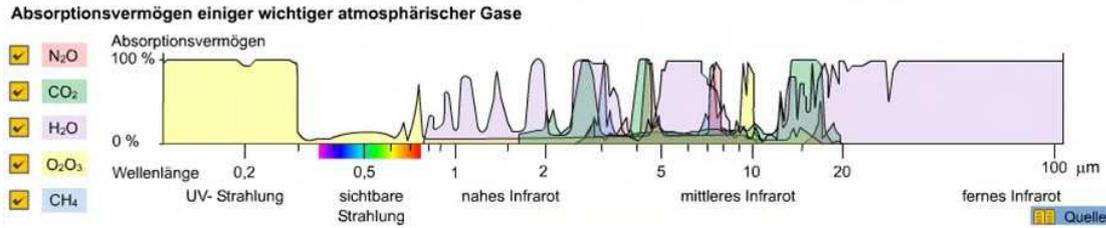


Abbildung 21: Selektive Absorption verschiedener Gase in der Atmosphäre (Quelle: www.webgeo.de).

Teleskope auf der Erde. Diese werden meist auf hohen Bergen aufgebaut, öffnen aber nur ein kleines Fenster für das IR. Zwei Beispiele dafür sind das Kitt-Peak-Observatorium in Arizona (2100 m hoch in der Wüste), sowie das Observatorium in Hawaii in der Höhe von 4480 m auf dem Berg Mauna Kea. Aber jedes dieser verschiedenen Observatorien hat Vor- und Nachteile.

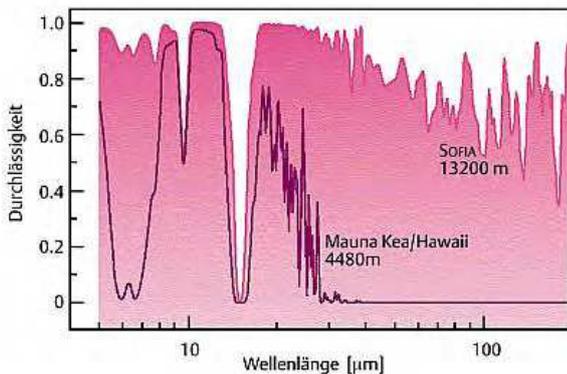


Abbildung 22: Vergleich SOFIA mit Mauna Kea Observatorium (Quelle: www.dsi.uni-stuttgart.de).

In Abb. 22 ist der Vorteil von SOFIA gegenüber dem Keck-Teleskop auf dem erloschenen Vulkan Mauna Kea dargestellt. Die große rosa Fläche zeigt die Strahlung, die von SOFIA empfangen werden kann und als durchgezogene dunkle Linie diejenige, die auf dem Mauna Kea eintrifft. Man kann erkennen, dass SOFIA im Mittleren sowie im Fernen Infrarot durch ihre Höhe einen deutlichen Vorteil gegenüber dem Teleskop auf der Erdoberfläche hat. Beide können aber im Bereich von $15 \mu\text{m}$ nur sehr wenig empfangen. Dieser Wellenlängenbereich wird hauptsächlich von Kohlenstoffdioxid absorbiert, der sich vor allem in sehr großen Höhen befindet.

Die Kühlung: Mittel Nr.1 gegen das Rauschen

Der Detektor muss mit sehr dünnen aber sehr zugfesten Speichen in der Hülle befestigt werden, damit er fest verankert wird, aber die Speichen dürfen die Hitze von der Außenhülle nicht an den Detektor weiterleiten. Außerdem muss der Empfänger auf eine sehr niedrige Temperatur gebracht werden, da dieser sonst noch zu viel Eigenstrahlung aussendet. Diese Kühlung erreicht man, indem man flüssiges Helium, dessen Siedetemperatur bei 2,8 K liegt, verdampfen lässt. Außerdem ist eine Abschirmung gegen Fremdeinstrahlung z. B. die der Sonne oder die der Erde sehr wichtig.

Das Chopper: Mittel Nr. 2 gegen das Rauschen

Der Chopper-Spiegel lässt das Bild eines Himmelsobjekts auf der Kamera periodisch mit 3 Hz um ca. 1-3 Bogenminuten hin- und herspringen. Auf ein Pixel des Detektors fällt nun abwechselnd Signal 1 also Grundrauschen mit Objekt und danach Signal 2 nur Grundrauschen ohne Objekt. Signal 2 wird dann von Signal 1 subtrahiert. Diese Differenz ist dann das verbesserte Bild. Der Chopper wird bei einer Temperatur von -270°C betrieben und benötigt nur zwei Milliwatt Antriebsleistung.

SOFIA

Das Stratosphären-Observatorium für Infrarot-Astronomie (SOFIA) ist eine umgebaute Boeing 747 SP (verkürzte Version) mit einem Teleskop mit 2,7 m Durchmesser an Bord. Es handelt sich dabei um eine fliegende Sternwar-

te. Erste Beobachtungen werden voraussichtlich ab 2009 stattfinden. Später wollen Astronomen dann mehrmals wöchentlich mit SOFIA abheben, um die Entstehung junger Sterne und Planetensysteme zu beobachten oder das Zentrum unserer Heimatgalaxie, der Milchstraße, genau zu untersuchen.

Das infrarote Licht dieser Objekte, für das sich die Wissenschaftler besonders interessieren, ist vom Boden aus nur eingeschränkt zu empfangen, da insbesondere der Wasserdampf in der Erdatmosphäre diese Strahlung absorbiert. In einer Flughöhe von etwa 13 Kilometern ist der Einfluss des Wasserdampfs vernachlässigbar und somit der Weg frei für die Beobachtung der infraroten Strahlung astronomischer Objekte.



Abbildung 23: SOFIA in einem Testflug (Quelle: www.dsi.uni-stuttgart.de).

Das Teleskop befindet sich hinter einer verschließbaren Öffnung im hinteren Teil des Flugzeugrumpfes. Ein Druckschott trennt die Passagierkabine und den Teleskopraum voneinander. Beim Betrieb mit geöffneter Luke ist das Teleskop den äußeren Bedingungen ausgesetzt. Bei dieser Flughöhe bedeutet dies eine Temperatur von ca. -60°C und ungefähr ein Fünftel des Luftdrucks am Erdboden. Um die Anpassung des Teleskops an diese Bedingungen zu beschleunigen, wird es bereits am Boden mit flüssigem Helium heruntergekühlt. Bei Start und Landung ist die Kabine durch eine Rolltür

vor Staub, Schmutz und allzu starken Luftwirbeln geschützt. Sie soll auch verhindern, dass die Spiegeloberfläche des Teleskops beim Aufstieg mit Wasserdampf beschlägt und zufriert. Erst bei Erreichen der Beobachtungshöhe wird die Kabine geöffnet.

Gemeinsam haben die NASA und das DLR diese einzigartige Beobachtungsplattform entwickelt und werden sie gemeinschaftlich betreiben. Das gesamte Projekt wird zu 80 % von der NASA und zu 20 % von dem DLR finanziert; dies betrifft sowohl den Bau des Observatoriums als auch den 20-jährigen Betrieb.

Besuch beim DSI

Am Montag, den 01.09.2008 war es endlich soweit: Der Besuch beim Deutschen Sofia Institut (DSI) stand auf der Tagesordnung! Dies war der Höhepunkt des Astronomiekurses auf den wir lange gewartet haben. Wir freuten uns sehr und waren auch schon ein bisschen aufgeregt.

Nach dem kraft spendenden Frühstück trafen wir uns alle mit Rucksäcken und Digitalkameras bewaffnet vor dem LSZU II, und dann ging es gleich los. Zuerst liefen wir zum Adelsheimer Bahnhof und von dort ging es mit der Bahn über Osterburken nach Stuttgart. Dort angekommen, fuhren wir mit der S-Bahn zur Technischen Universität, in der sich das Deutsche Sofia Institut befindet. Nach einem kleinen Spaziergang über den Campus betraten wir dann das Institut für Luft- und Raumfahrtssysteme, wo wir von Frau Dr. Dörte Mehler herzlich begrüßt wurden. Sie hielt einen interessanten Vortrag über das SOFIA-Projekt und über weitere Projekte des Instituts. Darauf gingen wir in eine Werkhalle, in dem uns Dr. Stefan Löhle einiges über Raketenantriebe und Wiedereintrittsexperimente berichtete. Wir waren erstaunt, als wir die großen Kammern sahen, in denen die Verhältnisse in den Atmosphären der Erde und der anderen Planeten simuliert werden (siehe Abb. 24).

Danach wechselten wir den Raum und kamen zu Stefan Belz, einem Ingenieur, der uns an Versuchen die Funktion von Brennstoffzellen erklärte. Wir waren alle begeistert, als er uns ein Modellauto mit Wasserstoffantrieb zeigte,



Abbildung 24: Maschinen im Institut für Raumfahrtssysteme Stuttgart zur Simulation der Bedingungen beim Eintritt von Satelliten in Planetenatmosphären.

das über den ganzen Tisch fuhr. Nach diesen tollen Experimenten gingen wir dann zu Uwe Putze, einem weiteren Ingenieur, der uns sein Projekt, den Stuttgarter Adler, erklärte. Das ist ein kleines ferngesteuertes Flugzeug, das über ganz Stuttgart fliegt und Fotos aus der Luft macht.



Abbildung 25: Stuttgarter Adler.

Er ließ uns mithilfe eines Beamers ein Modellflugzeug virtuell fliegen, und somit konnte jeder sein Geschick unter Beweis stellen. Das hat uns viel Spaß gemacht, und wir haben sehr viel über die virtuellen Flugzeugabstürze gelacht. Nach diesem Simulationsspiel gingen wir zum Ingenieur Jochen Noll, der uns einiges über

Raumstationen im Weltall erzählte, insbesondere über die Internationale Raumstation (ISS). Er erklärte uns auch, was die Astronauten alles beachten müssen, um mit ihrer Sojus-Kapsel erfolgreich an die ISS andocken zu können. Dazu standen zwei Computer bereit, mit denen wir das Andocken an die ISS mit Hilfe eines Simulationsspiels übten, was sich als sehr schwer erwies.



Abbildung 26: Daniela dockt das Sojus-Raumschiff am Simulator an die ISS an.

Abschließend hatten wir die Gelegenheit, Fragen, die uns brennend interessierten, an Frau Mehlert und die Ingenieure zu stellen. Wir bedankten uns ganz herzlich und im Laufschrift ging es dann zur S-Bahn, mit der wir dann zum Stuttgarter Hauptbahnhof zurück fuhren. Von dort aus ging es nach Adelsheim zurück zum Eckenberg-Gymnasium. Wir kamen gerade noch rechtzeitig zum Abendessen. Dieser Tag, der viel Spaß und Interessantes beinhaltet hat, war ein voller Erfolg!

Der Sternenhimmel

MARTIN SCHIMASSEK, UMUT YILDIZ

Die Menschen waren schon seit Anbeginn des Denkens am Sternhimmel interessiert, da vieles für sie unerklärbar war. Daher versuchten die Menschen ihren Glauben bzw. ihre Götter darin wiederzuerkennen. So fassten die alten Griechen Sterne zu Sternkonstellationen zusammen.

Geschichten

Es ist nicht nur sinnvoll Geschichten über Sternbilder zu kennen, um sich ein besseres Bild der Menschen im Altertum zu machen, sondern sie helfen auch, die Sternbilder zu erkennen. So z. B. in der Geschichte von den Bären:

Die Nymphe Kallisto sah einst die griechische Jagdgöttin Artemis mit ihrem Gefolge fröhlich und heiter durch den Wald laufen und wollte daran teilnehmen. Dafür musste sie schwören eine Jungfrau zu bleiben. Zeus hatte jedoch an ihr Gefallen gefunden, und als sie sich einmal im Wald verirrt, nahm Zeus die Gestalt von Artemis an und begab sich zu ihr. Sie fürchtete sich von nun an vor Artemis, weil sie den Schwur gebrochen hatte. Deshalb lebte sie nun allein und gebar einen Sohn, dem sie den Namen Arkas gab. Hera, die Gemahlin Zeus, hatte alles beobachtet. Die Wut ergriff sie und daraufhin verwandelte sie Kallisto in eine Bärin. Eines Tages trafen sich der inzwischen groß gewordene Sohn und die Bärin an einem Brunnen. Die Bärin hatte inzwischen einen kleinen Bären bei sich. Aber Arkas wusste nichts von seiner Mutter und wollte die Bärin erschlagen. Zeus, der die Ereignisse beobachtete, versetzte sie alle als Sternbilder in den Himmel.

Sternbilder

Wenn man nun in den Nachthimmel schaut sieht man die Große Bärin den Kleinen Bären und den Bärenhüter nah beieinander. Die mit roten Pfeilen markierten Sternbilder sind die Sternbilder der vorher erzählten Geschichte. Mit einigen kleinen Tricks sind auch sie leicht zu finden.

Die markanteste Gruppe im Sternbild der Großen Bärin ist wohl der Große Wagen, denn seine Sterne sind heller als die anderen. (Der Große Wagen ist nur ein Teil eines Sternbildes, kein eigenes Sternbild!)

Durch fünfmalige Verlängerung der 2 hinteren „Kastensterne“ des Großen Wagens kommt man zum hellsten Stern (Alpha-Stern) des Kleinen Bären, dem Polarstern. Er bildet die Spitze der Deichsel des Kleinen Wagens. Den Bärenhüter findet man, indem man den Deichsel-

schwung (Krümmung der Deichsel) des Großen Wagens verlängert. Auf diese Weise kommt man zu einem relativ hellen, rötlichen Stern: Arktur, dem Alpha-Stern des Bärenhüters.

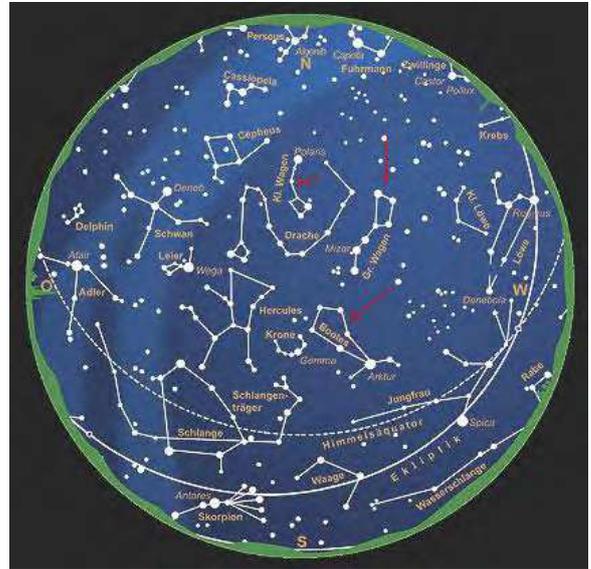


Abbildung 27: Der sichtbare Sternenhimmel für unsere geografische Breite Mitte Juni am Abend.

Orientierung

Die Navigation war schon früher, vor allem für Seefahrer, ein Problem. Erst nach einiger Zeit bemerkten sie, dass man am Himmel geometrische Hilfen finden kann. Sie fanden heraus, dass man in Richtung Norden segelt, wenn man in Richtung des Polarsterns fuhr.

Geometrische Figuren sind einprägsam und helfen, die Sternbilder zu finden. Dazu nimmt man helle Sterne, weil diese eher ins Auge stechen. So gibt es z. B. das Herbstviereck (Abb. 28) oder das Sommerdreieck (Abb. 29).

Die Sterne im Herbstviereck gehören zum Pegasus und zur Andromeda, zwei Sternbildern am Herbsthimmel. Hierbei gehört der Stern im Bild links oben (Alpheratz) zur Andromeda, die anderen zum Pegasus. Ihre Namen sind nicht allzu bekannt, denn sie sind nicht allzu hell.

Das Sommerdreieck besteht aus 3 besonders hellen Sternen: Deneb im Schwan (links oben), Atair im Adler (unten) und Wega in der Leier. Zudem gibt es noch das Frühlingsdreieck und das Wintersechseck.



Abbildung 28: Herbstviereck.



Abbildung 30: Andromedagalaxie.



Abbildung 29: Sommerdreieck.

Besondere Objekte

Am Himmel gibt es Objekte, die man nicht alle Tage zu Gesicht bekommt, so kann man z. B. nur wenn es dunkel genug ist, die Andromedagalaxie mit bloßem Auge oder genauer mit dem Fernglas beobachten.

Ein weiteres Objekt, das man während der Akademie 2008 beobachten konnte war der Planet Uranus. Er ist gerade für uns IR-Astronomen etwas Besonderes. Der Entdecker des Infraroten W. Herschel beobachtete ein Objekt monatelang, weil er einen Kometen entdecken wollte, um sich einen Namen in der Astronomie zu machen. Er merkte aber nach einiger Zeit, dass es kein Komet war, es war ein Planet, Uranus.

Es ist nicht einfach Uranus zu finden, da er relativ lichtschwach ist. Während der Akademie war er im Wassermann zu sehen. Dort gibt es ein markantes Dreieck aus Sternen, von dem man nach „links oben“ gehend den Uranus sehen kann. Es war nicht der von uns erwartete blaue Planet, sondern ein schwach leuchtender Punkt.

Ein Blick in den Himmel lohnt sich immer, es ist eine schöne Herausforderung, die Sternbilder zu suchen und zu finden. Außerdem ist es immer wieder erstaunlich, wie viel man am Sternenhimmel sehen kann, wenn man nur will.

Nachtwanderung

LASSE WURZEL UND NICO RÖCK

„Es ist die Sprache geheimnisvoller Zeichen und Vorbedeutungen - die Eingebung der Götter - ganz durchgeistigt. Sollten am Ende die Bewohner irgendeiner anderen Welt, des Mars, die über gewaltige Kräfte verfügen, auf diese Weise unseren Erdball mit feurigen Symbolen umgeben, mit einer goldenen Schrift, zu deren Entzifferung wir nicht den Schlüssel besitzen?“

So beschrieb Robert Scott, ein berühmter Forscher und Abenteurer, den Nachthimmel. Funkelnd, mit Sternenlicht übersät und klar wie Quellwasser könnte man den Himmel über Adelsheim an jenem Samstag in der Mitte der Akademiezeit beschreiben, an dem wir, die Teilnehmer des Astronomie-Kurses, unsere Nacht-

wanderung anboten. Im Vorfeld hatten wir viel über die Sternbilder, ihre Beziehungen untereinander und die Jahrtausende alten griechischen Mythen und Geschichten der Sternkonstellationen gelernt. Wir lernten jedoch nicht nur etwas über die Anwendung der Sternbilder in der Nautik, so kann z.B. mit einem Sextanten der Standort mithilfe der Sterne bestimmt werden. Wir erfuhren auch, wie Sterne entstehen und vergehen.

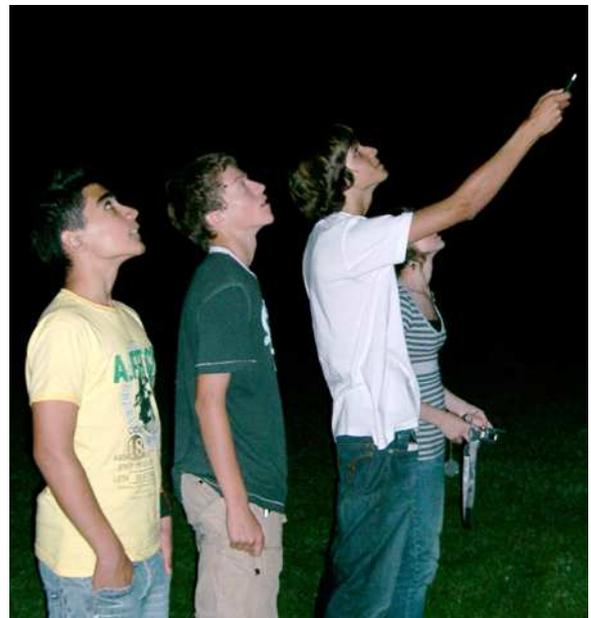


Abbildung 31: Route der Nachtwanderung über den Eckenberg bei Adelsheim.

All dieses Wissen wollten wir natürlich auch an die anderen weitergeben und ihnen mit unserer Nachtwanderung einen Einblick in unsere Kursarbeit und die Astronomie geben. Dazu führten jeweils zwei Teilnehmer unseres Kurses eine Gruppe von etwa 15 Leuten.

Als es endlich dunkel genug war, gegen 21 Uhr, konnte die erste Gruppe starten. Diese Gruppe war allerdings eine besondere Gruppe, denn sie war für unsere chinesischen Freunde bestimmt und wurde deshalb auf Englisch durch die Nacht geführt. Am Anfang hatten die Lei-

ter dieser Gruppe, Lasse und Unmut, noch ein wenig Bedenken, denn es war sehr schwierig, die Geschichten und Sternbilder auf Englisch zu erklären und zu übersetzen. Doch es funktionierte sehr gut, da die Chinesen ein breites Grundwissen mitbrachten. So kannten sie beispielsweise sämtliche griechischen Götter und Göttinnen, die in den Geschichten der Sternbilder eine wesentliche Rolle spielen. Begeistert von den Geschichten, die sie teilweise zweimal hören wollten, erklärten die Chinesen aber auch ihre Sternbilder und deren Geschichten. Es war sehr interessant, denn die Chinesen sehen ganz andere Bilder und Formen in den Sternen als wir.



Inzwischen waren auch die anderen Gruppen, die später gestartet waren, durch den Waldweg zur großen Lichtung gelangt, bis auf eine Gruppe, die sich verlaufen hatte und in einem Dorf stand. Sie fanden dann jedoch ohne Hilfe wieder zum Akademiegelände zurück und erklärten den Teilnehmern, statt auf der Lichtung, auf dem Weg die Sternbilder und Geschichten. Trotzdem muss man sagen, dass es die anderen Gruppen auf der Lichtung gemüthlicher hatten, denn dort hatten unsere Kursleiter Decken ausgelegt, auf die man sich setzen und entspannt den Geschichten und Erklärungen lauschen, in den Nachthimmel schauen und sich entspannen konnte. Hinzu kam, dass in dieser Nacht Neumond war und nur wenige Wolken den Himmel bedeckten, sodass man

eine gute Sicht auf die Sterne hatte. Auch die Milchstraße konnte man besonders deutlich sehen.

Vor allem unsere chinesischen Gäste waren vom Nachthimmel begeistert, denn sie sagten, dass man in ihrer Heimat (Großstadt) wenn man Glück hätte, nur einen Stern am Himmel sehe und die Milchstraße nie so deutlich erkennen könne. Doch die vielen Sterne machten es auch für uns schwieriger, den anderen die Sternbilder zu zeigen, denn es waren nicht nur hellere, sondern auch lichtschwächere Sterne sichtbar. Abhilfe verschafften da manchmal aber auch Flugzeuge, die wir, wenn sie an der richtigen Position waren, teilweise auch zum Zeigen benutzten.

Um jedoch Objekte am Himmel genauer zu betrachten, reichte das bloße Auge oder auch ein Fernglas oft nicht aus, daher hatten unsere Kursleiter das große Fernrohr mit auf die Lichtung gebracht und jeder durfte einmal den Jupiter ein bisschen genauer betrachten. Da viele noch mehr sehen wollten, stellte unser netter Schülermentor dann auch noch das Fernrohr auf die Andromedagalaxie ein. Doch schließlich war es sehr spät geworden und so machten sich dann auch die Letzten auf den Weg zurück zum Akademiegelände. Glücklicherweise und um viele Erfahrungen reicher, aber auch müde, waren kurz vor 1 Uhr alle Gruppen wieder zurückgekehrt. Die Teilnehmer lernten viel über die Sternbilder und ihre Geschichten. Auch die Gäste aus Fernost waren eine große Bereicherung. Für uns, die Teilnehmer des Astronomie-Kurses, aber auch für alle anderen und die Chinesen war diese Nachtwanderung ein voller Erfolg, denn jeder konnte am Schluss neue Eindrücke mitnehmen.

Wir vom Astrokurs

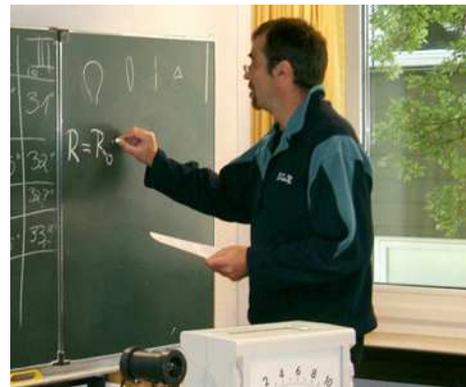
Cecilia:

Cecilia hat für die Leidenschaft gesorgt, sowohl im Kurs als auch beim Tanzen. Durch sie haben wir auch viele Venezuelanische Bräuche kennen gelernt. Ihre kleinen Diskussionen mit Olaf über HERSCHEL und SOFIA haben uns alle unterhalten.



Olaf:

Egal, was wir versucht haben, wir konnten ihn nicht aus der Ruhe bringen. Seine Begeisterung ist auf uns alle übergesprungen - Widerstand war zwecklos! Vor allem sein Laser beim nächtlichen Sternegucken hat es uns angetan!



Sebastian:

Der gute Geist mit dem großen Herz und dem breitesten Grinsen. Er hat uns alle mit seinem Schauspieltalent begeistert. Sein Gang - unverwechselbar, seine nächtlichen Tänze - legendär.



Adrian:

Während andere arbeiten, hat er die Ruhe, eine Folge seiner Lieblingsserie „Simpsons“ an-

zuschauen. Den Kurs hat er immer mit seinen lustigen Grimassen aufgeheitert. Auch mit seinem Handy, denn das hat während des Kurses geklingelt. Wenn er das nicht gemacht hat, hat er sich mit Nico und dem Stellarium beschäftigt oder grandiose Beiträge zum Kursthema gemacht. Und er weiß, wie man gerecht ist, denn das übt er am Wochenende als Schiedsrichter.



Corinna:

Unsere kleine Corinna ist zwar erst etwas später zu uns gekommen, stand uns aber deswegen in nichts nach. Oft war sie sehr verpennt, das sah aber ganz süß aus, und selbst dann war sie nett.



Daniela:

Sie guckt zwar wie ein scheues Reh, ist aber auch nicht auf den Mund gefallen. Auch beim Tanzen gibt sie eine gute Figur ab. Ihr Spezialgebiet am Sternenhimmel ist Herkules: Sie findet ihn immer und überall, auch wenn er von Wolken bedeckt ist. Sie ist wie ein kleines Kind von allem zu begeistern.



Franziska:

Sie ist klein, aber oho! Sie war immer sehr aufgeschlossen und freundlich und hat viel zum Gelingen des Kurses beigetragen.



Stipe:

Auch auf ihn passt das Sprichwort: Stille Wasser sind tief. Sein verdecktes Tanz- und Kommunikationstalent kam erst später zum Vorschein, aber dann hat der „Handballgott“ richtig losgelegt. Aber leider kamen wir nicht oft



in den Genuss seiner wahren „Muttersprache“: dem urtiefen Schwäbisch. Seine Spezialwitze und das Wikipedia-Spektrum haben uns alle zum Lachen gebracht. Nach dem nächtli-

chen Sternegucken stolperte er fast über einen „Iridium-Igel“, der auf dem Campus „sein Unwesen“ trieb!

Lasse:

Stille Wasser sind tief ... Obwohl er ein Pfadfinder ist, fand er den Pfad bei der Nachtwanderung nicht. Aber da war er ja nicht der einzige, denn sein Teamkollege hat den Pfad auch nicht gefunden, und auch ein paar andere Gruppen der hochbegabten Juniorakademiker haben sich im dunklen Wald verirrt.



Martin:

Unser Elektronikexperte baut zu Hause Infrarotroboter und IR-Lichtschranken und verwirrt uns stets mit seinen Fachbegriffen („den Draht an Masse anschließen“ ; deutsche Übersetzung: „An den Minuspol“ ; Martin-Deutsch, Deutsch-Martin). Auch für die Aussprache mancher Wörter bräuchte man einen Übersetzer.



Max:

„Joooa ... “ ;der waschechte Schwoob mit dem einzig wahren Schwoobedialekt. Kann auf alle erdenklichen Arten NIR photographieren und das auch lang und breit erklären ... Ohne ihn und seine grandiosen Deutschkenntnisse wä-

re dieses Dokument mit Fehlern übersät. Was man auf jeden Fall noch über ihn erwähnen muss, ist seine Teilnahme an der Jonglier-KüA - wirklich zirkusreif!



Melina:

Unsere Melli ist nicht nur eine Sports-, sondern auch eine Stimmungskanone, mit der man einfach jede Menge Spaß haben kann. Ob bei einem spannenden Volleyballspiel, einem heißen Tanz oder beim einfachen Sternegucken - Melli ist immer dabei und kaum zu bremsen! Nicht zu vergessen hat sie zu allem immer einen tollen Kommentar auf Lager!



Nico:

Trotz seines enormen Fachwissens ist er nicht abgehoben und ist sehr hilfsbereit und immer für einen da. Durch sein Engagement sind uns viele tolle Projekte gelungen. Außerdem ist er das super Sportass und seine Riesenschramme hat ihn nicht davon abgehalten beim Sportfest vollen Einsatz für sein Team zu zeigen.

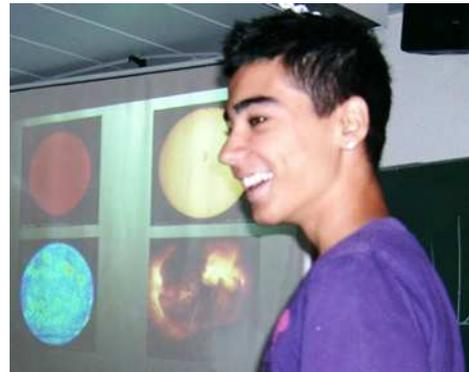


Umut:

Er vertritt seinen Standpunkt mit allem was geht, akzeptiert aber auch die Meinungen anderer, wenn sie es schaffen, zu Wort zu kommen und ihn zu überzeugen, aber das ist schon eine schwere Aufgabe. Eine andere tolle Eigenschaft von ihm ist auch seine Geduld, denn er erklärt der lieben Melli die Sachen auch 3-mal, wenn's sein muss. Gut gestylt gibt er zu allem einen Kommentar ab. Aber er hat ein sehr großes Herz und verzeiht Fehler gern, wenn man ihn darum bittet.

Nina:

Der Superstar hat es nicht nur im Schwimmen drauf, sondern auch in der Schule, deswegen ist sie ja hier. Sie stand uns immer mit Rat und Tat zur Seite und hat sich gut mit in den Kurs eingebracht. Mit ihrer entspannten und lockeren Art kann man mit ihr viel Spaß haben!



”Über chinesische Postboten, Routenplaner und eingefärbte Landkarten“

– Eine Einführung in die Graphentheorie

KARIMA BENIMMAR, TINA SCHMIDT,
DANIEL JUNGBLUT

Wie organisiert man Einbahnstraßensysteme sinnvoll? Ist es möglich über jede der sieben Königsberger Brücken genau einmal zu gehen und wieder zu Hause anzukommen? Warum ist in einer geschlossenen Gesellschaft die Anzahl der Personen, die einer ungeraden Anzahl an anderen Gästen die Hand schüttelt, immer gerade?

Diese und viele weitere realitätsnahe Probleme können mit Hilfe von graphentheoretischen Ansätzen mathematisch untersucht werden. Ein Graph besteht aus Knoten und Kanten, die diese Knoten miteinander verbinden. Beispielsweise werden bei der Routenplanung Städte durch Knoten und Straßen durch Kanten dargestellt. Beim „Königsberger Brückenproblem“ hingegen interpretiert man die Stadtteile als Knoten und die Brücken als Kanten. Mit Hilfe der Mathematik lassen sich zentrale Aussagen über Graphen beweisen, so dass diese praktisch motivierten Probleme gelöst werden können. Viele Algorithmen (genaue Rechenvorschriften) aus der Graphentheorie finden in unserem täglichen Leben Anwendung, wie zum Beispiel bei Routenplanern oder beim Erstellen von Stundenplänen. Einige dieser Algorithmen können leicht programmiert werden, was in diesem Kurs auch nachvollzogen wurde. Andere Probleme sind aber bis heute ungelöst und Bestandteil aktueller Forschung.

An dieser Stelle möchten wir uns bei unseren Teilnehmern recht herzlich bedanken für zwei wunderschöne Wochen Sommerakademie. Der dank unserer chinesischen Teilnehmer auf Englisch statt gefundene Kurs wird uns sicherlich lange in Erinnerung bleiben. Wir hoffen

die Teilnehmer mit unserer Faszination für Mathematik angesteckt zu haben und würden uns freuen, wenn dieser Kurs sie dazu inspiriert hat, sich weiterhin mit Mathematik zu beschäftigen.

Vorbereitungswochenende

MAREN BECK

Vom 13. Juni bis zum 15. Juni fand das Vorbereitungswochenende der Science Academy 2008 in Adelsheim statt.

Wie der Titel schon sagt, haben wir uns im Kurs „Graph Theory“ (Dt.: Graphentheorie) auf die Sommerakademie vorbereitet. Wir haben zunächst verschiedene Beweisverfahren kennen gelernt, die für die Sommerakademie nützlich waren:

- Direkter Beweis
- Indirekter Beweis
- Widerspruchsbeweis
- Äquivalenzbeweis
- Zirkelschluss
- Vollständige Induktion

Die chinesischen Gastschüler waren zwar noch nicht da, doch der Kurs fand bereits die meiste Zeit auf Englisch statt. Um im Sommer graphentheoretische Algorithmen programmieren zu können, bekamen wir beim Vorbereitungswochenende eine kleine Einweisung in die Programmiersprache C++. In der Zeit bis zur Sommerakademie erhielten wir im Abstand von 14 Tagen Arbeitsblätter. Diese beinhalteten jeweils Aufgaben zum Programmieren und den gelernten Beweistechniken.



Die Atmosphäre im Kurs

MAREN BECK

Der Unterricht

Der Kurs wurde wegen unseren chinesischen Gastschülern auf Englisch gehalten. Am Anfang war es eine Umstellung, doch mit der Zeit wurde es ganz normal. Wir waren uns einig, die Präsentationen (Rotation, Abschluss) auf Englisch zu halten, denn im Deutschen hätten uns manchmal einfach die Worte gefehlt. Auch die Dokumentation wurde größtenteils auf Englisch verfasst. Einige Sachen wurden auch auf Deutsch erklärt, aber der restliche Kurs war auf Englisch. Allgemein war die Unterrichtsatmosphäre richtig gut und wir hatten auch oft viel zu Lachen.



Spaß im Kursraum.

Vor der Rotation und der Abschlusspräsentation war es dann ein bisschen anstrengender, da alles rechtzeitig fertig werden musste. Doch trotz aller Aufregung hat es gut geklappt.

Unsere chinesischen Gäste

Wir, die deutschen Teilnehmer, kannten uns schon vom Vorbereitungswochenende. Doch in der Sommerakademie kamen noch unsere chinesischen Freunde Stella, Blues, Jack und Susan dazu.



Unsere chinesischen Gastschüler bei der Arbeit.

Trotz der verschiedenen Kulturen fanden wir sehr schnell zusammen und unterhielten uns viel auf Englisch. Am Ende merkte man überhaupt nicht mehr, dass sie aus einem ganz anderen Land kommen.



Auch beim Ausflug nach Heidelberg, was natürlich für die Chinesen eine ganz besondere Erfahrung war, zeigten sie große Begeisterung. Ich glaube, wir werden unsere gemeinsame Zeit bei der Science Academy nie vergessen.

Wir – Der Graphentheoriekurs!

LISA BITTERICH

Die Leiter:

Sind alle drei ständig am Kekse Essen.

Daniel Jungblut – Unser Chef

Sein Unterricht war anspruchsvoll, trotzdem war er immer für einen Spaß zu haben. Selbst wenn wir uns über sein Tafelbild lustig machten, blieb er gut gelaunt. Hin und wieder vergaß er mal einen Buchstaben oder ein Wort, worauf wir ihn gerne hinwiesen. Dafür war er im Programmieren unschlagbar!



Tina Schmidt – Unser Englischwörterbuch

Wenn sie gerade nicht selbst an der Tafel stand, schrieb sie immer auf Plakaten mit, die sie dann später an die Wand hängte. Selbst wenn wir einen Beweis oder ein Problem nach dem dritten Mal Erklären nicht verstanden hatten, blieb sie verständnisvoll. Dass sie die Lage voll im Griff hatte, bewies sie nicht nur im Kurs, sondern auch als (unsere Graphentheorie-Liebings-)Nachtaufsicht.

Karima Benimmar – Unsere Fotografin

Auch sie schrieb manchmal zu viele oder zu wenige Wörter an die Tafel. Sie blieb immer lustig und nett und was wir ihr ganz hoch anrechnen: Am Ausflugstag ging es ihr gar nicht



gut, sie fuhr aber trotzdem mit uns nach Heidelberg.



Die Teilnehmer

Maren Beck – Unsere Fußballerin

„Daniel, können wir jetzt Pause machen? Ich will wissen, wie Stuttgart gespielt hat.“ Ja, das ist die Maren. Immer voll dabei, wenn es um Sport geht, selbst wenn ihr Knie dick davon wird. An Diskussionen beteiligte sie sich gerne, aber lieber auf Deutsch als auf Englisch.

Marvin Becker – Unser Gerne-Lacher

Dass er ein ziemlich lustiger Typ ist, merkten wir schnell, da er gerne lachte oder zumindest vor sich hin grinste. In der Gemeinschaft half er viel mit, und selbst den Müll brachte er gerne raus.

Hanna Binder

– Unser Gute-Laune-Mensch

Sie lacht viel, gerne, oft und über alles. Nur über Bayern München kann sie nicht lachen, da sie ein eingefleischter VfB-Fan ist.

Lisa Bitterich

– Unsere Chinesenunterhalterin

In einer Gruppenarbeit versuchte sie uns so gut wie möglich ans Ziel zu führen. Außerdem achtete sie darauf, dass auch die Chinesen einbezogen wurden und so viel wie möglich Englisch gesprochen wurde. Aber nicht nur bei der Gruppenarbeit war sie eine große Hilfe. Sie versuchte uns so gut es ging zu helfen, wenn wir Fragen hatten und schenkte jedem ein Lächeln, der sie anschaute.

Felix Dörre – Unser Programmiergenie

Er ist ein richtiger Computermensch und hatte auch schon Vorkenntnisse im Programmieren. Trotzdem half er den „weniger Computerbegabten“ gerne und bewies dabei, dass er sehr gut erklären kann.



Tobias Hocke

– Unser Colaflaschen- bzw. Laptopmann

Er ist extrem computerbegeistert und war auch für alles zuständig, was irgendwie mit Multi-Media zu tun hatte. Trotz seiner guten Vorkenntnisse brauchte er hin und wieder eine Gemüsesuppen- oder Kabapause.

Nico Modenese – Unser Harry Potter

Er war im Kurs eher ruhig, sobald er aber etwas erklärte, machte er es richtig gut. Er blieb immer freundlich und ging an die Aufgaben sehr ernst heran.

Marcel Schnirring – Unser Bayern-Fan

Mit ihm war der Kurs immer lustig. Beim Programmieren war er immer ganz vorne dabei, deshalb war es auch besser, wenn man ihn dabei nicht störte.

Carmen Streibel

– Unsere Colatrinkerin auf Kaffeentzug

Sie lachte viel und gerne und manchmal konnte sie gar nicht mehr aufhören. Im Kurs hatte sie viele Ideen und arbeitete aktiv mit, nur Programmieren mochte sie nicht so gerne. Wenn ein Großteil von uns in den Computerraum ging, beschäftigte sie sich lieber weiter mit Mathematik.

Julia Werle – Unsere Blockanmalerin

Sie war auch eine von denen, die gerne Joggen gingen, wovon sie Muskelkater in den Armen bekam!? Während der Akademie war sie oft am Lachen und immer hilfsbereit.

Die Chinesen:

Waren alle vier total nett.

Stella – Unser Shoppingfreak

Sie ist eine ganz Liebe und Nette. Dass sie richtig gut Englisch kann, bewies sie uns bei den Präsentationen, in denen sie ihren Part immer verständlich erklärte. Nur die Absprache, wann Blues die Folien weiterschalten sollte, funktionierte nicht so gut.

Susan – Unsere „Peace“-Wünscherin

Sie ist auch sehr sportlich (Tanzen, Kung Fu). Wenn man mit ihr redete, konnte man sicher sein, dass sie irgendwann „Oooh“ sagen würde, außerdem lachte sie sehr viel und war ständig am Fotografieren.

Blues – Unser Sänger

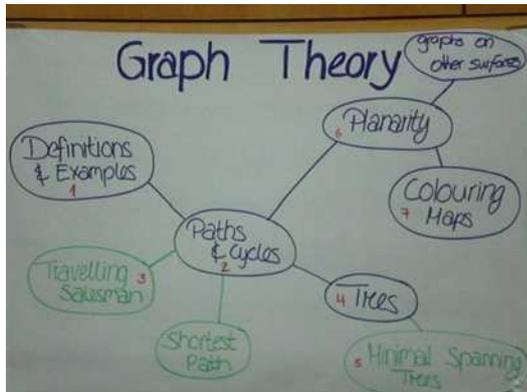
Er war der einzige Chinese, der mit uns programmierte. Außerdem kann er ein bisschen Pen-Spinning und lacht sehr gerne. „And don't forget my elephant.“

Jack – Unser Süßigkeitenkäufer

Alarmanlagenauslöser, 5-fache Nachtschicht-Bediener, Coole-Aussprache-Haber, In-den-unpassendsten-Momenten-auf-Klo-Müsser. Er war immer für einen Lacher gut.

Basics

CARMEN STREIBEL



Course contents represented as a graph.

In our course, we used graphs to solve abstract as well as practical problems.

What is a Graph?

A graph consists of points, called *vertices* (singular: a vertex) and lines, called *edges*. When there is more than one edge connecting two vertices, we call them *multiple edges*. An edge can also connect a vertex with itself, which is called a *loop*.

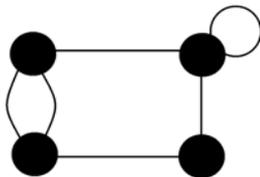


Figure 1: A graph with a multiple edge (left) and a loop (right).

Two vertices which are connected by an edge are called adjacent. An edge which starts or ends at a vertex is called incident to that vertex. The total number of incident edges of a vertex is called its *degree*. For example, a vertex which is incident to three edges has degree three; see figure 2 for an example. Two adjacent vertices are called neighbours.

An important basic result of graph theory is the Handshaking Lemma: In any graph, the sum of all vertex-degrees is an even number, namely twice the number of edges. This was proved by Leonhard Euler in 1736.

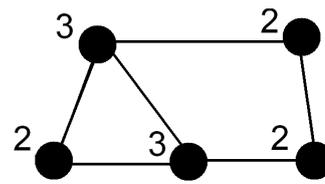


Figure 2: Vertex degrees.

Different Types of Graphs:

A graph is either *connected* or *disconnected*. A disconnected graph consists of at least two disjoint graphs, each of which is called a component. The vertices of different components are not connected by any edge. A connected graph cannot be expressed as the union of disjoint graphs.

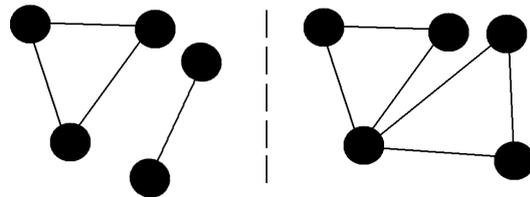


Figure 3: Left: A disconnected graph. Right: A connected graph.

A graph is called *simple*, if it contains no multiple edges and no loops. Otherwise, the graph is called *non-simple*.

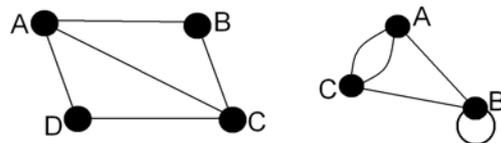


Figure 4: Left: A simple graph. Right: A non-simple graph.

Special Graphs

In a *complete graph*, each vertex is connected to every other vertex. K_n is used to denote the complete graph on n vertices.

In a *cycle graph*, all vertices have degree two. You can draw it like a real cycle, but also different as shown in figure 6:

In a *bipartite graph*, the set of vertices can be split into two subsets. To denote these two subsets, the vertices are coloured black and white. An edge of a bipartite graph always

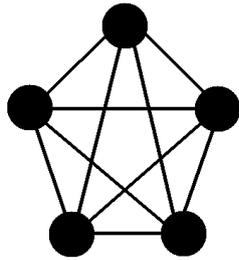


Figure 5: The complete graph on five vertices.

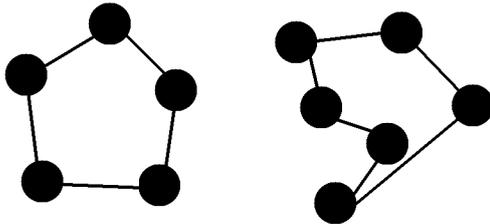


Figure 6: Different cycle graphs.

connects a black and a white vertex. There are no edges between white vertices and none between black vertices.

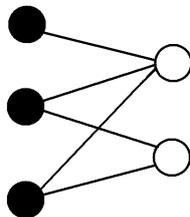


Figure 7: A bipartite graph.

In a *complete bipartite graph*, each white vertex is adjacent to each black vertex and vice versa. This graph is denoted by $K_{n,m}$. n and m denote the number of black and white vertices respectively.

In a *weighted graph*, each edge has an associated number, called its weight. Weighted graphs can be used to model practical problems, for example: To find the shortest way between two cities, a graph's vertices can stand for the cities and the weights on its edges denote the distances between them.

The vertices can also refer to subway stations and the weights to the price of the ticket between those stations. Then, the aim would be to find the cheapest way from one station to another one.

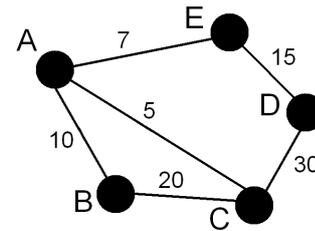


Figure 8: A weighted graph.

The so called “Travelling Salesman Problem” (TSP) is to find the shortest *tour* to visit every vertex of a complete weighted graph exactly once. The vertices represent airports for example, and you want to visit all cities, minimizing the travelling time.

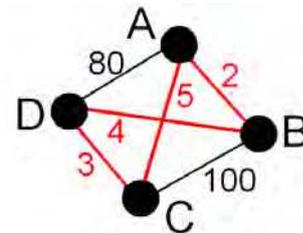


Figure 9: Solution of the Travelling Salesman Problem.

Paths and Cycles

MARCEL SCHNIRRING

In this part, different ways to “travel” through graphs are explained.

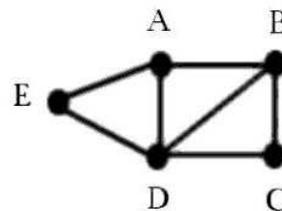


Figure 10: An example graph.

Walk

The simplest way to travel along the edges of a graph is a walk, where you can travel from one vertex to each adjacent vertex in an arbitrary order. For example in figure 10 $A \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow B$.

Trail

A trail is a special walk, in which it is forbidden to use an edge twice, for example $A \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow E$. The example above for a walk is not a trail, since the edge joining A and D is used twice.

Path

A path is a special trail in which every vertex can only be used once except the initial vertex, which can be the end vertex as well, for example $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$.

Closed Walks, Trails and Paths

Walks, trails and paths are called “closed”, if the initial and the end vertex are the same.

$B \rightarrow D \rightarrow C \rightarrow B$ is a closed walk, a closed trail and a closed path, whereas $E \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow D \rightarrow E$ is a closed walk, but not a closed trail, because vertex D and the edge joining A and D are used twice.

König’s Theorem

A graph is bipartite, if and only if the length of each cycle is even. To prove the equivalence in König’s Theorem, we have to prove the following two directions:

1. If G is bipartite, then each cycle is of even length („ \Rightarrow “).
2. If each cycle is of even length, then G is bipartite („ \Leftarrow “).

Proof:

„ \Rightarrow “ Let G be a bipartite graph. The vertex set can be split up into black and white vertices, so that each edge joins a black and a white vertex.

Walking along a cycle, one uses a black vertex after a white one was used and vice versa. To finish, one has to get back to the colour of the starting vertex. Therefore, the cycle must be of even length.

„ \Leftarrow “ **To show:** If every cycle in G is of even length, G is bipartite.

Assumption: G is connected. Otherwise, we can apply the proof to each component. Choose any vertex v . Look at the shortest paths

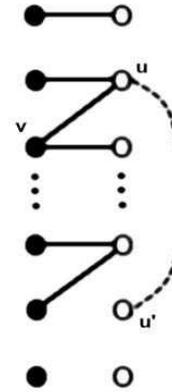


Figure 11

from v to all other vertices. Colour a vertex black, if the length of its shortest path to v is even (including v); colour a vertex white, if its distance to v is odd. Choose two white vertices u and u' . Choosing two black vertices is similar to the following deduction.

Assumption: G contains an edge uu' . Now look at the shortest paths from v to u and from v to u' . Let w be the first vertex which the paths uv and $u'v$ have in common. Now, we obtain the cycle: $wu, uu', u'w$. The lengths from w to u and from u' to w are either both even or both odd \Rightarrow the distance from u to u' using the paths uw and wu' is always even. Therefore, the cycle must be of odd length because of the $+1$ from the edge uu' , which contradicts the assumption, that every cycle is of even length. Hence, there cannot be an edge joining u and u' and the graph must be bipartite.

Theorem of Connectedness

We also proved in our course that, if there is a simple graph with n vertices, m edges and k components, then $n - k \leq m$.

Disconnecting Sets and Bridges

A disconnecting set (in figure 12 and figure 13 green) is any set of edges, whose removal disconnects the graph. A cutset (in figure 12 blue) is a minimal disconnecting set, so that none of its subsets is a disconnecting set.

A cutset with only one element is called a bridge (in figure 13 red).

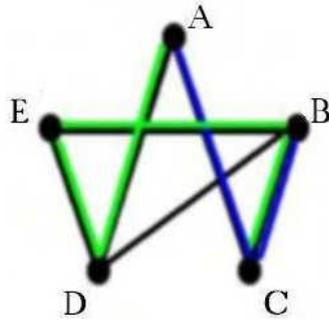


Figure 12

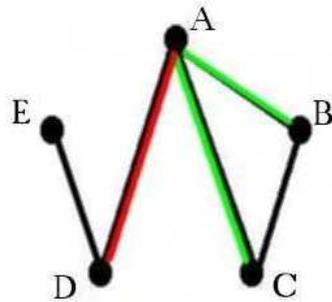


Figure 13

Eulerian Graphs

MARVIN BECKER

Euler

Leonhard Euler is one of the most important mathematicians of the eighteenth century. Among other things, he showed that it is not possible to walk through Königsberg with its seven bridges, while crossing each of the seven bridges exactly once and returning to the starting quarter.



Leonhard Euler's face can still be found on the ten Swiss Franc note.

Using graph theoretical methods, we proved his results during our course.

A graph is called Eulerian, if it contains a closed trail consisting of every edge exactly once. Practically, Eulerian means that you can draw

a graph without lifting your pen and drawing every edge exactly once, finishing at the vertex, at which you started.



Euler's Theorem:

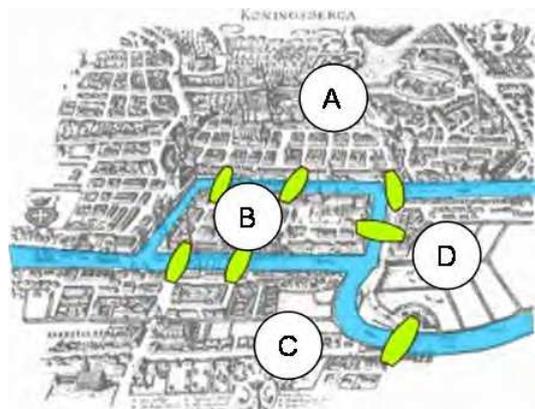
A graph is Eulerian, if and only if the degree of every vertex is even.

Proof:

„ \Rightarrow “ Assume G is Eulerian. Hence, it contains a closed Eulerian trail. Walking along this trail, one has to leave each entered vertex. So walking d -times through a vertex v , using the Eulerian trail, means that v has degree $2d$.

Therefore, every vertex must have even degree. This is the easy direction of the proof. Euler also proved the other direction, as we did in our course: If the degree of every vertex is even, the graph is Eulerian.

Königsberg Bridges Problem



A map of Königsberg with its quarters (A, B, C and D), its bridges (green) and the river (blue).

To abstract a graph out of the map of Königsberg, we represent the quarters as vertices. For each bridge an edge is drawn between the vertices corresponding to the quarters, which are connected by the bridge. Applying this method, we obtain the graph shown in figure 14.

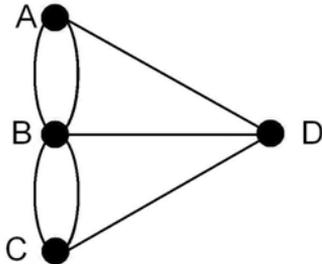


Figure 14: The bridges of Königsberg represented as a graph.

Looking at the degrees of the vertices, you can easily see that they are all odd. According to Euler’s theorem, you cannot walk through Königsberg passing every bridge exactly once.

Semi-Eulerian Graphs

Almost same as Eulerian graphs are semi-Eulerian graphs, where you walk along every edge exactly once, but start and end-vertex do not have to be the same. The house of Santa Claus is an example for a semi-Eulerian graph, because you can find a trail through every vertex but the start and end vertex are different.

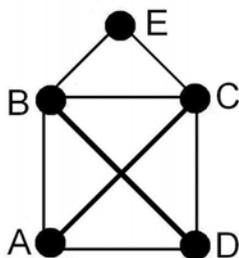


Figure 15: The house of Santa Claus.

A corollary derived from Euler’s Theorem: A graph is semi-Eulerian, if and only if at most two vertices are of odd degree.

Proof

„ \Rightarrow “ To show: If a graph is semi-Eulerian, it contains at most two vertices of odd degree.

If the graph is Eulerian, we are finished. In this case, all vertices have even degree. Otherwise, joining the start and the end vertex of the Eulerian trail by an edge, a closed Eulerian trail is obtained. Hence, all vertices of this graph are of even degree. By removing the added edge, we obtain the original graph, where exactly two vertices are of odd degree.

„ \Leftarrow “ To show: If a graph has at most two vertices of odd degree, it is semi-Eulerian.

If all vertices are of even degree, the graph is Eulerian. Otherwise, connecting the two vertices of odd degree by an extra edge, yields an Eulerian graph, since all vertices of this graph are of even degree. Hence, this graph contains a closed Eulerian trail. Removing the extra edge leaves an Eulerian trail, which shows that the original graph is semi-Eulerian.

Hamiltonian Graphs

NICO MODENESE

Hamiltonian Cycles

A closed path in a graph G , which passes every vertex exactly once, is called a Hamiltonian cycle.



Hamiltonian Graphs

A graph which contains a Hamiltonian cycle is called a Hamiltonian.

Examples

Unfortunately, there is no really “nice” characterization for Hamiltonian graphs as there is for Eulerian graphs. But there are some

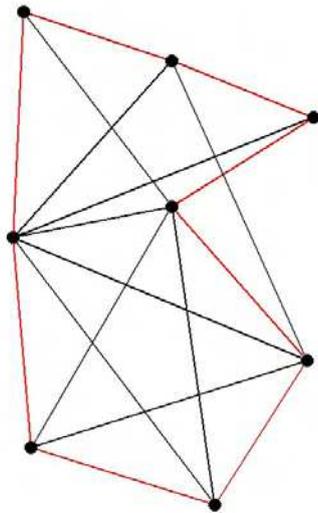


Figure 16: The red edges show a Hamiltonian cycle.

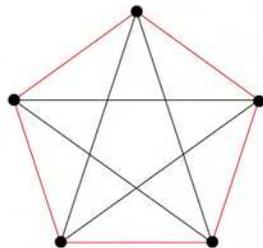


Figure 17: The red edges show a Hamiltonian cycle. The black edges show another Hamiltonian cycle.

theorems, which give sufficient conditions for a graph to be Hamiltonian.

Theorem (Ore):

Let G be a simple graph with $n \geq 3$ vertices. If $\deg(v) + \deg(w) \geq n$ for each pair of non-adjacent vertices v and w , then G is Hamiltonian.

Corollary (Dirac):

If G is a simple graph with $n \geq 3$ vertices, and if $\deg(v) \geq \frac{n}{2}$ for each vertex, then G is Hamiltonian.

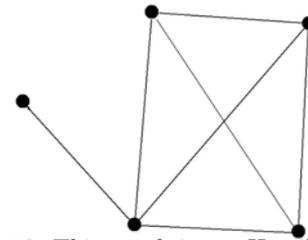


Figure 18: This graph is not Hamiltonian, since it contains a vertex of degree 1.

Shortest Path Algorithm

NICO MODENESE

We are looking for the shortest path between two vertices in a weighted graph.

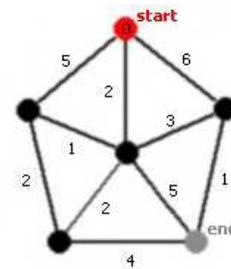


Figure 19

Idea of the Algorithm

We divide the vertices into two subsets: The visited vertices (red) and the non-visited vertices (black). At each step, the non-visited vertex with the shortest distance to the start vertex is added to the set of visited vertices. At the beginning, only the start vertex is in the set of visited vertices (coloured red). After adding a vertex v to the set of visited vertices, the distance from the start vertex to v is written in the vertex. This distance is the length of a shortest path from the start vertex to v . Since the number of vertices is finite, we must reach the end vertex eventually.

Example

First, we look for the shortest path in the graph, which starts at the start vertex. Since only the start vertex is visited in the beginning, the shortest edge, which is incident to it, is the first shortest path. We call this vertex v . We write the weight of the selected edge in v to denote the distance from the start vertex v .

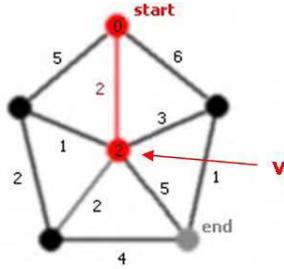


Figure 20

The next shortest path from the start vertex to any other unvisited vertex is obtained by using an edge, which is incident to v or the start vertex. The distance denoted in the end vertex of the next shortest path is calculated by adding the weight of the edge which connects this vertex to a visited vertex and the distance of the visited vertex.

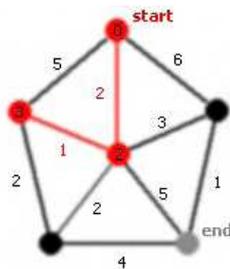


Figure 21

The next edge, which is coloured red in the example, is the one with the weight 1. Going on like this, the following shortest paths are obtained:

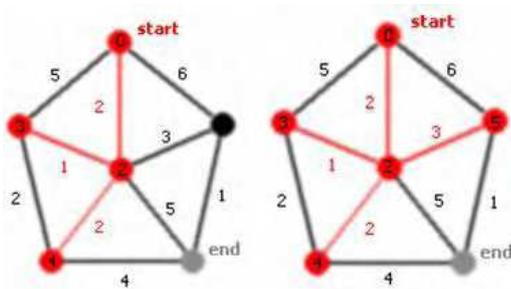


Figure 22

If a path reaches the end vertex, it is the required shortest path, because all shorter paths do not reach the end vertex. Other possible paths from the start to the end vertex must be longer. This algorithm is used in route planning systems for example.

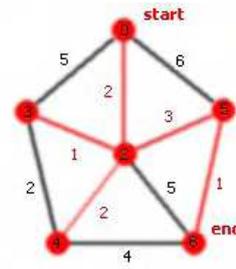


Figure 23

Travelling Salesman Problem

FELIX DÖRRE

The Travelling Salesman problem is about a salesman who wants to find the shortest tour to visit a couple of cities, where he wants to sell and buy goods. In our course, we talked about a similar problem: We wanted to find the shortest tour to visit all course members exactly once and return home. To model this problem, a complete graph is used. The weights denote the quantity, which is supposed to be minimized, such as the time needed to travel from one city to another, the travelling costs or the geographic distance.

Nearest Neighbour Algorithm

The nearest neighbour algorithm is used to find a short tour, to compare its length to other possible tours. In this algorithm, we start at one vertex and use the shortest incident edge to reach one of its neighbours. Then at this vertex, we use the shortest incident edge to a not yet visited vertex. This step is repeated until all vertices are visited. After that, the algorithm returns to the start vertex.

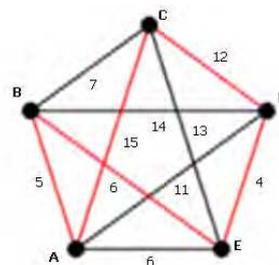


Figure 24: A weighted graph with the tour obtained by using the nearest neighbour algorithm starting at vertex A .

In the example shown in figure 24, A is the

starting vertex. The shortest edge incident to A has length 5 and joins vertex A to vertex B . Then, the edge incident to E is the shortest one, which is incident to B and an unvisited vertex. Next, the edge with weight 4 is chosen and determines D to be the next vertex of the tour. At D , we do not go back to A using the edge with weight 11, because A is already part of the tour. Instead, C is chosen to be the next vertex of the tour. From C we have to take the long distance of 15 back to A . This is the main problem of the algorithm: You have to use this last edge and its weight can be very high. Therefore, you cannot expect to get the shortest tour with the nearest neighbour algorithm.

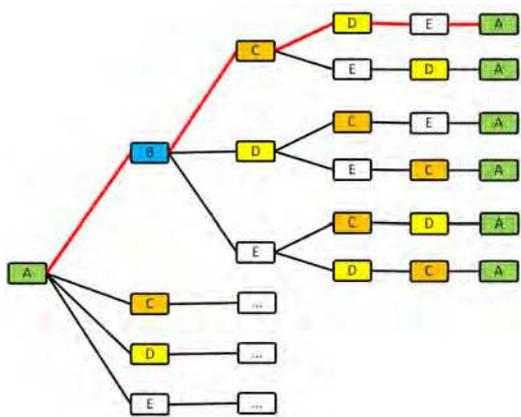
Solution

To determine the shortest tour, all possible tours need to be compared. Since there are

$$\frac{(n - 1)!}{2} = \frac{(n - 1) \cdot (n - 2) \cdot \dots \cdot 2 \cdot 1}{2}$$

possible tours in K_n , a computer is used to solve this problem. The computer checks all possible tours in a systematic way:

For example, from A one can go to B, C, D or E . Going to B , only C, D and E are left.



The searching tree with the actual shortest tour highlighted in red.

Comparing all possible tours needs a lot of time in relation to the number of cities involved.

Tour to Visit All Course Members

Using this procedure, we searched for the shortest tour to visit all our course members exactly once. So first, we have to create a complete graph whose vertices represent our home

towns. Its weights are the distances between the home towns.

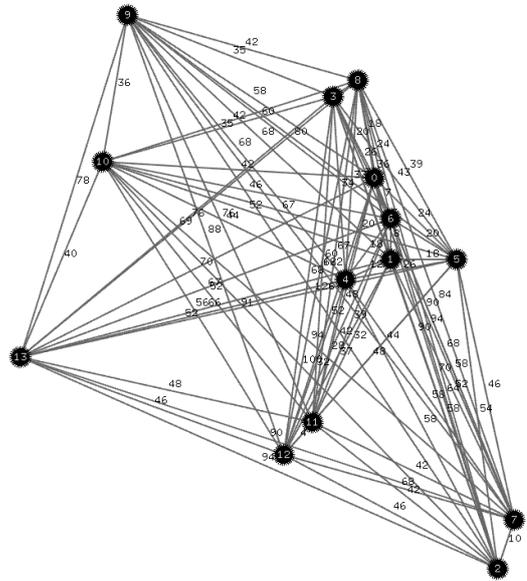


Figure 25: The complete graph corresponding to the map of Baden-Württemberg with our home towns.

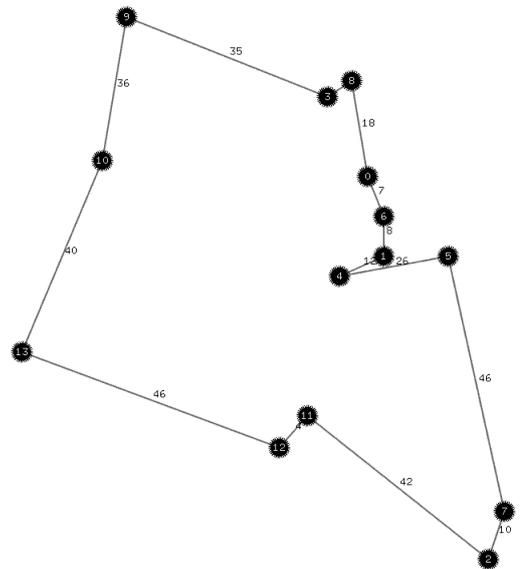


Figure 26: The shortest tour to visit all our course members; one of 3.113.510.400 possibilities.

To find this tour, the computer calculated 30 seconds, which is very long in terms of computers.



The map of Baden-Württemberg with our hometowns and the shortest tour.

Planarity and Colouring Maps

JULIA WERLE

Planarity

If a graph can be drawn in the plane without crossed edges, it is called a planar graph. Not every graph is planar. But sometimes, graphs which do not look planar are in fact planar since there is more than one way to draw a graph. Some examples:

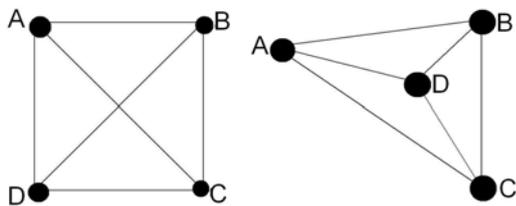


Figure 27: Different drawings of K_4 .

Figure 27 shows two different drawings of the complete graph K_4 . The first drawing contains crossed edges, but K_4 is planar, since there is a possibility to draw it without crossed edges. Such a drawing is called a plane drawing.

Of course, there are some graphs which are not planar. Kuratowski proved that a graph is

planar, if and only if it contains no subgraph contractible to $K_{3,3}$ or K_5 .

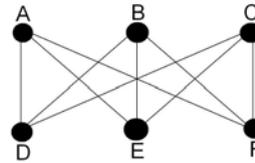


Figure 28: $K_{3,3}$

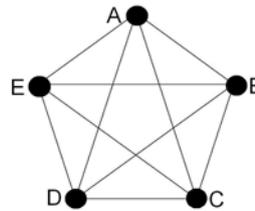


Figure 29: K_5

Contractible refers to contracting an edge, so that its two end vertices are joint together in one new vertex. All edges incident to the original vertices are now incident to the new vertex. For example, the Petersen graph is contractible to K_5 and hence is not planar: Contracting the edges AF, BG, CH, DI and EJ , K_5 is obtained.

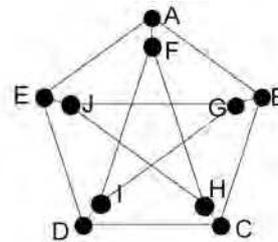


Figure 30: The Petersen graph.

Euler proved, that if G is a plane drawing of a connected graph and n, m and f denote the number of vertices, edges and faces of G respectively, then $n - m + f = 2$ is fulfilled. A face is the smallest region bounded by edges in a planar graph. There is at least one face in a graph – the infinite face. This face surrounds the graph. First of all, an example:

This theorem can be proved by induction on the number of edges (m) of G , which means, we prove it for the smallest possible number of edges first (induction base) and then for all the others (induction step).

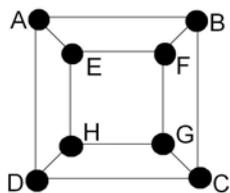


Figure 31: 8 vertices ($n = 8$); 12 edges ($m = 12$) and 6 faces ($f = 6$);
 $\Rightarrow n - m + f = 8 - 12 + 6 = 2$.

Induction Base:

The lowest number of edges for which $n - m + f = 2$ can be fulfilled is zero. In such a graph, there are no edges and since G is connected, there can be at most one vertex and only one face. If there were two or more vertices and no edges, G would be disconnected. Plugging these values ($n = 1$; $m = 0$; $f = 1$) in Euler’s formula results in $1 - 0 + 1 = 2$. So Euler’s formula holds for $m = 0$.

Induction Step:

Now it is to show that the formula also holds for a graph G with m edges by using the induction hypothesis, which says that the formula is true for $m - 1$ edges.



We consider two cases:

(1) G is a tree $\Rightarrow G$ contains no cycles, since G is connected. The tree theorem states, that a tree with m edges has $n = m + 1$ vertices. Since there are no cycles in a tree, there can be only one face $\Rightarrow f = 1$. Combining these numbers yields $n - m + f = 2$, as required.

(2) G is not a tree $\Rightarrow G$ contains cycles. Let e be an edge in one of the cycles of G . We delete the edge e in G and obtain the graph G' with $m' = m - 1$ edges, $n' = n$ vertices and $f' = f - 1$ faces, because two faces fuse

together when deleting e . So

$$n' - m' + f = 2$$

holds due to the induction hypothesis. Plugging in $m' = m - 1$, $n' = n$ and $f' = f - 1$ yields:

$$\begin{aligned} n - (m - 1) + (f - 1) &= 2 \\ \Rightarrow n - m + f &= 2 \end{aligned}$$

The following two corollaries can be deduced from Euler’s formula:

If G is a connected simple planar graph with $n \geq 3$ vertices and m edges, then $m \leq 3n - 6$ is fulfilled.

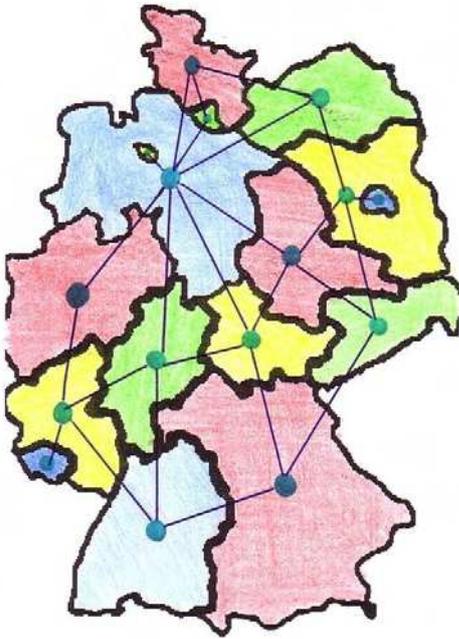
Every simple planar graph contains a vertex of degree at most 5.



Colouring Maps

The problem arose in 1852, when a British man, called Frank Guthrie, wanted to colour the British counties in a way that neighbouring counties are coloured with different colours, using as few colours as possible. We discussed this problem by using graph theoretical approaches. By representing every county as a vertex and drawing edges between neighbouring counties, we obtain a simple planar graph.

We can colour the vertices, which are adjacent, with different colours and the ones, which are not adjacent with the same colour. In this way, you can obtain the general result, that every map can be coloured with four different colours. In general, less colours are not possible, because if a graph contains a subgraph like the one in figure 32, at least 4 colours are needed.



Map of Germany coloured with four colours.

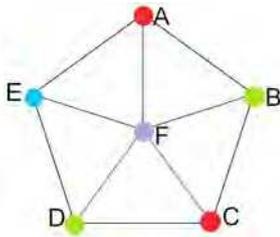


Figure 32

With the first colour, you can colour F , then none of the other vertices can be coloured with that colour. With the second colour A and C can be coloured; with the third B and D . For colouring the last vertex E , a fourth colour will be needed. Every simple planar graph is 4-colourable. Until today, this result was only proved with the help of a computer. But in our course, we proved the easier theorem, that every simple planar graph is 5-colourable.

Trees and Minimal Spanning Trees

TOBIAS HOCKE

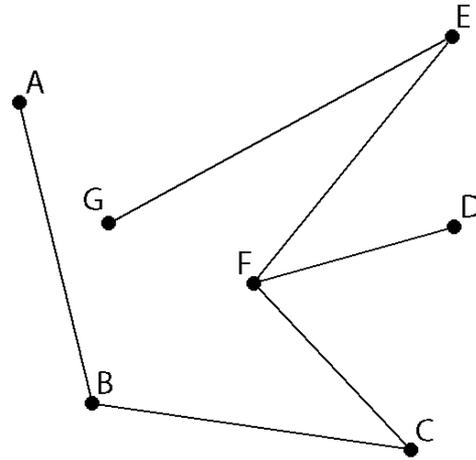


Figure 33: A tree.

Definition

A tree is a connected graph, which contains no cycles. The union of trees is called a forest.

Note: Every tree is a planar, bipartite graph.

Tree Theorem

The following statements about a graph T are equivalent. Let n be the number of vertices of T :

1. T is a tree.
2. T contains no cycles and has $n - 1$ edges.
3. T is connected and has $n - 1$ edges.
4. T is connected and each edge is a bridge.
5. Any two vertices of T are connected by exactly one path.
6. T contains no cycles, but the addition of any edge creates one cycle.

Proof:

During our course, we proved these equivalences, using a circular argument.

„1 \Rightarrow 2“: If T is a tree, T contains no cycles and has $n - 1$ edges. By definition, T contains no cycles. In the following, T is constructed gradually. Starting with one isolated vertex,

every other vertex can be added by inserting it with one incident edge, that connects it to the already constructed tree. Hence, T contains $n - 1$ edges.

„2 \Rightarrow 3“: If T contains no cycles and has $n - 1$ edges, T is connected and has $n - 1$ edges. Assume T is disconnected. So T consists of at least two components, which are trees. Consequently, T has at most $n - 2$ edges, which contradicts the assumption.

„3 \Rightarrow 4“: If T is connected and has $n - 1$ edges, then T is connected and each edge is a bridge. Assume e is not a bridge. Let T' be the graph obtained from T by removing e . Hence, T' has $n - 2$ edges and is connected, contradicting the theorem of connectedness.



„4 \Rightarrow 5“: If T is connected and each edge is a bridge, any two vertices are connected by exactly one path. If two vertices were connected by two different paths, then these paths would enclose a cycle. Removing any edge of this cycle does not disconnect the graph, which contradicts the assumption, that every edge is a bridge.

„5 \Rightarrow 6“: If any two vertices are connected by exactly one path, T contains no cycles, but the addition of any edge creates one cycle. Adding one edge between the vertices u and v creates a cycle together with the existing path between u and v .

„6 \Rightarrow 1“: If T contains no cycles but the addition of any edge creates one cycle, then T is a tree. T contains no cycles by assumption. If T was disconnected, adding an edge between two of its components would not create a cycle, contradicting the assumption.

Spanning Trees

A spanning tree T of a connected graph G is a tree composed of all vertices of G and some of the edges of G .

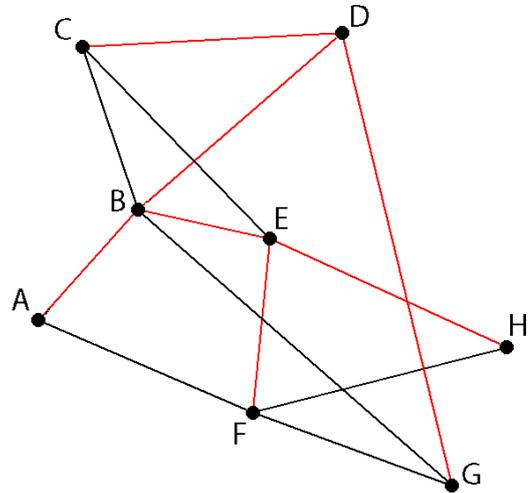


Figure 34: A spanning tree (red).

Minimal Spanning Trees (MST)

A minimal spanning tree is a spanning tree of a weighted graph, for which the sum of all weights of its edges is minimal.

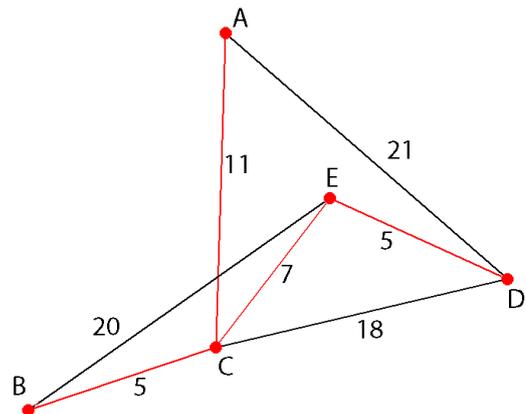


Figure 35: A minimal spanning tree (red).

During our course, we discussed two algorithms to compute a minimal spanning tree of a given weighted graph.

Kruskal's Algorithm: This algorithm creates the MST by first sorting all edges of the graph G in increasing order of their weights. Then it selects the edge with

the lowest weight, which is not yet selected and whose selection does not create a cycle with the other selected edges. This step is repeated until $n - 1$ edges are selected, where n denotes the number of vertices.

Prim's Algorithm: At the beginning, this algorithm chooses an arbitrary starting vertex. Then the edge with the lowest weight, joining an unselected and a selected vertex, and the unselected vertex incident to this edge are selected. After repeating this step until $n - 1$ edges are selected, the selected edges form a minimal spanning tree.

Rotation

HANNA BINDER

Die Rotation diente dazu, andere Kurse über unsere bisherige Arbeit zu informieren und für die Abschlusspräsentation zu üben. Wir teilten uns in vier Gruppen auf und bereiteten eine PowerPoint Präsentation vor. Dazu erstellte je ein Mitglied jeder Gruppe die Folien zu einem Thema. Zusammen gestalteten wir noch das Layout und setzten die verschiedenen Folien zusammen. Außerdem bereiteten die chinesischen Schüler unseres Kurses auf einer Baden-Württemberg-Karte das Schaubild zur „Rundtour“ zwischen allen Wohnorten der Kursmitglieder vor.



Am Donnerstag stellten die entsprechenden Gruppen dann ihre bisherige Kursarbeit in etwa 15 Minuten vor und gingen in den restlichen fünf Minuten auf Fragen ein.

Diese Themen stellten wir vor

Grundlagen der Graphentheorie: Wie sieht ein Graph aus? Was kann man mit Graphentheorie machen?

Königsberger Brückenproblem: Warum kann man keinen „Rundgang“ durch die Königsberger Stadtviertel finden, bei dem jede der sieben Brücken genau einmal benutzt wird?

Bei welchen Graphen geht das?

Shortest Tour Algorithmus: In welcher Reihenfolge kann man alle Kursmitglieder auf dem kürzesten Weg der Reihe nach besuchen? Wie sieht dieser Algorithmus als Computerprogramm aus?

Wir hielten die ganze Präsentation auf Englisch, da wir alle Themen auf Englisch bearbeitet hatten und so nicht „umschalten“ mussten. Auch Fachausdrücke wurden auf Englisch eingeführt und so verstanden auch die chinesischen Schüler alles. Bei jeder Präsentation waren Kursleiter anwesend, die sich Notizen machten. Nach der Rotation besprachen die Leiter die Präsentationen der einzelnen Kurse. Nachmittags fand dann wieder Kurs statt und wir erhielten ein Feedback über unsere Präsentationen. Danach arbeiteten wir weiter an unseren Kursthemen. Abends feierten wir noch die erste „Party“ der Akademie 2008, das Bergfest, symbolisch so genannt da es genau zur Halbzeit der Akademie stattfand. Wir überlegten uns einen lustigen Wettbewerb. Die beste Mannschaft erhielt einen genialen Preis: Ein wunderschönes Lebkuchenherz.

Abschlusspräsentation

HANNA BINDER

Die Abschlusspräsentation fand am vorletzten Tag der Akademie statt. Wir fanden uns wieder in vier Gruppen zusammen und bereiteten in Expertengruppen die Präsentation der Rotation mit neuen Themen auf. Dann probten wir diese sehr ausführlich und verbesserten sie.

Folgende Themen kamen dazu:

Kürzester Weg: Wie kommt man in einem gewichteten Graphen am schnellsten von

einem Knoten zum anderen?

Einfärben von Landkarten: Wie viele Farben reichen aus, um eine beliebige Landkarte so zu färben, dass aneinander grenzende Länder nie dieselbe Farbe haben?



Am Tag der Präsentation begrüßten wir alle unsere Familien und stellten ihnen unsere Projekte vor. Hier gewährten wir ihnen einen Einblick in die wichtigsten Themen unserer Kursarbeit. Nach der Präsentation konnten sie noch selbst einige Aufgaben zu unseren Kursthemen bearbeiten, die wir vorbereitet hatten. Zum Beispiel sollten sie versuchen, eine Deutschlandkarte mit vier Farben so anzumalen, dass benachbarte Bundesländer nie die gleiche Farbe hatten. Außerdem sollten sie auf einem Arbeitsblatt herausfinden, ob bestimmte Graphen „Eulersch“ waren, also eine Tour enthalten, die jede Kante genau einmal benutzt. Sehr interessant waren auch die Abschlusspräsentationen einiger anderer Kurse, die wir noch besuchen konnten. Die Teilnehmer der anderen Kurse führten neben ihren PowerPoint Präsentationen ebenfalls Anschauungsmaterial zu ihren Themen vor.

Unser Ausflugstag

LISA BITTERICH

Am 1. September war es so weit: Der Graphentheoriekurs unternahm seine Exkursion nach Heidelberg. Es ging schon ziemlich früh los: Gegen 8 Uhr wurden wir zum Bahnhof in Adelsheim gebracht, von wo aus wir dann zum Interdisziplinären Zentrum für wissenschaftliches Rechnen (kurz IWR) an der Universität Heidelberg fuhren. Dort hielt Dr. Michael Winckler für uns einen interessanten Vortrag. Unter

anderem zeigte er uns, wie man einen dreidimensional dargestellten Graphen auf eine Ebene projizieren und wie man die Kanten eines Dodekaeders mit nur drei Farben einfärben kann, ohne dass an einer Ecke eine Farbe mehrmals vorkommt, was perfekt auf unseren Kurs abgestimmt war. Außerdem zeigte Dr. Michael Winckler uns mit welchen Anwendungsgebieten man ein Mathematikstudium verbinden kann. Nach dem Vortrag bot Daniel uns an, das Heidelberger Schloss zu besichtigen. Wer das Schloss schon kannte, konnte sich auch selbstständig die Heidelberger Innenstadt anschauen. Vor allem das Shoppen mit Jack war ein Erlebnis für sich. Was man vielleicht auch noch sagen muss: An diesem Tag ging es unserer Schülermentorin Karima überhaupt nicht gut, trotzdem fuhr sie mit uns mit. Karima, das fanden wir alle ganz toll!

Bericht der chinesischen Gastschüler

SHENGJIE ZHU (STELLA), ZHOU BAO (BLUES), NICHEN WU (SUSAN), KAIYUAN ZHU (JACK)



We have been in the graph theory course for nearly two weeks during the Science Academy. Here we experienced a lot of new things, which were exciting and interesting. We have learned the differences between western and oriental cultures through our course and the free time we spent together with our German friends and teachers. It is our honour to write this essay to illustrate our thoughts and feelings.

We were impressed by the teaching methods

here, which are quite different from our previous experiences from China. To study the theorems and definitions, we played a memory game. You need to find two matching cards: on one there is a technical term or the name of a theorem and the other one describes it. We have never learned things in such a way. Our teacher prepared many posters to help us remember the definitions and theorems. There were three teachers, each of whom presents one part of the contents. We could raise our hands whenever we had questions and were confused by some mathematical proof and the teachers would come to our seats to explain it in an easy-understanding way. The atmosphere during the course was not as stressful as we had imagined, there was not so much pressure on the students as it is in our schools. We enjoyed our time in the course, since the teachers have a good sense of humour.

Though the course was new for all of us, the process of teaching was not too fast and we could follow easily. The contents were taught step by step, so it was easy for us to learn all the new things. The students here are relaxed and active. They sit wherever they want, talk whenever they want and ask questions whenever they need. Whenever something was said in German, they always helped us by translating it into English. The most different thing was that the amount of the students is much smaller than in China. We always have a class with approximately fifty students while there are only fourteen students in our course. We sit in a circle around the blackboard, which makes us closer to each other and helps us to get to know the other students quickly. It also was easy for us to find new friends over here.

We do not take any exams about our course, but there is a thing called “rotation”. We enjoyed the time we spent together to prepare the rotation. We discussed the topics, searched for some reference websites and made PowerPoint presentations in groups, combining our own knowledge together. The different expectations about the presentations were a culture shock for us. We like to decorate our slides and show every item after a click with an animation. But Germans prefer to do PowerPoint in a more straight way: They show all the con-

tents directly without using fancy decorations or animations. Finally, we Chinese and Germans united our opinions in a harmonious way after plenty of communication and argument. We do not have much group work or rotation in China, so it is a good time for us to learn the real meaning of “cooperation”. Through this rotation we got to know the basic structure of a presentation and how to show our ideas to our classmates and those who have not learned the knowledge before.

We are really grateful to the people here, who give us this chance and teach us more than the academic knowledge during this period. We will regard this experience as a treasure in our life.



Kryptologie

Kryptologie mit Java

CLAUDIA BERGSTEIN

Was ist das? Was macht man da? Kann man das essen?

Diese und noch andere Fragen haben wir (wir – das sind 10 wissbegierige Schüler aus ganz Baden-Württemberg) uns auch gestellt, als wir unser Kursthema das erste Mal gelesen haben.

Um der Sache auf den Grund zu gehen, trafen wir uns erstmals zu einem sogenannten Vorbereitungswochenende in Adelsheim. Dort zusammengetroffen erhielten wir auch sofort eine kleine Einführung in unsere Kursarbeit im Sommer.

Sichtlich begeistert und unter wählender Dramatik schilderte uns unser Kursleiter Matthias Taulien die tollsten Geschichten aus der Welt der Verschlüsselungsalgorithmen (Kryptologie), die von den alten Ägyptern bis hin zu unserer Zeit reichten.

Von seiner Begeisterung angesteckt, beschafften wir uns alle das Buch „Geheime Botschaften“ von Simon Singh, um in die Welt der Ver- und Entschlüsselung einzutauchen.

Durch das Buch inspiriert und hochmotiviert konnten wir es kaum erwarten, unser erarbeitetes Wissen im Sommer anzuwenden. Als der Tag des Wiedersehens endlich gekommen war, lernten wir unseren zweiten Kursleiter Jörg Richter kennen, da er am Vorbereitungswochenende leider verhindert war. Noch dazu kamen vier weitere Kursteilnehmer aus dem fernen China, um sich unserer wagemutigen Truppe anzuschließen.

Doch wie sollten wir uns jetzt verständigen? Mit den Händen oder mit den Füßen? Wir brauchten also eine Sprache, die wir alle verstanden. . .

Aus eben diesem Grund gestaltete sich unser Kurs von da an auf bilingualer Ebene, mal deutsch-englisch, mal englisch-deutsch, was je-

doch kein Problem in der Zusammenarbeit darstellte. Die chinesischen Schüler sprachen alle sehr gut Englisch und auch wir deutschen Schüler gaben unser Bestes.

So konnten wir alle recht gut in unsere Diskussionen mit einbeziehen und schließlich standen uns unsere Kursleiter und unsere Schülermentorin Tabea Tscherpel mit Rat und Tat zur Seite, falls dennoch Probleme auftreten sollten.



Unsere vier chinesischen Freunde (Ning, Nancy, Leo und Justin) waren im Laufe der Zeit ein fester Bestandteil unserer Gruppe geworden und so gestaltete sich aus unserem bunt zusammengewürfelten Haufen bald ein starkes Team, das durch keine noch so schwere Verschlüsselung zu erschrecken war. Wir arbeiteten uns durch die verschiedensten Kapitel der Kryptologie und verzweifelten auch nicht, als wir uns an schweren mathematischen Beweisen zu schaffen machten. Unser Kursleiter trug unseren „Leitspruch“ auf der Brust: „Mathe macht glücklich!“

Dass das alles jedoch sehr anspruchsvoll und kompliziert war, zeigte sich auch an einigen Begriffen wie ugly, terrific und tricky, die von nun an des Öfteren in den Erklärungen unserer Kursleiter zu hören sein sollten.

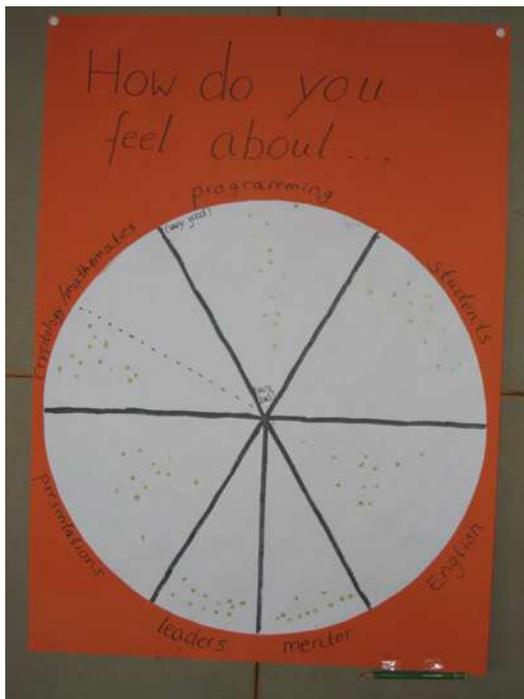
Wenn jedoch Schwierigkeiten oder Probleme auftraten, konnten diese meist schnell und unkompliziert geklärt werden.

Da wir ja nicht nur neues Wissen erlernen, sondern auch als Team zusammenarbeiten sollten, beispielsweise zur Präsentationsvorbereitung, hing in unserem Kursraum ein kleines Pinnboard, an welches jeder seine Empfindungen, Gefühle, Kritik und Wünsche schreiben konnte.

Somit konnten Probleme beseitigt und Missverständnisse rasch aufgeklärt werden.

Um an einen aktuellen Informationsstand über jeweilige Empfindungen gegenüber einzelnen Rubriken wie die Kursarbeit, die Kursleiter, die Schülermentorin und das Englisch im Kurs zu kommen, hing neben dem Pinnboard ein Kreis, in den jeder einmal pro Woche (also insgesamt zweimal) seine Punkte eintragen konnte.

So erhielten wir und unsere Leiter stets ein Feedback zu den einzelnen Themen und einen Gesamteindruck über unser Befinden.



Am Anfang waren die Punkte in einigen Bereichen eher zentriert, was grundsätzlich ein eher negatives Zeichen ist, in unserem Fall jedoch durchaus zu erwarten war, da wir in gewissen Fachbereichen schlicht und einfach noch keine Ahnung hatten und uns daher auch noch nicht sofort dabei wohlfühlten.

Doch bereits Anfang der zweiten Woche lich-

tete sich das Feld und die Tendenz der Punkte richtete sich deutlich zum äußeren Rand des Kreises aus.

Wir waren also auf einem guten Weg, was sich auch in der Zusammenarbeit zur Vorbereitung der Abschlusspräsentation bemerkbar machte. Hatten wir bei der Rotationsvorbereitung noch mit einigen Schwierigkeiten zu kämpfen, so lief nun nahezu alles wie am Schnürchen. Gruppen wurden eingeteilt, jeder wusste was er zu tun hatte und so kamen wir schnell und ohne unter Zeitdruck zu geraten ans Ziel unserer Bemühungen.

Gegen Ende der Akademie gab es eigentlich nur noch am äußeren Rand der Scheibe Punkte zu sehen. Im Rückblick lässt sich durchaus sagen: in diesen beiden Wochen intensiver Zusammenarbeit haben wir sehr viel gelernt. Sowohl aus fachlicher als auch aus zwischenmenschlicher Sicht. Wir haben gelernt teamfähig und vor allem selbständig zu arbeiten. Und das sind wir:

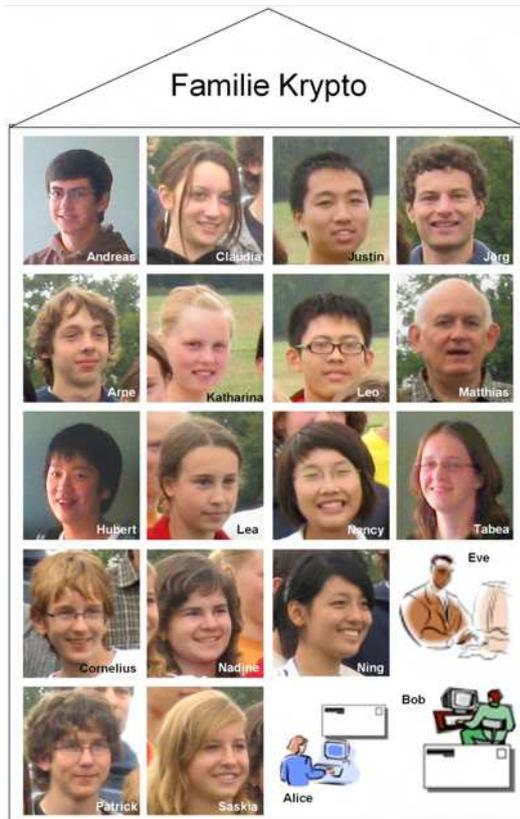
Über zwei Wochen hindurch arbeiteten, lachten, programmierten, verschlüsselten und diskutierten wir, um am Ende sagen zu können: Es hat echt Spaß gemacht, und es hat sich gelohnt, zwei Wochen der Sommerferien dafür zu opfern, denn es herrschte stets eine ganz andere Arbeitsatmosphäre, als man es in der Schule gewohnt ist. Das Lernen und Arbeiten fällt viel leichter und geht auch schneller voran, wenn man unter Gleichgesinnten ist.

Noch dazu war es insbesondere für die deutschen Schüler unter uns sehr interessant, mit einer uns doch so fremden Kultur wie China Bekanntschaft zu machen. So haben sie uns beispielsweise erzählt, dass eine Schulklasse in China aus bis zu 60 Schülern/Schülerinnen besteht, oder dass sie keinen bzw. kaum Sport machen, da sie a) keine Zeit dazu hätten und b) es nicht die Möglichkeit gäbe, in eine Sportgruppe zu gehen.

An dieser Stelle ein herzliches Dankeschön an alle, die auf irgendeine Art und Weise etwas zu diesen zwei erfüllten Wochen in Adelsheim beigetragen haben.

Familie Krypto

KATHARINA BARBU, CLAUDIA BERGSTEIN,
SASKIA BLUHM



Andreas stellte intelligente Fragen zum Kursinhalt und war auch sonst sehr lebhaft am Kursgeschehen beteiligt. Am Sportfest konnte er auf Grund seiner schmerzhaften Fußverletzung nicht teilnehmen, doch übernahm er tapfer die Rolle des Teamcoachs und feuerte uns tatkräftig an.

Claudia sprudelte nur so vor Energie, die sie an das ganze Team weitergab. Ob das vielleicht an ihrer Wasserflasche lag, die sie immer bei sich trug? Vor allem aber in den Diskussionsrunden und beim Denken lebte sie richtig auf.

Justin war ein eher stilles und für sich arbeitendes Kursmitglied, was ihn jedoch nicht von Diskussionen ausschloss. Auch sorgte er für gute Stimmung in seinem Präsentationsteam.

Jörg war einer unserer Kursleiter. Er arbeitete immer sehr konzentriert und konnte uns neue Algorithmen und mathematische Beweise klar und deutlich näher bringen. Falls uns dennoch

etwas unklar geblieben wäre, konnten wir auf seine Hilfe zurückgreifen.

Arne war der motivierteste und begeistertste Computerfachmann unter uns. Wenn es um computertechnische Arbeiten ging, war er sofort in seinem Element und arbeitete dem entsprechend konzentriert und begeistert an seinem Laptop.

Katharina gehörte zu den fleißigsten und verlässlichsten Kursteilnehmern, was sie zu einem unverzichtbaren Teil unserer Gruppe machte. Noch dazu überlegte sie sich raffinierte Varianten, einen bestimmten Algorithmus zu programmieren.

Leo war fasziniert von den verschiedensten europäischen Automodellen, die er auch gerne einmal googlete. Er war zwar eher zurückhaltend, doch bei Präsentationen und Vorträgen zeigte er sich souverän.

Matthias war ebenfalls einer unserer Kursleiter. Auch er konnte uns neue Themenbereiche gut erklären und unser Interesse für die Kryptologie wecken beziehungsweise wach halten. Bei Fragen und Missverständnissen stand er uns selbstverständlich hilfsbereit zur Verfügung.

Hubert war unser Sprachgenie Nummer Eins: Anfangs hatten wir nicht die geringste Ahnung davon, dass er fließend Chinesisch spricht. Dies war bei Kommunikationsproblemen zwischen deutschen und chinesischen Schülern sehr hilfreich.

Lea wirkte auf den ersten Blick zurückhaltend, doch im Laufe der zwei Wochen entwickelte sie sich zu einem aufgeschlossenen und geistig produktiven Gruppenmitglied. Bei Präsentationen und Textarbeiten brachte sie immer gute Verbesserungsvorschläge.

Nancy war nur gut gelaunt und hatte immer ein Lächeln auf den Lippen, weshalb wir sie bald alle in unser Herz geschlossen hatten.

Tabea war für uns die hilfsbereiteste, netteste und beste Schülermentorin, die man sich vorstellen kann. Bei aufkommenden Fragen stand sie uns mit Rat und Tat zur Seite. Sie war immer mit Block und Stift am Start und dokumentierte unsere Arbeit.

Cornelius war der kleine Kritiker unter uns. Er

beängte Kursarbeiten sehr kritisch, was sich jedoch positiv auf das Gesamtwerk auswirkte. Er fand immer etwas zu lachen, was die Kursatmosphäre erheblich lockerte.

Nadine war überaus engagiert bei Gruppenarbeiten dabei und übernahm bei nahezu allen organisatorischen Dingen die führende Leitung. Eine endgültige beziehungsweise aktuelle Version unserer Präsentationen war stets auf ihrem Rechner zu finden.

Ning war die Schnellste im Lösen von Problemen und fixierte sich immer darauf, einen guten Beitrag zu leisten. Sie liebte das Gefühl, etwas selbst herausgefunden zu haben.

Patrick war unser „Programmiermeister“: Sofort entwickelte er den passenden Algorithmus zu jeder Aufgabe. Selbst wenn die Kursleiter mit ihrem Latein am Ende waren (was natürlich nie vorkam – Anm. der Kursleiter), konnte Patrick uns immer wieder aus der Patsche helfen.

Saskia integrierte sich so aufgeschlossen und aktiv in die Kursarbeit, dass jeder gerne auf ihre Hilfe zurückgriff. Mit ihrem Karlsruher Temperament sorgte sie für so manchen Lacher im Kurs.

Alice, *Bob* und *Eve* sind unsere guten beziehungsweise schlechten „Freunde“, die uns als Beispielm Modelle dienten.

Experience in cryptology class

NANCY CHEN XUEYING, NING HUANG
YINING, LEO LIN ZIHANG, JUSTIN ZHU
YIZHAO

Our class is cryptology, which contains encryption and decryption. Matthias and Jörg are our teachers, and Tabea is our teaching assistant. Our class is made up of us and another 10 German students.

In cryptography, computers are widely used, and also in our class we made some programmes ourselves. At first it was a little bit difficult for us to make computer programmes. Luckily, we received a lot of help from our teachers and Teaching Assistant Tabea. They told us how to make programmes to use Caesar, Vigenere and Euler cipher. It is really a

fresh experience. We like discussing with the whole class. For example, the teacher gave us a Vigenere ciphertext and asked us to decrypt it without the help of the computer. We worked together; everyone dealt with one part of it. Finally, it was so amusing that we did it just by our hands and our brains. It impressed us deeply, not only because of the difficulty of solving the task, but also the experience of teamwork.

We learnt so much that at the middle presentation we could not help giving our speech for a long time.



The course here is quite different from ours in China. You can see some students sitting closely to the window while the teacher was talking. It is more free and at ease. We really like the atmosphere when we are sitting at a round table and discussing the given topic, although sometimes we could not understand what others said.

While staying in this course, it is easy to find it is like a big family rather than a class. If you have any questions, you just should raise your hand up. There's no need to be shy. No one will laugh at you even if your question is simple. Teachers here are enthusiastic to answer your questions.

Here are some impressions from us:

Ning: The teachers always make sure that all of us understand the question and what we have learnt. Besides, Matthias is a very interesting teacher, Jörg and Tabea as well. When I'm discussing something with them, I really feel the atmosphere is quite harmonious. It makes me eager to ask questions. I think also because of this, German students are fond of

asking and answering questions. Everyone takes part in the course. Everyone enjoys themselves.

Justin: These days, we have learnt a lot of things from the course. We understand how the RSA cipher (the newest and the most useful cipher) works. In my opinion, it is a good chance for us to learn something here. In the class, everybody can say his or her opinion. The students here like communicating with each other to exchange their ideas. It is much better to work in the team than by oneself. Here, teachers tell us what we can do rather than what we must do. This is why all the students have fun in the course. It is different from the course in China.

Leo: On Monday morning, Mr. Esslinger, a cryptography professor who works with the Deutsche Bank, came to our class and spoke to us about the use of cryptography in daily communication. We asked him a lot of questions, such as the future of the cryptography, how to protect the customer’s private data from being stolen. I think it was a wonderful experience to have the chance to talk to the professor. I thought I was fortune enough to choose this course.

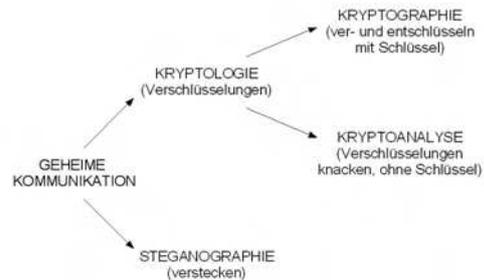
Nancy: I think I am very lucky to have had a chance to join the cryptography course. I like cryptography, because cryptography is a course that includes mathematics, IT and language. Although learning cryptography is a hard work, I like the challenge. In this class, I learnt many things that I had never heard before. It is amazing. With the great help of the teachers and the students, I can get hang of the knowledge well. In this class, I not only have learnt the knowledge, but also have learnt how to study. I am very happy to stay here during these two weeks. Best wishes to all the teachers and the classmates.

Einführung

PATRICK CASPARI

Möchte man eine geheime Nachricht von A nach B übertragen, ohne dass jemand anders herausfindet, was in der Nachricht steht, kann man das auf zwei verschiedene Arten machen.

Entweder richtet man es so ein, dass niemand merkt, dass überhaupt eine Nachricht übertragen wurde – das nennt man dann Steganographie –, oder man schreibt die Nachricht in einer Weise, die nur der Empfänger, für den die Nachricht bestimmt ist, lesen kann, verschlüsselt sie also. Dieses Verfahren nennt man Kryptographie. Wissenschaftler, die sich damit beschäftigen, wie man eine Verschlüsselung knackt, nennt man Kryptoanalytiker; was sie tun, also den Klartext aus einem verschlüsselten Text herauszufinden, heißt einen Code angreifen. Der Oberbegriff von Kryptographie und Kryptoanalyse ist Kryptologie. Simon Singh verdeutlichte das in seinem Buch „Geheime Botschaften“ mit folgender Graphik:



In der Kryptologie spricht man der Anschaulichkeit halber gerne von Alice und Bob, zwei fiktiven Figuren, die sich verschlüsselte Nachrichten schicken wollen, wobei immer Alice eine Nachricht an Bob schicken möchte. Den „man in the middle“, das ist die Person, die versucht die Nachricht abzufangen und zu entschlüsseln, nennt man Eve.

Die Verschlüsselungstechniken kann man in die folgenden zwei Kategorien einteilen:

Es gibt Substitutionsverfahren, das sind Verschlüsselungen, bei denen die Klartextbuchstaben durch andere Buchstaben oder Zeichen ersetzt werden, und Transpositionsverfahren, bei denen die Buchstaben des Klartexts nach einem bestimmten System vertauscht werden. Bei den Substitutionen unterscheidet man monoalphabetische und polyalphabetische Substitution. Bei monoalphabetischen Substitutionen wird jeder Klartextbuchstabe durch einen einzigen Buchstaben beziehungsweise ein Symbol ersetzt. Bei polyalphabetischen Substitutionen dagegen gibt es mehrere Geheimtextal-

phabete, das heißt, jeder Klartextbuchstabe kann durch verschiedene Geheimtextbuchstaben ersetzt werden und jeder Geheimtextbuchstabe kann für verschiedene Klartextbuchstaben stehen. Eine polyalphabetische Substitution, die wir näher behandelt haben, ist beispielsweise die Vigenère-Verschlüsselung.

Steganographie

ARNE HANSEN-DÖRR

Steganographie und Kryptographie beabsichtigen beide das Gleiche: geheime Nachrichten sollen versendet werden, ohne dass irgendeiner mitbekommt, um was es sich dabei handelt. Bei der Steganographie geschieht das dadurch, dass man die Nachricht versteckt. Wenn jemand die Nachricht also finden würde, könnte er sie ohne weiteres lesen. Die Sicherheit der Nachricht beruht also nur auf einem guten Versteck derselben.

Zu Cäsars Zeiten rasierte man Sklaven eine Glatze und schrieb ihnen die Nachricht auf den Hinterkopf. Dann wartete man, bis ihnen die Haare wieder gewachsen waren und somit die Nachricht unerkennbar geworden war. Nun sendete man die Sklaven zu dem Empfänger der Nachricht, der dem Sklaven die Haare wiederum rasierte und so die Nachricht lesen konnte.

Eine andere Möglichkeit, die schneller und vermutlich auch sicherer als das „Glatzeschneiden“ von statten geht, ist die folgende Methode: Man sucht sich ein beliebiges Buch und eine dünne Nadel. Man schlägt das Buch beispielsweise auf der zehnten Seite auf und sticht mit der Nadel bestimmte Buchstaben. Jetzt wird das Buch einem Gefangenen ins Gefängnis geschickt und passiert die Sicherheitskontrolle ohne Schwierigkeiten, da die Nadelstiche auf den ersten Blick nicht zu erkennen sind. Der Gefangene schlägt nun das Buch auf der zehnten Seite auf, hält jene Seite gegen das Licht und erkennt die unterlochten Buchstaben, die die Botschaft: „Pech gehabt“ ergeben. – Da scheint es wohl keine Hoffnung mehr zu geben.

In der heutigen Zeit findet die Steganographie trotz des mit heutigen Mitteln unangreifba-

ren RSA-Verfahrens immer noch Anwendungen, die natürlich anders ausgeführt werden. Heute versteckt man Nachrichten zum Beispiel in Bildern. Wir haben dies im Kurs mit einem kleinen Computerprogramm ausprobiert:



Originalbild

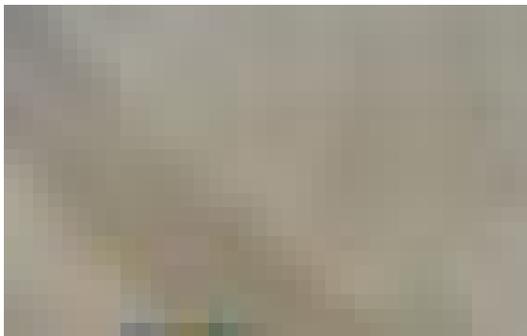
Zuerst hat man die Möglichkeit, eine Texteingabe zu machen, etwa: „Hallo wie geht’s“ als Klartext. Nun kann man noch eingeben bei welcher Stelle die Änderung der Bildpunkte anfangen soll. Zuletzt muss man noch ein zu bearbeitendes Bild auswählen. Wenn man das Programm jetzt startet, sucht es für jeden der Buchstaben beziehungsweise jedes Zeichen die dazugehörige Farbe in einer Tabelle, welche im Programm integriert ist. Dann wird die gefundene Farbe in der Tabelle in Form eines geänderten Bildpunktes im Bild integriert, indem die Farbe eines Bildpunktes auf dem Bild durch eine neue ersetzt wird.



Bild mit geänderten Bildpunkten, die die Nachricht enthalten

Bei der Ersetzung fängt das Programm bei den Koordinaten an, die man beim Programmstart angegeben hatte. Die geänderten Bildpunkte enthalten die Nachricht. Das neue Bild wird in dem gleichen Ordner wie das Ausgangsbild

gespeichert. Nun lädt man beispielsweise das Originalbild auf eine Webseite und ersetzt es ein paar Tage später durch das modifizierte Bild. Der Empfänger lädt die Bilder herunter und vergleicht sie dann mit dem gleichen Programm, das natürlich die geänderten Bildpunkt erkennt und die Nachricht in Form des Klartextes ausgibt. Diese Art wird zum Beispiel von Leuten genutzt, die nicht offen zeigen wollen, dass sie miteinander kommunizieren, wie zum Beispiel Terroristen. Keiner würde auf die Idee kommen, dass sich auf einer Webseite etwas geändert hat, wenn man nach zwei Tagen ein Bild mit einem scheinbar gleichen vertauscht und wegen dieses Unterschiedes eine Nachricht übermittelt werden kann.



Ausschnitt des unteren Bildrandes mit sichtbaren, geänderten Bildpunkten.

Wenn man das bearbeitete Bild jetzt vergrößert, kann man die geänderten Bildpunkte am unteren Bildrand erkennen, die die Nachricht „Hallo wie geht’s“ enthalten.

In der Praxis macht man das natürlich geschickter, so dass man den Unterschied der Bilder mit bloßem Auge nicht bemerkt.

Cäsar-Verschlüsselung

HUBERT CAO, ANDREAS MAYER

Diese Verschlüsselungsmethode geht auf Gaius Julius Cäsar zurück. Er benutzte sie bereits zu seiner Zeit, um wichtige militärische Botschaften geheim zu übermitteln. Sie ist wahrscheinlich eine der ältesten Verschlüsselungen der Welt. Sie ist eine monoalphabetische Verschlüsselung, die sehr einfach aber auch unsicher ist.

Man schreibt dabei das Geheimtextalphabet

und das Klartextalphabet untereinander und verschiebt dann das Geheimtextalphabet um eine bestimmte Anzahl von Buchstaben nach links. Die Zahl der Stellen, um die das Geheimtextalphabet verschoben wird, ist der Schlüssel. Der Klartext wird dann immer mit dem darunter liegenden Buchstaben des Geheimtextalphabetes verschlüsselt.

Man kann die Cäsar-Verschlüsselung auch mit einer Alberti-Scheibe durchführen. Diese wurde im 15. Jahrhundert nach ihrem Erfinder Leon Battista Alberti (1404-1472) benannt. Sie besteht aus zwei unterschiedlich großen, unabhängig zueinander drehbaren Scheiben. Auf der inneren Scheibe steht das Geheimtextalphabet, auf der äußeren befindet sich das Klartextalphabet. Man kann sie beliebig in eine gewünschte Position verschieben.



Alberti-Scheibe

Ein Beispiel mit einer Verschiebung um drei Stellen, der Schlüssel wäre also die Zahl 3.

Klartextalphabet

abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
 DEF GHI JKLMNOPQRSTUVWXYZABC

Geheimtextalphabet

Zum Verschlüsseln wird ein Klartextbuchstabe durch den unter ihm stehenden Geheimtextbuchstaben ersetzt.

Klartext der krypto kurs ist cool
 Geheimtext GHU NUBSWR NXUV LVW FRRO

Beim Entschlüsseln wird der Geheimtext immer mit dem darüber liegenden Buchstaben des Klartextalphabetes entschlüsselt.

Programmieren

PATRICK CASPARI

Sind einem nun aber die darüber- beziehungsweise darunterliegenden Buchstaben unsympathisch, gibt es noch einen anderen Weg. Unser Kursname hatte auch noch einen 2. Teil, doch was ist nun dieses Java? Hat das etwa etwas mit den kleinen, braungewandeten Wesen aus Star Wars, die auf Tatooine Droiden aufsammeln und verkaufen, zu tun?

Nein, hat es nicht. Oder wenn, dann nur sehr entfernt. Java ist eine Computersprache, die es uns ermöglicht, die Algorithmen, die für die verschiedenen Verschlüsselungen notwendig sind, schlicht vom Computer durchführen zu lassen, statt selbst herumknobeln zu müssen.

Der große Vorteil hierbei ist, dass man sich nur einmal die Arbeit machen muss, das entsprechende Programm zu schreiben, und danach immer, wenn man die Verschlüsselung benutzt, auf ebendieses Programm zurückgreifen kann.



Ein Beispiel: Wir wollen einen Text mit Cäsar verschlüsseln; der Schlüssel ist 5. Das heißt: Jeder Buchstabe wird mit dem Buchstaben verschlüsselt, der 5 Stellen weiter im Alphabet steht. Wir beginnen also mit dem ersten Buchstabe, sei es ein „e“, und gehen von diesem „e“ aus 5 Stellen weiter im Alphabet, also zum „j“.

Jetzt haben wir einen Buchstaben mit Cäsar verschlüsselt, und je nachdem wie gut wir uns im Alphabet zurechtfinden, haben wir dafür 5 Sekunden bis eine Viertelstunde gebraucht, bei einer komplizierteren Verschlüsselung ein

Vielfaches davon. Verschlüsselt man jetzt beispielsweise einen Brief mit 200 Wörtern, zu durchschnittlich 5-6 Buchstaben, kommt man damit auf ca. eineinhalb Stunden bis 2 Tage. Und will nun J. K. Rowling das Manuskript ihres geheimen, 2000 Seiten langen 8. Harry Potter-Buchs verschlüsseln und ihrem Verlag zuschicken, dann Gnade Gott dem zuständigen Kryptographen.

Mit Java jedoch setzt man sich einmal konzentriert an den Computer, programmiert das entsprechende Programm und setzt sich danach gemütlich zurück und trinkt eine Tasse Kaffee, während der Computer allein mit Buchstaben und Zahlen jonglieren darf. Zumindest bei dem Manuskript, bei den anderen Texten reicht die Zeit nicht für eine ganze Tasse.

Programmieren wir also das Programm für die Cäsar-Verschlüsselung:

```
public static String encrypt(
    String klartext, int key){
    String geheimtext = "";
    char cipherc;

    for(int i=0; i<klartext.length(); i++){
        cipherc=(char)(klartext.charAt(i)+key);
        if(cipherc > 'Z'){
            cipherc -= 26;
        }
        geheimtext += cipherc;
    }
    return geheimtext;
}
```

```
public static String decrypt(
    String geheimtext, int key){
    return encrypt(geheimtext, 26 - key);
}
```

Die beiden kursiv hervorgehobenen Zeilen stellen die eigentliche Verschlüsselungsarbeit dar. Die erste markierte Zeile beschreibt, wie der Computer den Klartext verschlüsseln soll: Er wandelt (implizit) jeden Buchstaben einzeln in eine Zahl um, zählt den Schlüssel dazu und wandelt die Zahl wieder in einen Buchstaben um; die folgenden 2 Zeilen stellen sicher, dass unsere Zahl nicht größer als die Alphabetlänge

wird.

Die zweite kursive Zeile ist für die Entschlüsselung eines Geheimitextes zuständig; praktischerweise kann man dazu einfach die Methode *encrypt* verwenden, wenn man als Schlüssel 26 minus den Schlüssel, mit dem die Nachricht verschlüsselt wurde, benutzen.

Nichts leichter als das.

Substitution

HUBERT CAO, ANDREAS MAYER

Eine weiterentwickelte Form der monoalphabetischen Verschlüsselung ist die Substitution. Das Geheimitextalphabet ist nicht wie bei der Cäsar-Verschlüsselung zum Klartextalphabet verschoben, sondern durch beliebige Symbole oder andere Buchstaben ersetzt. Gleiche Buchstaben im Klartext werden bei diesem Verfahren mit gleichen Symbolen beziehungsweise Geheimitextbuchstaben verschlüsselt. Man sollte dabei darauf achten, dass die Reihenfolge der Buchstaben oder Symbole zufällig ausgewählt werden.

Hier ein Beispiel:

Klartextalphabet

a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

☉☼* ** * * * * * * * * * * ● ○ ■ □ ▣ □ ▣ ▲ ▼ ◆ ♦ ♣ ♠ ☆ ✕

Geheimitextalphabet

Noch ein Beispiel mit Buchstaben:

Klartextalphabet

a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z

L T A Y S M P V H Q G W C N E B U J R K I Z X D F O

Geheimitextalphabet

Zum Verschlüsseln wird – genau wie schon bei der Cäsar-Verschlüsselung – ein Klartextbuchstabe durch den unter ihm stehenden Geheimitextbuchstaben ersetzt.

Klartext der krypto kurs ist cool
 Geheimitext Y S J G J F B K E G I J R H R K A E E W

Beim Entschlüsseln wird der Geheimitext wieder mit dem darüber liegenden Buchstaben des Klartextalphabets entschlüsselt.

Vigenère-Verschlüsselung

CORNELIUS KUHN

Geschichte

Die Cäsar-Verschlüsselung und auch die monoalphabetische Substitution sind vergleichsweise leicht durch eine Häufigkeitsanalyse zu knacken. Es liegt jetzt also bei den Kryptographen, ein neues, komplizierteres Verschlüsselungsverfahren zu entwickeln.

Die entscheidende Idee kam Leon Alberti, der übrigens auch die Alberti-Scheibe (siehe Cäsar) erfand, um das Jahr 1460: Man könnte doch statt eines Geheimitextalphabetes mehrere Geheimitextalphabete verwenden, zwischen denen man hin und her wechselt.

KT	a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
G1	F Z B V K I X A Y M E P L S D H J O R G N Q C U T W
G2	G O X B F W T H Q I L A P Z J D E S V Y C R K U H N

Hier ein Beispiel¹ mit zwei Geheimitextalphabeten G1 und G2, KT ist das Klartextalphabet. Die Häufigkeitsanalyse würde hier nicht funktionieren, weil z. B. „e“ manchmal als „K“ und manchmal als „F“ verschlüsselt wird.



Doch Alberti entwickelte diese Idee nicht weiter. Diese Aufgabe fiel anderen Gelehrten zu, zuletzt dem Diplomaten Blaise de Vigenère.

Funktion

Vigenère kam Mitte des 16. Jahrhunderts die Idee, alle Cäsar-Alphabete (mit der Verschiebung von 0 bis 25) untereinander zu schreiben (in das so genannte Vigenère-Quadrat) und

¹Beispiel nach Simon Singh: „Geheime Botschaften“, Seite 66

zwischen ihnen abhängig von einem Schlüsselwort hin und her zu springen.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
A	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
B	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A
C	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B
D	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C
E	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D
F	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E
G	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F
H	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G
I	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H
J	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I
K	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
L	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
M	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
N	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
O	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
P	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Q	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
R	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
S	S	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
T	T	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
U	U	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
V	V	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
W	W	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
X	X	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W
Y	Y	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Z	Z	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y

Vigenère-Quadrat

Die oberste Reihe im Vigenère-Quadrat stellt den Klartext da. Die linke Spalte ist der Schlüssel.

Verschlüsseln

Beispiel:

Klartext Vigenèreistcool
 Schlüssel TEXTTEXTTEXTTEX

(der Schlüssel TEXT wird so lange wiederholt, bis er so lang ist wie der Text.)

Wir suchen zuerst die Zeile mit dem Schlüsselbuchstaben „T“, dann die Spalte mit dem Klartextbuchstaben „v“. An der Stelle, an der sich die beiden schneiden, finden wir den Geheimtextbuchstaben „o“. Wir fahren fort mit dem Schlüsselbuchstaben „E“ und dem Klartextbuchstaben „i“ und erhalten den Geheimtextbuchstaben „m“ – und so weiter.

Wir haben schließlich den

Geheimtext: OMDXGIOXBWQVHSI

Entschlüsseln

Das Entschlüsseln funktioniert umgekehrt.

Beispiel:

Klartext NYFKWROWEOWAREDPX
 Schlüssel KEYKEYKEYKEYKEYKE

Nun suchen wir zuerst die Schlüsselzeile, in diesem Fall die Zeile mit dem Schlüsselbuchstaben „K“. Dann gehen wir waagrecht weiter, bis wir zum Geheimtextbuchstaben (hier

„N“) kommen. Der Buchstabe, der jetzt oben in dieser Spalte steht, ist der Klartextbuchstabe („d“). Weiter geht's mit dem Schlüsselbuchstaben „E“ bis zum Geheimtextbuchstaben „Y“, von da senkrecht nach oben zum Klartextbuchstaben „u“.

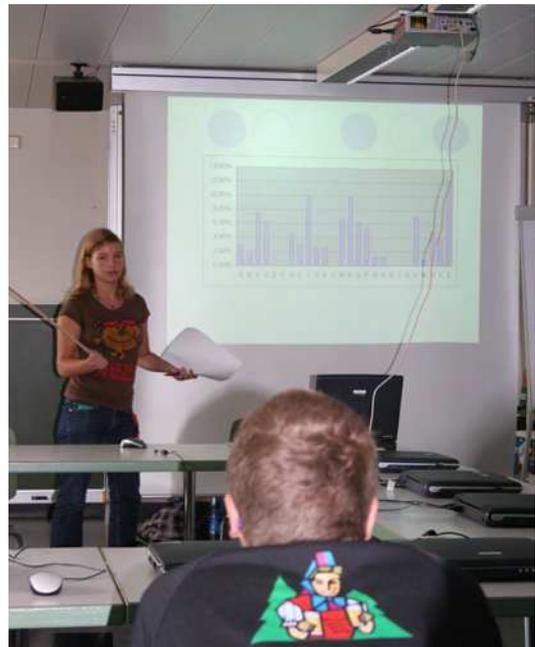
Letztendlich kommen wir zum

Klartext: du hast es geschafft.

Implementierung der Vigenère-Verschlüsselung

PATRICK CASPARI

Und weil die Vigenère-Verschlüsselung handschriftlich ebenfalls zu langwierig und langweilig ist, haben wir sie auch wieder programmiert. Als Grundlage dafür haben wir unser Programm für die Cäsar-Verschlüsselung genommen, nur dass bei Vigenère jeder Buchstabe mit einem anderen Schlüssel verschlüsselt werden muss.



In der ersten hervorgehobenen Zeile rufen wir wieder die Cäsar-Verschlüsselungsmethode auf. Zuvor wurde für den jeweiligen Vigenère-Buchstaben der entsprechende Cäsar-Schlüssel berechnet.

Das Entschlüsseln geschieht ganz analog zum Verschlüsseln, beachten Sie hierzu die zweite markierte Zeile.

```
public static String encrypt(String geheimtext, String schluessel) {
    String geheimext = "";
    int key;
    for (int i = 0; i < klartext.length(); i++) {
        key = schluessel.charAt(i % schluessel.length()) - 'A';
        geheimtext += Caesar.encrypt("'" + klartext.charAt(i), key);
    }
    return geheimtext;
}

public static String decrypt(String geheimtext, String schluessel) {
    String klartext = "";
    int key;
    for (int i = 0; i < geheimtext.length(); i++) {
        key = schluessel.charAt(i % schluessel.length()) - 'A';
        klartext += Caesar.decrypt("'" + geheimtext.charAt(i), key);
    }
    return klartext;
}
```

One-Time-Pad

ARNE HANSEN-DÖRR

Das One-Time-Pad ist im Prinzip eine Weiterentwicklung des Vigenère-Codes. Der Unterschied besteht darin, dass beim One-Time-Pad der Schlüssel so lang wie der Klartext ist, und dass der Schlüssel aus zufällig hintereinandergereihten Buchstaben besteht. Die Ver- und Entschlüsselung findet so wie beim Vigenère-Code statt. Die Zufälligkeit und die Einmaligkeit des Schlüssels machen das One-Time-Pad unangreifbar. Würde man allerdings einen Schlüssel mehrere Male benutzen, ließe sich der Schlüssel herausfinden, indem man mehrere Texte, von denen man weiß, dass sie mit dem gleichen Schlüssel verschlüsselt sind, vergliche und dann die Häufigkeitsanalyse anwendete.



Im Gegensatz zur Substitution kann beim One-Time-Pad der gleiche Buchstabe im Klartext auf unterschiedlichen Schlüsselbuchstaben treffen und somit auch durch unterschiedlichen Geheimtextbuchstaben repräsentiert werden:

Substitution

Ersetzungstabelle:

a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z
 ☼☼*☼*☼*☼*☼*☼●○■□□□□▲▼◆❖▶*❖❖

Klartext i c h b i n h i e r
 Geheimtext *☼*☼*☼■*☼*☼□

Man sieht: Der Buchstabe „i“ im Klartext wird dreimal durch das gleiche Geheimtextzeichen repräsentiert.

One-Time-Pad Verschlüsselung

Klartext i c h b i n h i e r
 Schlüssel FSYBLOFBZM
 Geheimtext PUFCDDBMJJDD

Der Buchstabe „i“ im Klartext wird dreimal durch unterschiedliche Geheimtextbuchstaben repräsentiert. Ein Angriff per Häufigkeitsanalyse scheitert.

Die Zufälligkeit des Schlüssels schützt selbst vor einem Brute-Force-Angriff: Hat man mit einem One-Time-Pad verschlüsselten Text vor sich liegen und versucht mit Brute-Force, einen sinnvollen Klartext herauszubekommen, dann stößt man irgendwann zufällig auf Schlüssel, die einen Klartext ergeben, der sinnvoll ist:

Geheimtext LGNFUHMxGHGAFDVI
 Schlüssel DFGEDHSVZDKANLSR
 Klartext ichbrauchewasser

Klartext: Ich brauche Wasser (dringender Hilferuf)

Geheimtext LGNFUHMxGHGAFDVI
 Schlüssel EGCUGLETADZHNANR
 Klartext hallowiegehtsdir

Klartext: Hallo wie geht's dir (eine ganz harmlose Frage nach dem Befinden)

Man kann mit verschiedenen Schlüsseln also durchaus sinnvolle, aber verschiedene Klartexte mit ganz unterschiedlicher Bedeutung erhalten. Probiert man wirklich alle theoretisch möglichen Schlüssel aus, so wird man auch jeden Text als Klartext erhalten, der so viele Buchstaben hat wie der Geheimtext, und somit viele sinnvolle Texte, bei denen man nicht weiß, welcher der richtige ist.

Die Zufallsschlüssel bringen aber auch ein Problem mit sich: In Krisenzeiten müssen tausende Seiten Zufallsschlüssel erzeugt werden, die dann jeder auf Vorrat haben muss. Die Logistik, die nötig wäre, um Zufallsschlüssel zur richtigen Zeit am richtigen Ort zu haben, wäre so teuer und aufwendig, dass es sich nicht lohnt, zumal das Ganze ja geheim geschehen muss.



In der heutigen Zeit findet das One-Time-Pad aber noch an einer Stelle Anwendung, bei der es sehr wichtig ist, dass keiner die Nachricht lesen kann: beim Roten Telefon zwischen dem Kreml und dem Weißen Haus. Dort wird tatsächlich noch das One-Time-Pad angewendet, was natürlich wieder das sichere und geheime Verteilen von zufälligen Schlüsseln mit sich

bringt. Es wird gelöst, indem man die Zufallsschlüssel in einen versiegelten Koffer packt, der persönlich überbracht wird. Außerdem werden nicht die Schlüssel für die nächsten zehn Jahre transportiert, da der eventuelle Verlust viel Geld kostet. Da wäre dann nur noch das Problem der Zufälligkeit der Schlüssel. Sie wird durch neuere Computer gewährleistet, und da das Rote Telefon nur zwei Enden hat, ist die Logistik nicht so aufwendig wie als hätte es tausend oder mehr.

Angriff auf verschlüsselte Texte

HUBERT CAO, CORNELIUS KUHN, ANDREAS
 MAYER

Cäsar-Verschlüsselung

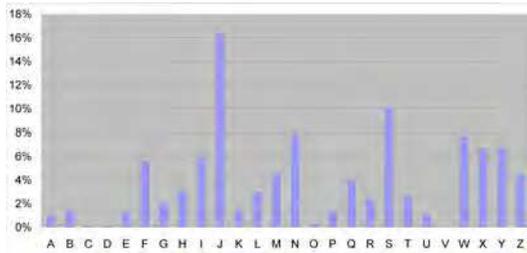
Brute-Force

Fängt man eine mit dem Cäsar-Algorithmus chiffrierte Nachricht ab und kennt den Schlüssel nicht, kann man diese Art der Verschlüsselung sehr einfach „knacken“. Da es insgesamt nur 25 verschiedene Schlüssel gibt, kann man einfach einen nach dem anderen durchprobieren, bis man spätestens nach dem 25. Versuch den Schlüssel hat. Diese Art eines Angriffs – also alle möglichen Schlüssel auszuprobieren – nennt man Brute-Force.

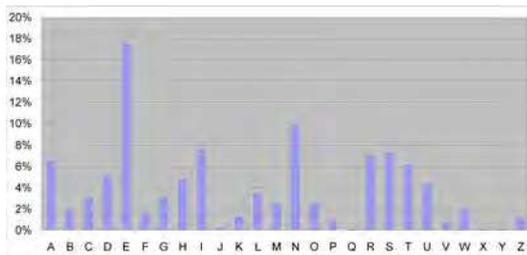
Häufigkeitsanalyse

Die Häufigkeitsanalyse beruht darauf, dass die Buchstaben des Alphabets bei einem typischen Text unterschiedlich oft vorkommen. Sie ist bei einfachen Substitutionsverfahren sehr hilfreich, wenn man die Verschlüsselung knacken will. Im Folgenden wird das anhand eines mit Cäsar verschlüsselten Textes erläutert. Wir wollen mit der Häufigkeitsanalyse den Schlüssel des Textes herausfinden.

Zuerst ermittelt man die relativen Häufigkeiten der einzelnen Buchstaben im Geheimtext. Weiß man, in welcher Sprache der Text verfasst ist (in unserem Fall ist es ein deutscher Text), so kann man das Ergebnis der Häufigkeitsanalyse mit der Häufigkeitsverteilung in der jeweiligen Sprache vergleichen. (Umlaute und Sonderzeichen haben wir der Einfachheit halber weggelassen.)

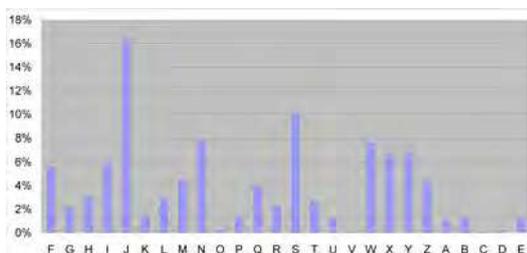


Buchstabenhäufigkeit eines mit Cäsar verschlüsselten deutschen Beispieltextes



Buchstabenhäufigkeit in der deutschen Sprache

Da es ein verschlüsselter Text ist, können die Diagramme ja nicht übereinstimmen. Somit muss man das Alphabet so lange verschieben, bis sie ungefähr übereinstimmen. In unserem Fall müssen wir unser Ergebnis so verschieben, bis das „J“ (der häufigste Buchstabe in unserem Text) auf Höhe des „E“ (dem häufigsten Buchstabe in der deutschen Sprache) ist (siehe unten), da wir davon ausgehen, dass das „E“ mit dem „J“ verschlüsselt wurde.



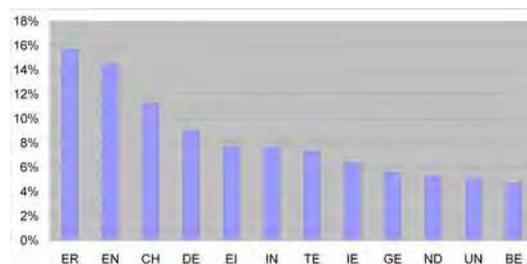
Unser Beispieltext mit Verschiebung

Wir sehen, dass die beiden Diagramme (Diagramm 2 und 3) ziemlich genau übereinstimmen und können nun mit hoher Sicherheit davon ausgehen, dass der Schlüssel 5 ist, da sich das Alphabet um 5 Stellen verschiebt ($A \rightarrow F$; $E \rightarrow J$).

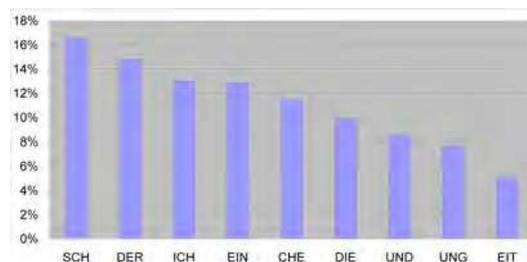
Substitution

Eine Substitution ist im Vergleich zur Cäsar-Verschlüsselung deutlich schwerer zu knacken, da es weit mehr als 25 verschiedene Schlüssel gibt. Aber auch sie kann man aber mit der Häufigkeitsanalyse angreifen:

Bei Geheimtextbuchstaben, die im Text häufiger vorkommen, kann man mit einer recht hohen Wahrscheinlichkeit die zugehörigen Klartextbuchstaben herausfinden – es sind die häufigsten Buchstaben in der jeweiligen Sprache. Ebenso sucht man nach den häufigsten Buchstabenpaaren und -tripeln im Text. Danach ordnet man die Paare beziehungsweise Tripel den am häufigsten vorkommenden Buchstabenpaaren und -tripeln in der jeweiligen Sprache zu. (Die häufigsten vorkommenden Buchstabenpaare im Deutschen sind ER und EN, und die häufigsten vorkommenden Buchstaben-tripel sind SCH und DER).



Häufigkeiten der Buchstabenpaare im Deutschen



Häufigkeiten der Buchstabentripel im Deutschen

Bei seltenen Buchstaben liegen die Häufigkeiten sehr nah beieinander. Dadurch kann man nicht genau erkennen, zu welchem Klartextbuchstaben welcher Geheimtextbuchstabe gehört. Man muss dann selbst die Buchstaben zuordnen, indem man den Kontext überprüft und schaut, dass ein sinnvoller Text entsteht.

Vigenère

Nachdem die Vigenère-Verschlüsselung jahrzehntelang ungeknackt blieb, wurde sie Mitte des 19. Jahrhundert von Charles Babbage (1791-1871) erfolgreich angegriffen. Doch Babbage veröffentlichte seine Arbeit nicht, so dass sein Verfahren später von Friedrich Wilhelm Kasiski (1801-1881) wiederentdeckt werden musste; es wurde dann nach ihm Kasiski-Test genannt.

Bei der Vigenère-Verschlüsselung funktioniert die Häufigkeitsanalyse zunächst nicht, da ein bestimmter Klartextbuchstabe mit verschiedenen Schlüsselbuchstaben verschlüsselt werden kann, wodurch sich verschiedene Geheimtextbuchstaben ergeben. Wüssten wir jetzt allerdings die Länge des Schlüssels, dann könnten wir den Text so einteilen, dass er aus verschiedenen Teiltextrn besteht, die jeweils mit demselben Schlüsselbuchstaben verschlüsselt wurden. Bei diesen Teiltextrn kann dann die Häufigkeitsanalyse angewendet werden, um den jeweiligen Schlüsselbuchstaben herauszufinden.

Beispiel

*EIWEM QCMVR JLKPG KKWT UTMCV GILTW
 KKQTE HNGIA EIWEM QCMVR HFPIA QLQPG
 FJMUR GRPHA QNCKX TLLIB NKFTF KUJAX
 QWRWX VNCCM KVRWV GERJK AZRLT UPRDI
 KTMUB OGMGM CEAIM QRQBT NCGCM GICHM
 GUEGH WGBXI NFKPM URLSM JVYGF GUDDK
 EVQXG CEWBB NZRPK ATMZY NZAIX ZTFPG
 IVMUV QEDXW GERXT NZLUH TDYIB QEYCW
 GRRTL FIMEI KEEXL EISRB CCDDK ULPKB
 XRJSN GKMA GJCCL KKGKX ULZYX EKKPM
 VVPTA GMYHM ORHDK KKWDY EIWEM QICHX
 CITRN WJBDG GZLHX EICRR KERWX RRQIM
 JVQTV WIGIR QWYRK AGRDZ TRNWB EJWHM
 GDKJL VEMIW GGCCW QERWX UVAGX EPMUM
 JVYAZ QIGIA OKFTL GTSGB VPGHH PGHEK
 GUGRT VVBDG VYCHX EICRR QWRWX MVW*

Wir wollen also die Länge des Schlüssels herausfinden. Dazu suchen wir im Text nach Wiederholungen. Da der Schlüssel sich ja immer wiederholt, könnte es sein, dass dasselbe Wort oder dieselbe Buchstabenfolge auf denselben Schlüssel fällt. Die erste Wiederholung ist *EIWEMQ*, der Abstand dazwischen beträgt 40 Zeichen.

Wenn wir Glück haben, dann handelt es sich

beide Male um denselben Klartext, und es wurde auch derselbe Schlüsselteil verwendet. Jetzt müssen wir herausfinden, wie oft der Schlüssel wiederholt wurde. Bei 40 Buchstaben wäre z. B. eine Schlüssellänge von 5 möglich: Dann wäre der Schlüssel 8 mal wiederholt worden, bis er wieder beim E anfängt. Dagegen wäre eine Schlüssellänge von 7 nicht möglich, da 40 kein Vielfaches von 7 ist. Alle möglichen Schlüssellängen sind: 2, 4, 5, 8, 10, 20 oder 40; 2, 20 und 40 schließen wir allerdings aus, da sie zu kurz bzw. zu lang sind, dass wir nicht glauben, dass sie jemand verwendet. Bei einer Schlüssellänge von 1 läge eine Cäsarverschlüsselung vor.

Wir finden jetzt die möglichen Schlüssellängen von allen Wiederholungen heraus:

von	bis	Abstand	Schlüssellänge												
			4	5	6	7	8	9	10	11					
EIWEMQ 1	EIWEMQ 2	40	X	X			X		X						
EIWEMQ 2	EIWEMQ 3	280	X	X		X	X		X						
RWX 1	RWX 2	260	X	X							X				
RWX 2	RWX 3	55				X									X
RWX 3	RWX 4	65				X									

5 ist die einzige Zahl, die bei allen Abständen passen würde, daher ist die wahrscheinlichste Schlüssellänge 5.



Wir denken nun, dass jeder fünfte Buchstabe mit demselben Schlüsselbuchstaben, d.h. demselben Cäsar-Alphabet, verschlüsselt ist. Da wir nun eine Cäsarverschlüsselung haben, können wir die Häufigkeitsanalyse. Wir teilen unseren Text also in die fünf Teile auf, die jeweils mit demselben Schlüssel verschlüsselt wurden:

1. Buchstabe des Schlüssels:
 EQJKUGKHEQHGFQGTNKQVKGAUKOCQNGGWNU

JGECNANZIQQNTQGFKECUXGGKUEVGOKEQCC
GEKRJWQATEGVGQUEJQOGVPGVVEQM

2. Buchstabe des Schlüssels:

ICLKTIKNICFLJRNLUWVVEZRTGERCIUGFR
VUVEZTZTVEEZDERIEICLRKJKLKVMRKIIIJ
ZIERVIWGRJDEGEVPIKTPCUVYIWW

3. Buchstabe des Schlüssels:

WMKWMLQGWPQMPCLFJRCRRRRMAQGCEBKL
YDQWRMAFMDRLYYTMESDPJMCZKPYHWWCAB
LCRQQGYRNWKMCRAMYGFSGWGBCCRW

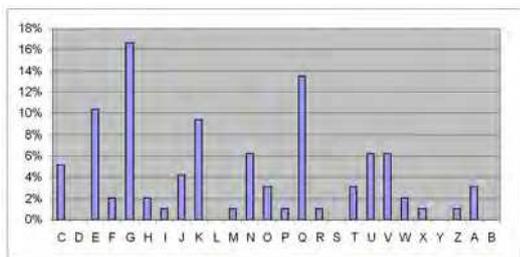
4. Buchstabe des Schlüssels:

EVPWCTTIEVIPUHKITAWCWJLDUGTBCHGXPS
GDXPBCIPUXXUICTEXRDKSICKYPIHDDEHWD
HRWITIRDWHJICWGUAITGHERDHRW

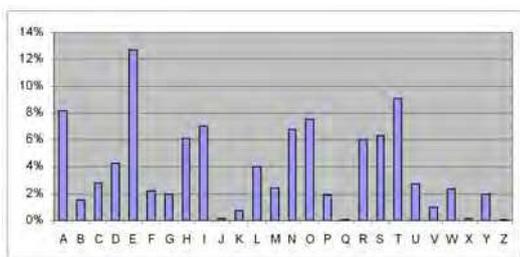
5. Buchstabe des Schlüssels:

MRGTVWEAMRAGRAXBFXMXVKTIBMMTMMHIMM
FKGBKYXGVWTHBWLILBKBNALXXMAMKYMXP
XRXMVRKZBMLWXXMZALBHKTGXRX

Auf jeden einzelnen Teil wenden wir nun die Häufigkeitsanalyse an, in unserem Beispiel auf den ersten:



Verteilung im Text



Normalverteilung im Englischen

Wir sehen: Wir haben eine Cäsarverschiebung um 2, also den Schlüsselbuchstaben „C“.

Wir führen das für alle Text durch:

Text 2: Verschiebung 17, Schlüsselbuchstabe R.

Text 3: Verschiebung 24, Schlüsselbuchstabe Y.

Text 4: Verschiebung 15, Schlüsselbuchstabe P.

Text 5: Verschiebung 19, Schlüsselbuchstabe T. Der Schlüssel ist demnach „CRYPT“.

Wenn wir den kompletten Text mit unserem Schlüssel entschlüsseln, erhalten wir den Klartext:

Cryptology humanity has concerned itself with cryptology for thousands of years however until the middle of the twentieth century it was a topic of importance to a small interested group diplomats and the armed forces in any military conflict exchange of confidential information and eaves dropping is crucial for survival due to the sensitive subject matter the vast majority of cryptore search was done in secrecy in the past the security of a cryptographic system must not depend on the secrecy of the algorithm the security is only predicated on the secrecy of the key,

Der letzte Satz ist übrigens eine sehr wichtige Regel in der Kryptologie:

„Die Sicherheit eines kryptographischen Systems darf nicht von der Geheimhaltung des Algorithmus abhängen, sondern muss auf der Geheimhaltung des Schlüssels basieren.“

Mathematik im Kurs

ARNE HANSEN-DÖRR, LEA SCHÖN

Modulo-Arithmetik

Wenn wir uns nicht gerade mit Programmieren oder bestimmten Verschlüsselungsverfahren beschäftigen, verbesserten wir unsere mathematischen Kenntnisse. Um die RSA-Verschlüsselung zu verstehen, mussten wir uns zuvor noch einige Grundlagen aneignen. Als erstes behandelten wir die Modulo-Arithmetik. Sie brauchen jetzt keine Angst zu haben, eine neue Rechenart zu lernen, denn Sie benutzen sie praktisch jeden Tag. Wenn Sie zum Beispiel jemand nach der Uhrzeit fragt und wissen will, wie viel Uhr es in 7 Stunden ist, dann schauen Sie auf die Uhr, sehen, dass es 23 Uhr ist und antworten ganz bestimmt *nicht*: „In sieben Stunden ist es 30 Uhr.“, denn diese Uhrzeit existiert nicht. Stattdessen sagen Sie: „In sieben Stunden ist es 6 Uhr.“ Nachdem man

bei 23 Uhr angekommen ist, fängt man wieder bei null Uhr an. Genau das bedeutet „modulo 24“. Man interessiert sich in der Modulo-Arithmetik nur für den Rest bei der Division. Man rechnet also: 23 Uhr + 7 Uhr = 30 Uhr; 30 Uhr : 24 Uhr = 1 Rest 6 Uhr.

Wenn man beispielsweise modulo 5 rechnet, dann benutzt man nur die Zahlen von 0 bis 4. In der Modulo-Arithmetik ergibt also

11 mod 5 = 1 (lies: 11 modulo 5 = 1),
 denn 11 : 5 = 2 5er-Rest 1
 18 mod 7 = 4, denn 18 : 7 = 2 7er-Rest 4
 17 mod 3 = 2, denn 17 : 3 = 5 3er-Rest 2
 (statt 5er-, 7er- und 3er-Rest sagt man also mod 5, mod 7 bzw. mod 3)

Auch für die Cäsar-Verschlüsselung benutzt man die Modulo-Arithmetik: Hier rechnet man modulo 26. Jeder Buchstabe von A bis Z wird durch eine Zahl repräsentiert:

A	B	C	D	...	X	Y	Z
0	1	2	3	...	23	24	25

Diese Buchstaben kann man mit Hilfe der folgenden Gleichung verschlüsseln:

Geheimtextzahl
 = (Klartextzahl + Verschiebung) mod 26

Beispiel:

Man will den Buchstaben „X“ mit der Verschiebung 6 verschlüsseln. Dazu muss man erst einmal das „X“ in eine Zahl umwandeln. „X“ wird gemäß der oben gezeigten Tabelle der Zahl 23 zugeordnet; also benutzt man statt „X“ die Zahl 23:

$$\text{Geheimtextzahl} = (23 + 6) \text{ mod } 26 = 3$$

Der Zahl 3 wird laut Tabelle der Buchstaben „D“ zugeordnet. Folglich wird „X“ bei der Verschiebung 6 als „D“ verschlüsselt.

Man kann bei der Cäsar-Verschlüsselung sogar Schlüssel verwenden, die größer als 26 sind. Als Beispiel verschlüsseln wir einmal den Buchstaben „E“, aber diesmal mit einer Verschiebung von 1433:

$$\text{Geheimtextzahl} = (4 + 1433) \text{ mod } 26 = 7$$

Die Zahl 7 wird laut Tabelle dem Buchstaben „H“ zugeordnet. Folglich wird „E“ bei der Verschiebung 1433 als „H“ verschlüsselt.

Beim Modulo-Rechnen sind wir außerdem auf Gruppen- und Körper-Eigenschaften gestoßen, wie zum Beispiel auf neutrale und inverse Elemente.

Die Anzahl der Primzahlen ist unendlich

Diesen Beweis kann man nur mit einem Widerspruchsbeweis durchführen, weil man nicht unendlich viele Zahlen nach Primzahlen durchsuchen kann:

Wenn man annimmt, dass es nur endlich viele Primzahlen $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ gäbe, diese alle miteinander multipliziert und dann 1 addiert, dann käme als Ergebnis eine Zahl heraus, die durch keine der Primzahlen $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ teilbar ist. Jetzt gibt es zwei Möglichkeiten: Entweder ist diese neue Zahl selbst eine neue Primzahl, oder sie ist durch eine andere Primzahl teilbar, die wir noch nicht in der Liste der endlich vielen Primzahlen aufgenommen hatten. Im jedem Falle hätten wir eine neue Primzahl entdeckt. Das ist aber ein Widerspruch zu der Annahme, nur die Zahlen p_1 bis p_n seien Primzahlen. Unsere Annahme war also falsch.

Euklidischer Algorithmus

Mit Hilfe des Euklidischen Algorithmus kann man den größten gemeinsamen Teiler (ggT) zweier Zahlen herausfinden: Man hat zwei vorgegebene Zahlen, zum Beispiel $a = 1239$ und $b = 168$. Jetzt sucht man bei der folgenden Rechnung einen Faktor n für die kleinere der beiden Zahlen, in unserem Falle b , bei dem das Produkt $b \cdot n$ so groß wie möglich, aber dennoch kleiner als a ist. Den Rest notiert man sich an den Rand:

$$1239 = 168 \cdot 7 \quad \text{Rest } 63$$

Nun wird die vorherige Zahl b zur Zahl a und der Rest zur neuen Zahl b , und man sucht wiederum den Faktor n :

$$168 = 63 \cdot 2 \quad \text{Rest } 42$$

Dieses Verfahren führt man solange fort, bis der Rest gleich null ist:

$$\begin{aligned} 63 &= 42 \cdot 1 \quad \text{Rest } 21 \\ 42 &= 21 \cdot 2 \quad \text{Rest } 0 \end{aligned}$$

Hier haben wir das Ende erreicht, da der Rest gleich Null ist und sehen, dass der größte gemeinsame Teiler von 1239 und 168 gleich 21 ist.

Eulersche φ -Funktion

Die Eulersche φ -Funktion gibt zu jeder natürlichen Zahl n die Anzahl der positiven ganzen Zahlen kleiner n an, die teilerfremd zu ihr sind. Zu der Zahl n heißt eine Zahl teilerfremd, wenn der ggT von n und der Zahl Eins ist.

Beispiel:

$$n = 15$$

Von den Zahlen kleiner als 15 sind die Zahlen $\{1, 2, 4, 7, 8, 11, 13, 14\}$ teilerfremd zu 15, und somit ist $\varphi(15) = 8$.



Berechnet man φ von einer Primzahl p , kann man sich die Eigenschaften von Primzahlen zu Hilfe nehmen: Eine Primzahl ist durch keine andere Zahl außer sich selbst und eins teilbar. Folglich ist $\varphi(p) = p - 1$. Das gilt bei jeder Primzahl.

Außerdem gilt $\varphi(p \cdot q) = (p - 1) \cdot (q - 1)$, falls p und q verschiedene Primzahlen sind.

RSA

LEA SCHÖN

Das One-Time-Pad bietet zwar mathematisch gesehen eine sichere Verschlüsselung, aber die

Verteilung der Schlüssel ist enorm aufwendig, risikoreich und kostspielig. Da eine sichere und recht einfach zu benutzende Verschlüsselung aber dringend gebraucht wurde, suchten verschiedene Forschergruppen nach einer Möglichkeit, die Schlüsselverteilung zu umgehen. Dazu entstand ein kleines Gedankenexperiment:

Nehmen wir an, eine Person – Alice – will einer zweiten Person – Bob – eine höchst vertrauliche Nachricht schicken. Also legt Alice ihren Brief in eine kleine Kiste und verschließt diese mit einem Vorhängeschloss, dessen Schlüssel nur sie selbst hat. Dann schickt sie die Kiste an Bob. Dieser kann die Kiste zwar nicht öffnen, aber er kann ebenfalls sein eigenes Vorhängeschloss daran hängen. Danach kann er die Kiste zurück an Alice schicken. Sie entfernt ihr Vorhängeschloss und schickt die Kiste, die jetzt nur noch mit Bobs Schloss gesichert ist, an Bob. Der kann die Kiste öffnen und die Nachricht lesen.

Dieses Verfahren funktioniert ohne persönlichen Schlüsselaustausch, aber es ist noch immer aufwendig, weil man die Nachricht oft hin- und herschicken muss. Außerdem ist das Prinzip mit den Kisten in der Realität nicht zu verwirklichen.

So entstand ein zweites Gedankenexperiment:

Bob hinterlegt an vielen Orten über die ganze Welt offene Vorhängeschlösser, zu denen nur er selbst einen Schlüssel hat. Wenn jetzt Alice eine Nachricht an Bob schicken will, besorgt sie sich eines von Bobs hinterlegten Vorhängeschlössern, legt ihre Nachricht in eine kleine Kiste und verschließt diese mit einem von Bobs Vorhängeschlössern. Dann schickt sie die Kiste an Bob. Dieser kann die Kiste dann mit seinem Schlüssel öffnen und die Nachricht lesen. Falls Eve die Kiste abfangen würde, käme sie nicht an die Nachricht heran, da ja nur Bob alleine den Schlüssel für die Kiste hat.

Auf diesem Grundgedanken aufbauend entwickelten Ronald Rivest, Adi Shamir und Leonard Adleman 1977 das RSA-Verfahren. Es wurde später nach den Anfangsbuchstaben ihrer Nachnamen benannt.

Mathematisch gesehen basiert RSA auf Einwegfunktionen, d. h. Funktionen, die nicht umkehrbar sind, und auf der Modulo-Arithmetik.

Die Mathematik von RSA ist ziemlich kompliziert, aber die Schlüsselherstellung funktioniert relativ einfach. Hier die Schritte im Einzelnen, jeweils mit einem Beispiel:

1. Finde zwei Primzahlen p und q

$$(p; q) \quad p = 17; q = 11$$

2. Berechne das Produkt n von p und q

$$n = p \cdot q \quad n = 17 \cdot 11 = 187$$

3. Berechne $\varphi(n)$

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

$$\varphi(n) = (17 - 1) \cdot (11 - 1) = 160$$

4. Finde eine Zahl $1 < e < \varphi(n)$ so, dass e und $\varphi(n)$ teilerfremd sind.

$$e = 7 \quad (7 \text{ und } 160 \text{ sind teilerfremd})$$

5. Finde eine Zahl d so, dass gilt:

$$e \cdot d \bmod \varphi(n) = 1$$

$$d = 23 \quad 7 \cdot 23 \bmod 160 = 1$$

Der öffentliche Schlüssel setzt sich aus n und e zusammen.

$$(n; e) \quad (187; 7)$$

Der private Schlüssel setzt sich aus n und d zusammen.

$$(n; d) \quad (187; 23)$$

In Wirklichkeit sind die Primzahlen so groß wie nur möglich, um ein hohes Maß an Sicherheit zu gewährleisten. Denn wenn man RSA knacken möchte, müsste man n faktorisieren, das heißt, man müsste die beiden Faktoren p und q herausfinden. Das geht aber nur durch systematisches Ausprobieren, denn es gibt keine Formel zum Faktorisieren von Zahlen. Je größer also n ist, desto länger bräuchte man, um die beiden Faktoren p und q herauszufinden, und desto höher ist die Sicherheit dieses Schlüssels. Die Sicherheit von RSA basiert also nicht etwa auf einem komplizierten Algorithmus, sondern auf der Größe der Primzahlen, die für die Erstellung des Schlüssels verwendet werden.

Seinen privaten Schlüssel hält jeder geheim, seinen öffentlichen Schlüssel stellt man ins Internet.

Zur Verschlüsselung eines Textes benötigt man den öffentlichen Schlüssel der Person, der man die Nachricht schicken will.

Geheimtext und Klartext sind in Zahlen umgewandelt, da Computer nur mit Zahlen ar-

beiten und RSA nur mit Zahlen funktioniert.

Sei m eine Klartextzahl. Dann kann man die zugehörige Geheimtextzahl c wie folgt berechnen:

$$c = m^e \bmod n$$

$$m = 88 \quad c = 887 \bmod 187 = 11$$

Zur Entschlüsselung eines Textes, den man von einer anderen Person bekommen hat, benötigt man seinen eigenen privaten Schlüssel $(n; d)$:

$$m = c^d \bmod n$$

$$c = 11 \quad m = 1123 \bmod 187 = 88$$

Man nennt RSA ein asymmetrisches Verschlüsselungsverfahren, weil man zum Ver- und Entschlüsseln zwei unterschiedliche Schlüssel benutzt. Ein asymmetrisches Verschlüsselungsverfahren hat viele Vorteile, so kann man zum Beispiel mit RSA nicht nur E-Mails verschlüsseln, sondern auch digital signieren. Das ist wichtig, weil ansonsten ein Dritter die Nachricht abfangen und etwas dazuschreiben könnte.



Um eine E-Mail digital zu signieren, verschlüsselt Alice ihre Nachricht mit ihrem eigenen privaten Schlüssel, denn dann kann Bob die Nachricht mit Alice öffentlichem Schlüssel entschlüsseln und somit sichergehen, dass die E-Mail auch wirklich von Alice stammt.

RSA ist auch heute noch das am häufigsten benutzte und sicherste Verfahren zur Verschlüsselung von Texten.

Besuch von Herrn Esslinger

NADINE FEIRER

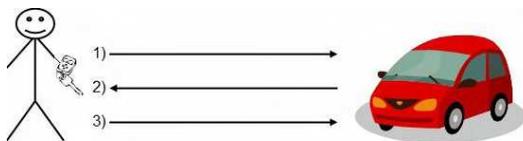
Endlich war es soweit, heute würde Herr Esslinger, der bei der Deutschen Bank für IT-Sicherheit und Kryptographie zuständig ist, zu uns kommen, uns einiges über diese erzählen und hoffentlich auch unsere endlosen Fragen beantworten.

Herr Esslinger erzählte uns, dass sein Interesse für Kryptographie mit einem Volkswirtschafts- und Informatikstudium angefangen hat. Dann ging's zu SAP, bei der er als Verantwortlicher für die firmeninterne IT-Sicherheit arbeitete. Nun ist er bei der Deutschen Bank und dort Leiter für Technology Research und Verantwortlicher für das Kryptographie-Kompetenz-Center und PKI (Public-Key-Infrastruktur). PKI ist ein System, welches es ermöglicht digitale Zertifikate auszustellen, zu verteilen und zu prüfen.² Außerdem ist er der Entwickler von CrypTool³, ein Programm mit dem kryptographische Verfahren angewendet und analysiert werden können und das jeder aus dem Internet herunterladen kann. Zudem unterstützt CrypTool ein modernes Lernen an Schulen und Hochschulen. Des Weiteren ist er als Dozent am Institut für Wirtschaftsinformatik der Universität Siegen tätig.

Er erzählte uns vom alltäglichen Gebrauch von Kryptographie, und manchmal waren wir ganz schön überrascht, dass alles gar nicht so sicher ist, aber gleichzeitig auch fasziniert. Als Beispiel erzählte er uns, wie ein elektronischer Autoschlüssel funktioniert.

Eine erste Methode war, dass der Schlüssel ein geheimes Codewort an das Auto sendet. Dieses Verfahren ist jedoch sehr unsicher: Ein Dieb könnte die Verbindung abhören und das ausgespähete Codewort erneut an das Auto senden („Replay-Attacke“).

Mithilfe der RSA-Verschlüsselung kann man dies deutlich sicherer gestalten:



Öffnen einer Autotür mit RSA

Zuerst schickt der Schlüssel einen Code (etwa eine Zahl) an das Auto, der mit dem öffentlichen Schlüssel des Autos verschlüsselt ist (1), danach berechnet das Auto aus diesem

Code einen neuen (z. B. das Quadrat dieser Zahl), verschlüsselt ihn mit dem öffentlichen Schlüssel des Autoschlüssels und schickt ihn zurück (2). Der Schlüssel berechnet wiederum aus dem zurückgesendeten Code einen neuen (indem er etwa 1 addiert) und schickt diesen neuen Code an das Auto (3). Die Autotür öffnet sich.

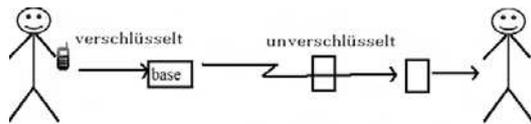
Aber Kryptographie wird nicht nur zum Öffnen einer Autotür verwendet, auch beim Online Banking wird sie benutzt. Hier die drei aktuellen Möglichkeiten, bei den ersten beiden Verfahren sind die TAN-Nummern bekannt, bei Verfahren 3 jedoch nicht:

1. Man gibt eine PIN (Persönliche Identifikationsnummer) und eine TAN (Transaktionsnummer) ein, für die TAN-Nummer erhält man eine Liste, aus der man eine beliebige TAN auswählen kann.
2. Als Weiterentwicklung benutzt man eine indizierte TAN-Liste. Jetzt kann man sich die Nummer nicht mehr aussuchen, sondern bekommt die Indexnummer und muss dann die zugehörige TAN eingeben.
3. Ein ganz neues Verfahren nutzt eine Smartcard, die mit privaten und öffentlichen Schlüsseln umgehen kann und nicht mehr mit TAN-Nummern arbeitet. Man muss jedoch ein Kartenlesegerät anschaffen.

Aber diese zwei Beispiele sind wahrscheinlich für die meisten von uns noch nicht so wichtig, interessanter sind für Jugendliche das Telefonieren mit dem Handy und das Versenden von E-Mails, die beide nicht wirklich sicher sind und die eigentlich jeder lesen oder mithören kann. Zum Beispiel ist beim Handy nur der erste Teil des Weges verschlüsselt und somit sicher, der Rest ist unverschlüsselt und leicht mitzuhören. Dies kann man indem man einfach selbst eine Basisstation nachbaut, die eine höherer Sendeleistung hat. Dann schickt das Handy die Informationen nämlich nicht an die richtige Basisstation, sondern an die Nachbarbaute, somit kann man nicht nur sehr private Informationen des anderen mithören und sie später verwenden, sondern kann zusätzlich auch sehr leicht Personen orten. Dies ist jedoch gesetzlich verboten und nicht zur Nachahmung empfohlen.

²<http://de.wikipedia.org/wiki/Public-Key-Infrastruktur> (letzter Besuch 18.10.2008, 15:48Uhr)

³CrypTool: www.cryptool.de (letzter Besuch 18.10.2008, 15:48 Uhr)



Weg des Telefonats

Bei den E-Mails ist es noch leichter, da sie gar nicht verschlüsselt sind. So kann z. B. jemand etwas hinzufügen und der Empfänger (Bob) weiß nicht, dass dies gar nicht der Versender (Alice) geschrieben hat. Dies wäre z. B. mit einer Signatur nicht möglich.



Abfangen und Verfälschen einer E-Mail

Deshalb gibt es Programme, mit denen man seine E-Mail verschlüsseln und auch signieren kann. Voraussetzung ist, dass der Empfänger dieses Programm auch hat, sonst kann er die Mail nicht lesen. Ein solches Programm ist z. B. PGP (Pretty Good Privacy), eine freie Version davon ist GnuPG (Gnu Privacy Guard)⁴, die jeder aus dem Internet herunterladen kann.

Dieses Programm erstellt einen privaten und einen öffentlichen Schlüssel. Mit dem öffentlichen Schlüssel des Empfängers kann der Versender einer E-Mail diese verschlüsseln und nur der Empfänger kann sie mit seinem privaten Schlüssel wieder entschlüsseln. Außerdem kann man mit seinem privaten Schlüssel eine Mail signieren, damit der Empfänger sicher sein kann, dass die E-Mail wirklich vom Versender stammt.

Nachdem Herr Esslinger uns dies alles erklärt hatte, waren endlich unsere Fragen an der Reihe. Eine unserer Fragen war z. B., was wäre, wenn RSA geknackt würde. Daraufhin antwortete er, dass dies furchtbar wäre, aber es Alternativen geben würde. Es müssten jedoch schnell neue Hard- und Software installiert werden und der Großteil der Kommunikation wür-



de am Anfang nicht funktionieren. Wir fragten auch, ob es einmal einen unbrechbaren Algorithmus geben wird. Daraufhin sagte er, es gibt nur einen, das One-Time-Pad. Außerdem wollten wir wissen, ob alle Länder RSA benutzen. Seine Antwort war, dass dies alle Länder außer Russland verwenden, da in Russland RSA verboten ist. Dafür hat Russland einen RSA-Ersatz, der es der Regierung ermöglicht, die verschlüsselten Nachrichten zu lesen.

Nach unserer Fragerunde schaute er uns noch ein bisschen bei der Kursarbeit zu und unterstützte uns dabei. An diesen Tag werden wir uns noch lange erinnern.

⁴GnuPG: <http://www.gnupg.org>



Rätselspaß

PATRICK CASPARI

Jetzt können alle Interessierten ausprobieren, ob sie das Zeug zum Kryptoanalytiker haben.⁵

Zum Einsteigen beginnen wir mit etwas Einfachem, einem Cäsar-verschlüsselten Text:

KYYZG TJGTY KOTKY HAXMK YHXAK YZATM
 JKXXO ZZKXL OVVOT BURRK XXAKY ZATMJ
 GNUXX ZKKXB UTATZ KTQXG INATJ JGINZ
 HKOYO INOIN YINGA SGRTG INATJ RKNTZ
 KYOIN OTBUR RKXXA KYZAT MCKOZ AKHKX
 JOKHK YGMZK HXAKY ZATMN OKXBK XRUXK
 XTATG RYHGR JFAKX YZJKT NKRSA TJJGT
 TJKTN GRZCU XGALB KXLUR MKTJY ZAXYK
 OTFOK RKXVG AYKTR UYHOY ATZKT LOKRA
 TJNOK XBKXR UXKXJ AXINY KOTYZ XKHKT
 GRYJX OZZKY TATGA INTUI NYKOT RKHKT

⁵Die Benutzung von technischen Hilfsmitteln lindert Spaß. Leute, die die Texte in weniger als einer halben Stunde entschlüsseln können, sind vom Wettbewerb ausgeschlossen. Bei Risiken und Nebenwirkungen lesen Sie die Packungsbeilage und fragen Sie ihren Arzt oder Kursleiter. Wer als erstes alle drei entschlüsselten Texte einem Kryptographie-Kursler vorlegt, bekommt einen Bundesverdienstkeks am Bande, gegen Aufpreis auch mit Schleife.

GTJKS KXMGF FHKYU TJKXY NOTMJ KXHRK
 INYIN GJKTC GXTAX MKXOT MATJJ OKSUX
 GRBUT JKXMK YINOI NZLGR RYLGR RKTJJ
 ABUSJ GINBK XYINC GTJKY ZYUHX KSYHK
 BUXJA ATZKT RGTJK YZ

JGYKT JKJKY XOZZK XLOVY BUTNK OTFKX
 NGXJZ

War doch ganz einfach, oder? Darum gehen wir jetzt eine Stufe höher und machen mit einem etwas schwierigeren weiter: Einem 649 Zeichen langen Vigenère-Text.

VMFWK GWXWG UNVLD TVPZR VWDKZ GZPOB
 JISYB VYVXI ZRWKT RRPKT KNCGZ TRIRR
 LWIBH WCLKR YFTRL TLDPT ZALXI MOYMF
 HBHJE XPVLX EIVIC BTLLK OSFKW CTDHX
 IBVRL AEXZX MFGVZ GZIWP RVOYA FIJTR
 RYKHI BJIAC IXJGZ GMDMV RPYPU IELYE
 QWLTK NEHSI XNIDA IXHAT QEVMU WQKXJ
 WAVQX XIFHS XFGDX OJGZL EZIKI FOBEI
 IYBFL LJWMA CYYIS GJEPY XKDDX GRSPA
 RODXT SJPMA VRPYP LRVWZ KRGZM XUMWH
 EGBID WISMH MFSLK KEEOM YTVKX LWUWP
 YLPGT WDXWA RLXZR WOUVR XPPVL FJPYX
 ZVASC HOMVX XKEKE MHNXD KRLKM KIFYX
 WEFIA YKKIL TCHIV QNXIN TVUXY VLEBD
 SWGHO KZWUW LVMFT QBXEF IMCVY IFSRK
 VRQIG XXXWC CBT LX QPZRV CHSHH WXJDF
 GHYPW YDLRV WYGEI FQVSE CISIX XVGHW

DXZPH ISGVW VICBT LLHFX IHWRO DXEJR
 FXIOW CRLTI OPVWR WKICJ MUWRB VVTM
 NDVXH NEVZP RNXCX WOBEI IEDLR GZTWZ
 IXLWU IFFOK LJPPC XIZTM WTXIF IXBTL
 LKOKR HWIBE VMUWX OKKI

Na, geschafft? Nicht schlecht. Wenn Sie den nächsten auch herauskriegen, können Sie sich bei der NSA als Kryptoanalyse-Fachmann bewerben. Bühne frei für den 996-Zeichen-Substitutions-Text.

GHTFH TOHSV IHUIH SBSWB LLHTH QIHWL
 HFIHP XWWHO WHSWS OWGHT IZOHV ZOWGP
 QHTQY FQUWH OWHSW SOWGH TIUQH FHWOW
 GPQHT QYQWG HTUIB GIZTO QIBMX LXTBG
 XHTSQ HUUVQ AHOWG YHSXH TIHGH WXLUH
 WUQVB LIHTP XWZOH WZVXW BIHWD OTGHV
 QAHPX WFBOH TLLXC GXLUH WVQIH QWHTB
 CIYHA XHEZI BWLBU UDBTH QWFHU OMSGH
 TUMSD QHYHT VOIIH TDHLM SHTXL UHWFT
 BISBH SWMSH WOUHT PQHTH WYHGB MSIHD
 HQLBF HTGBU UIBVV SQTWQ WIBAI YHFLQ
 HFHWD BTLHF IHGHT SBSWD HQTHT BLUUH
 QWQMS IUYHU MSHSH WHTAX WWIHL BOZHW
 OWGBO ZHQWH TUIBW YHUQI HWHTP HTUOM
 SIHUX YBTOA TBHSH WGQHU BLLHU YBHWL
 QMSXS WHAXE ZXLUH WZOHI IHTIH GBUIQ
 HTQWG HWZXL YHWGH WIBYH WVQIS QLZHH
 QWHTQ QEIII HHTIT XEZIH QSVHQ WHVQU
 MSOWY BOUVQ LMSOW GDBUU HTQWG QHUEH
 QUHTX HSTHB OUUHT GHVVX MSIHV QAHAL
 HQWHA XHTWH TXLUH WUIHL LIHVQ AHBOU
 OWGPH TLBWX IHZOH WZOWG DBWQY MHWIH
 QWITQ IIGHW AXEZX BHIII HTYHT WUHEB
 TBIPX TYHZO HTIGQ HUHTD BTBLT HTGQW
 YUPXW HQWHT ABIHY HZTHU UHWDX TGHWG
 HTSBS WPHTG QHWIH FQUOP QHTIB OUHWG
 ZOHWZ SOWGH TIGXL LBTQV VXWBI HTDOT
 GHUHS TZHII BHSWL QMSDQ HGHTU EBHII
 HLPQU BSLTH QMSHL BWGDQ TIHQW GHWOU
 BAXHE ZIHWG BTBOZ SQWQS THSBH SWHQW
 GHTSX ZZWOW YBOZH QWHLO ATBIQ PHHQW
 WBSVH ROHLL HBLLH QWBLT HBWGH THWII
 HTHUI BTFHW THMSI UMSWH LL
 BOUGH VYHXU HEIHV FHTBO UYBFH 2008

Molecular Medicine – A journey into our body

An introduction to our course

FELIX GRAW

At the opening weekend in June we first met and got to know each other.

We – that are our course leaders Annette, Sabine, Elisabeth and Xin and ten members of the molecular medicine course who travelled to Adelsheim from all over Baden-Württemberg.

After a short introduction, we started off with a very funny, but also very difficult experiment. In groups of four we had the task to build a cover for an egg which had to be protected, because the egg should be thrown out of the window of the first floor.

The problem was that we only got a piece of paperboard, a balloon, a string and a pair of scissors.

Surprisingly, it was possible to build such a cover as two groups were successful and the egg didn't break. After this entertaining start, we began to plan the summer academy.

The course leaders informed us about the main topics, handed out some material and everybody chose a topic, which he/she was going to present in August.

Our course was held in English because four Chinese students were also taking part in the programme.

Of course, the Chinese members couldn't come to the opening weekend. So everybody was very curious at the beginning of our academy in August to finally meet them. They quickly integrated into the group and we soon became friends.

During the two weeks of the academy, our course examined a lot of topics concerning the human body.

We started with anatomy and had a closer look at different organ systems of our body, so the urinary system and the digestive system. We

learned how the organs of these systems function, e.g. the kidneys, the liver and the pancreas. Furthermore, we talked about the vascular system with the heart and the blood and about the brain.

But we did not only work theoretically, we also had very interesting work experiences. So our course leaders organized pig organs and we dissected them.

For most of us this was a new but very interesting experience.

We analyzed histological slides of the discussed organs under the microscope and learned a lot about tissues and cell structures. So we had proceeded to the histological level of our body.

In the second week, we heard about the basics of the hormone system and its function in the human body.

Finally, we got onto the molecular level of our body and were introduced to the DNA, its replication, transcription and translation. We got to know the processes when a cell is dividing and what happens, if this is not properly regulated: cancer.

In order to see how research actually looks like, our course went to Heidelberg to the German Cancer Research Center (DKFZ). A scientist told us about her work, which deals with mechanisms of cancer formation resulting from a wrong hormone system, and showed us the laboratory.

As you can see from this report, we had two wonderful and interesting weeks at Adelsheim and we thank our course leaders very much for introducing us to this new world of molecular medicine...



In the back from left to right:

Hülya

- Always good-humored
- Turkey is her home
- Table tennis queen of Adelsheim

Dimi(tri)

- Speaks nonstop (even when nobody is listening to him)
- Black-haired half-Greek
- The table tennis king of Adelsheim

Yannik

- “The Clicker” during our PowerPoint presentations
- Got the gist immediately
- Paramedic in his school

Florian

- Guitarist with a fixed finger nail
- Some call him Flori, others Flo or Flocke
- Very nice curly hair

Felix

- Life-Science-Lab

· A passionate photographer

· Team worker

Elisabeth

- Camera-shy but nevertheless photogenic
- Our hormone expert
- Our tall student mentor

Paul

- Knows all Chinese table tennis players by heart
- Open-minded
- Liked German food and chocolate

In the front from left to right:

Xin

- Superb Power Point presentations
- Smiles all the time
- Speaks very good English

Sabine

- Always prepared to take risks. As a result she is often injured
- Huge amount of general knowledge

- Remains calm no matter how difficult the situation is

Natalie

- Has a lovely voice
- Plays tennis (very well!)
- Our guide in Heidelberg

Ailís

- Plays the piano very well
- Native speaker
- Her explanation of the heart made our hearts beat faster

Sandra

- Loves playing tennis with Natalie
- Smiles all the time
- Drinks a whole Vittel bottle during each lesson

Sarah

- Is very musical
- Played “Fußbodenheizung” with Ailís
- Got on very well with our Chinese friends

Janina

- Stagestruck
- Freezing all the time
- Loves eating fruit and vegetables

Lily

- Sang the DNA song ALL the time
- Liked German dancing
- A very outgoing person

Lily

- Polite and friendly
- A calm personality
- Keeps contact with the German participants

Helen

- Loves the DNA song
- Stabbed Dimitri’s finger 5 times
- Played badminton very well

Annette

- Laughs a lot
- Studies Molecular Medicine in Erlangen
- Makes a lot of jokes

Heart to Heart

AILÍS HUNT-HANEY

We have all watched a film or a series, during which at some point a person is brought to hospital, severely injured. Well known examples of series are “Emergency Room” and “Grey’s Anatomy”. The ambulance arrives at the hospital, the patient is quickly brought into the Intensive Care Unit and the surgeons start their work. But sometimes even they come too late. The heart monitor, also called electrocardiogram or ECG, shows a straight line, a long sound is to be heard. The person is dead.

Usually, however, the heart monitor shows a line resembling a row of mountains. It shows the electrical activity of the heart. This is one of the topics related to the heart I am going to explain to you in the following text. Enjoy yourselves!

Cross my heart and tell the truth

My heart is located in the thoracic cavity between the lungs.

This area is called the mediastinum. The tip of the heart, where the strongest sound may be heard, is just above the diaphragm and points left of the midline. Hence people have the impression that their heart is on the left side of their upper body.

Just as the whole body has an outer layer, which is the skin, the heart also possesses an outer membrane. This skin consists of three layers called the pericardial membranes (see Figure 1). Under these three layers you find the heart muscle which is called myocardium. The last layer of the heart wall is called endocardium. It is very smooth, which is a necessity for the heart – a rough surface would cause blood clotting.

My heart is my home

The heart can be compared to a house with four rooms, connecting doors, and doors exiting. The heart has four chambers and valves

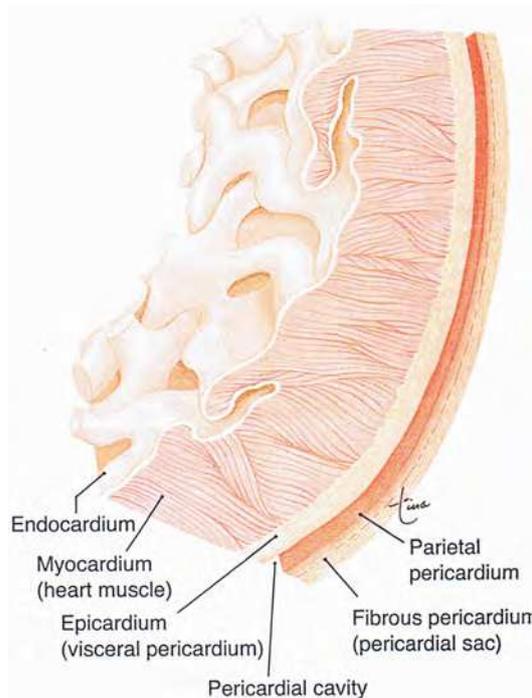


Figure 1: Layers of the wall of the heart and the pericardial membranes.

connecting the chambers of the heart; other valves allow for blood to exit the heart.

However, not only does the heart have four different chambers, but it is also divided into two halves: into the right half and into the left half. The upper level of the heart gives the right and the left atria (singular: atrium) and the lower level represents the ventricles, as you can see in Figure 2.

I'm stirring up my blood!

Blood flows from the inferior and superior vena cava into the right atrium; when the pressure of the blood flowing from the veins into the atrium is high enough, the tricuspid valve is forced open. The tricuspid valve, which is also called the right atrioventricular valve (right AV valve), is found between the right atrium and the right ventricle, and prevents backflow of the blood. All this can be followed by looking at Figure 2.

Two thirds of the accumulated blood flows passively into the right ventricle; then the atrium contracts to pump the remaining blood into the ventricle. This contraction is called the systole. After the systole comes the dias-

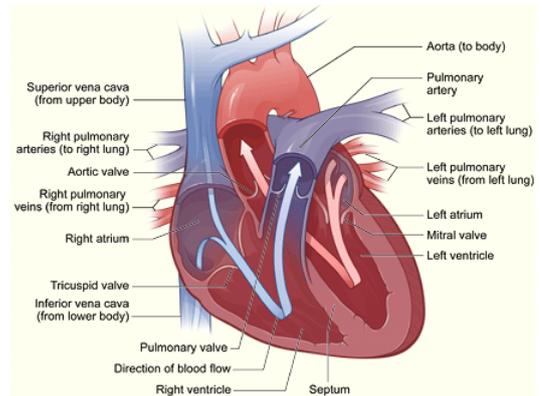


Figure 2: Frontal section of the heart in anterior view, showing internal structures and the blood flow through the heart.

tole, i.e. the relaxation phase begins. At this time, when the atrium is relaxing, the ventricle begins to contract and starts its systole. The blood forces the tricuspid valve closed and opens the pulmonary semilunar valve. The pulmonary semilunar valve is found between the right ventricle and the pulmonary artery. The pulmonary semilunar valve then opens and blood flows into the pulmonary artery, exiting the heart.

The blood flow from the veins into the right half of the heart and out of the heart is shown as a blue arrow in the diagram. Blood then flows to the lungs to be oxygenated, flowing then back to the heart, entering it through the left and right pulmonary veins. The procedure which takes place in the right half of the heart is repeated in the left half of the heart; the blood flows into the atrium, then passively runs into the ventricle and the atrium contracts to pump the remaining blood into the atrium. Due to the pressure in the ventricle the mitral valve (the left AV valve) is forced closed and the aortic valve, leading to the aorta, is opened. This blood flow is also shown in Figure 2; the red arrow symbolises the oxygenated blood running through the heart. The blood now flows through the aorta into the rest of the body and supplies it with oxygen.

Follow your heart!

How is my heartbeat caused? We asked ourselves this question as part of our course. The answer is pretty simple: you might be able

to recall that your heartbeat consists of two beats, a first, strong one and a second, light one. The first beat, the longest one, is caused by ventricular systole closing the left and right AV valves. The second one is caused by the closure of the aortic and pulmonary semilunar valves.

You can define the cardiac cycle as the sequence of events occurring during one heartbeat.

Where does my heartbeat come from?

The cardiac cycle is the result of the cardiac conduction pathway. The cardiac conduction pathway is the electric activity of the heart, whereas the cardiac cycle is the mechanic activity of the heart. Electrical impulses flow through the myocardium of the heart and cause systole and diastole of the heart's chambers. If these electrical signals were not to happen, the heart would not function properly and would stop beating. So the electrical signals are essential for our survival. This electrical pathway can be observed in Figure 3, shown below.

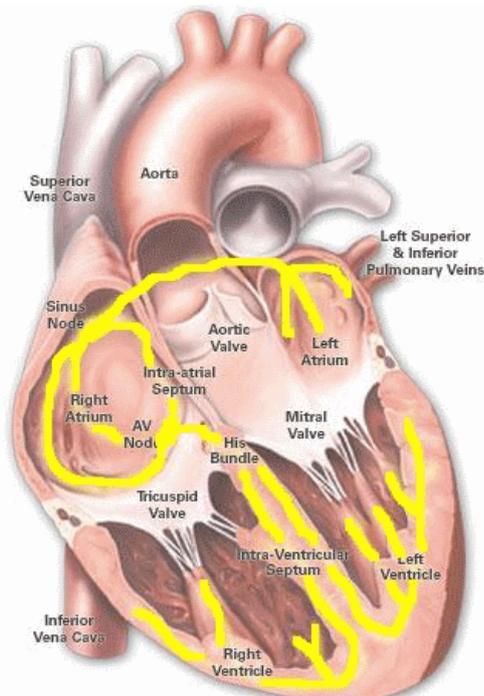


Figure 3: The cardiac conduction pathway is the electrical activity of the heart.

Our electrical signals travel a long way through our heart to facilitate the proper function there-

of. The main pacemaker of the cardiac conduction pathway is the sinoatrial node (SA node), which is a group of muscle cells which are located in the right atrium. The SA node sends off an electrical signal which then travels through the right atrium to the atrioventricular node (AV node) which can be found between the right atrium and the right ventricle. The AV node is the only way for the electrical signals to travel from the atrium into the ventricle. This pathway from the SA node to the AV node brings about atrial systole. To make not only the right atrium, but also the left atrium contract, the electrical signals also travel into the left atrium through small fibres leading from the SA node into the left atrium. Now, the impulses are transmitted by the atrioventricular bundle (AV bundle), which is also called the bundle of His, to help cause ventricular contraction. The electrical signals, which are the main parts of this pathway, leave to the left and right bundle branches. And from the bottom of our hearts they lead into the Purkinje fibres, which then lead to ventricular systole.

The digestive system

JANINA FAUSEL

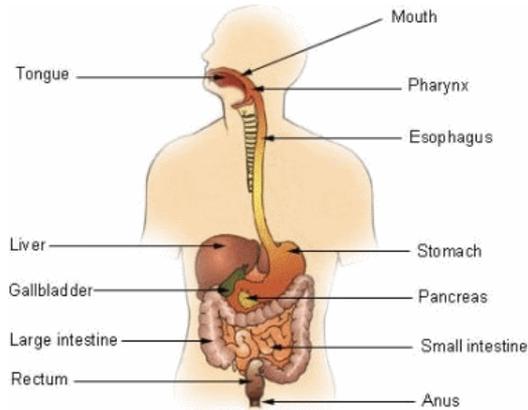


That is the major question I want to explain to you now. Please have a look...

Here you have got a picture with all the important organs which are part of the digestive system.

What are the several functions of each organ and in which order do all actions take place?

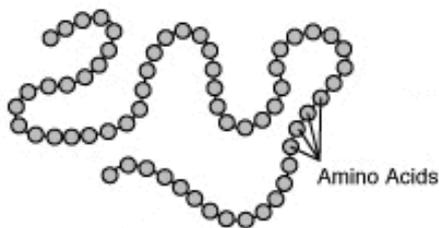
1. So first, you put something into your *mouth*. There you chew it into smaller pieces. Sugars in the food are already broken down (this is done by an enzyme called amylase).
2. Then you swallow and the journey goes on. The food moves through your *esophagus*



The digestive system

into your...

3. *Stomach*. There, all the proteins contained in the food lose their structure. You have to imagine that each protein is a long chain of amino acids. Normally this chain is folded quite complicatedly in a way, that the protein structure is compressed. In the stomach this structure is lost and the amino acid chains are unfolded.



Amino acid chain

4. After that, the food is transported into the *small intestine*. It is the main organ to digest food and absorb nutrients.

It is also the largest part of the digestive system and is divided into 3 parts:

- the duodenum
- the jejunum
- the ileum

There the chains of amino acids are split up into the single amino acids.

5. The following *large intestine* is the last part of our digestive system and it is divided into five parts.
6. Finally, the food (or better the remainders) leaves your body through the *anus*.

This is the way our food moves through our body.

But two other important organs are also part of the digestive system.

One of them is the *liver*.

Its main function concerning digestion is the production of bile which breaks fat pieces into smaller ones.

The second is the *pancreas*.

It produces different enzymes which support e.g. the splitting of the protein chains into their components.

Histology

Now, after having explained to you the functions of the organs, we will just have a short closer look at the layer of our small intestine, which gets in contact with the food: the *mucosa*.

First, you can see a picture of it...

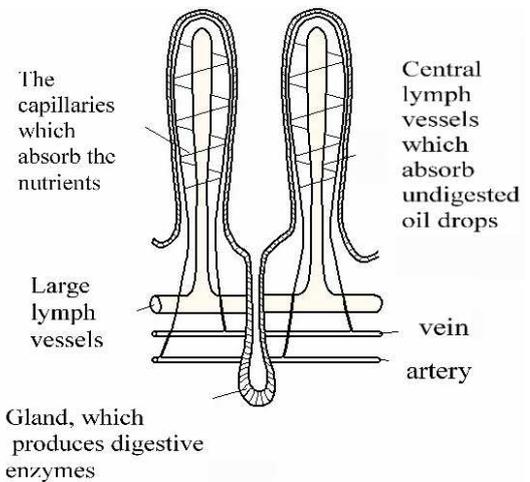


Diagram of the mucosa of the small intestine

In this picture you can see the structure of the mucosa of our small intestine.

The structures above the large lymph vessels are called villi.

And the glands, which are below the large lymph vessels, are called crypts.

The gland you can see at the bottom of the picture produces enzymes, which support the digestion of the food. These enzymes are given into the small intestine where they are needed. This action is called secretion.

The nutrients from the food are absorbed at the surface of the villi and get into the blood vessels of the mucosa.

This way we are provided with the energy without which we could not move or do anything, without which we can not survive.

After we had learned so much theory within our course, we also had the chance to prepare real pig organs:

- the small intestine
- the liver

First, we all were a little bit scared about it, because no one of us has ever seen a real organ before.

After we watched how Annette, our course teacher, cut it into pieces and explained us the several parts, we could make our own experience with the organs.

It was a very strange feeling, very much blood and at first we could not distinguish the different parts, everything looked the same, but then we learned it and it was a lot of fun!

Now we have talked about the digestive system, but you have already noticed, that this system just takes up nutrients and other substances from our food.

Maybe you are wondering what happens with fluids we drink, after they are absorbed, or what happens with metabolic end products our body can not use anymore.

You will learn something about this by Hülya in the next part.

The Urinary System

HÜLYA ERBİL

As we learned, the digestive system is responsible for the food we eat. However, my topic, the urinary system, is very important for the process of transforming fluids we drink and substances in our blood into urine.

The urinary system consists of the two kidneys (left and right), two ureters, urinary bladder and the urethra (see Figure 1). You have to imagine that one part of the blood, that will later become urine, first travels through the blood vessels and then enters the kidneys (left

or right); after that it goes into the ureters (left or right), then into the urinary bladder where it is stored and last but not least through the urethra out of the body. But now I will mainly focus on the kidney and first the most important things to know are the structure and the function of the kidneys.

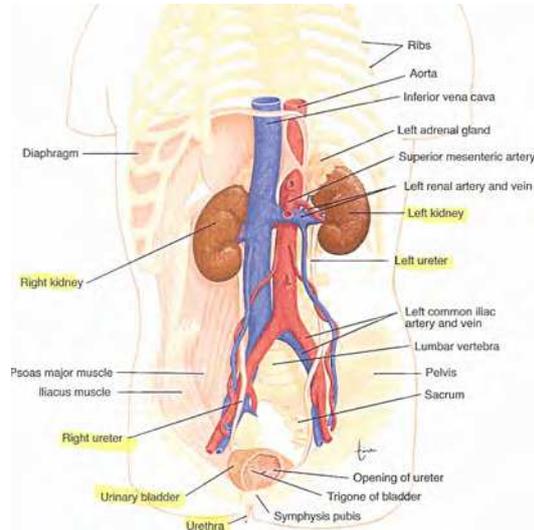


Figure 1: The urinary system

So let's begin with the structure: The kidney can be distinguished into 3 main areas:

First we have the renal cortex. It is a tissue layer just like the second layer, which is called the renal medulla. The last area is a cavity formed by the expansion of the ureter and is called the renal pelvis (see Figure 2).

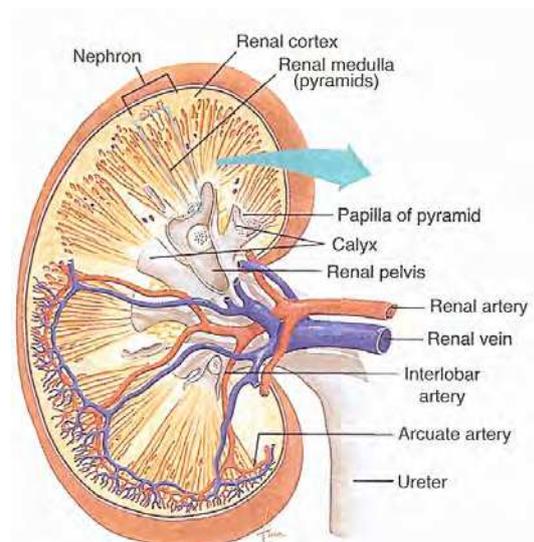


Figure 2: Structure of the kidneys

And of course the structure is strongly related

to the function. So the kidney is responsible for the production of urine, for the excretion of metabolic end products. Another function is the monitoring of our blood's pH, body's water and salt. Furthermore, it has to control our blood pressure. On top of that, hormones are produced and secreted here.

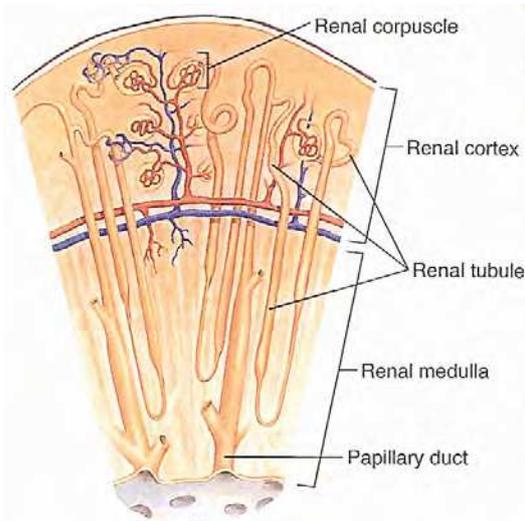


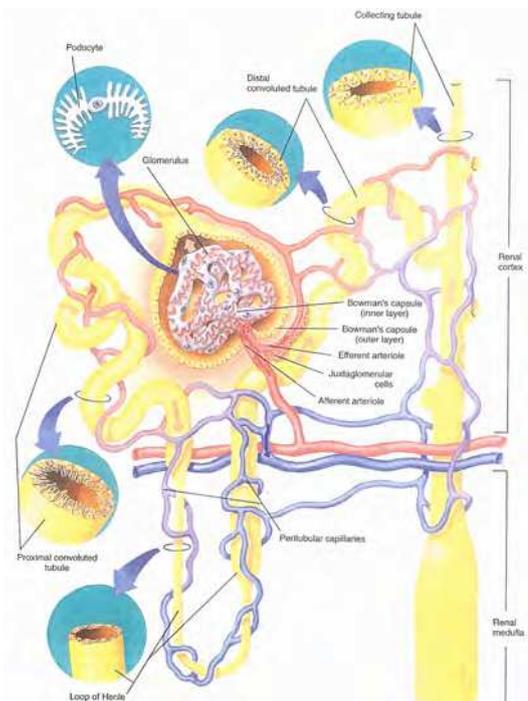
Figure 3: Structure of the nephron

Looking at Figure 3, you can see the structural and functional unit of the kidney: The nephron. Each kidney consists of about 1 million nephrons. Having a deeper look onto the picture we can see that a nephron consists of 2 main parts: Renal corpuscle and the renal tubules (Figure 3). The renal corpuscle itself consists of the glomerulus and the Bowman's capsule.

You have to imagine that the blood comes from the afferent arteriole (see Figure 4) and goes to the Bowman's capsule where it is filtered. The filtrate is no longer blood, but it is called renal filtrate and will later become urine. Then this renal filtrate goes out of the renal corpuscle and into the second part of the nephron, namely through different tubules.

The so called renal tubules continue from the Bowman's capsule and consist of: the proximal convoluted tubule, the loop of Henle, the distal convoluted tubule and the collecting tubule. Every tubule has very thin walls which provide an efficient exchange of materials and are surrounded by peritubular capillaries (tiny blood vessels). Their function is to receive the

material that is reabsorbed into the blood.



The tubular system

But how is urine formed?

The answer to this is simple: There are three major actions happening in the kidney.

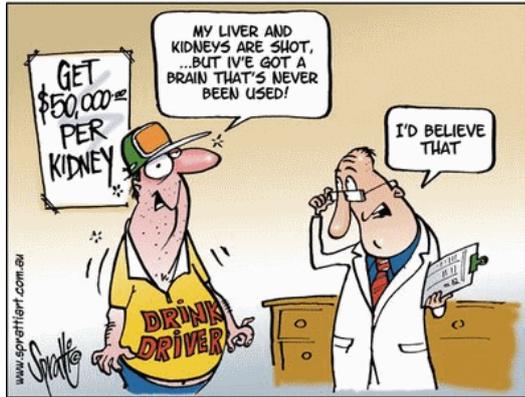
The first action is in the glomerulus. High blood pressure forces plasma, dissolved materials and small proteins into the Bowman's capsule and produces the renal filtrate.

The second action, the tubular reabsorption, takes place from the renal tubules into the peritubular capillaries. In other words: In one day the kidneys form about 150-180 litres renal filtrate, but we only excrete 1-2 litres of urine, because 99% of the renal filtrate are given back to the peritubular capillaries.

The last action is the tubular secretion. It ensures that substances, e.g. substances that are toxic for our organism, are secreted from the peritubular capillaries into the renal filtrate and so it changes the composition of the urine.

So one could say that the tubular reabsorption and the tubular secretion act in opposite directions.

And in the end a funny picture!!



The Brain

SARAH WALTHER

Besides the heart, the digestive system and the urinary system, we also talked about the brain.

The brain is the control center of the central nervous system, responsible not just for behavior, but also for movement and muscle coordination. In mammals, the brain is located in the head, protected by the skull and also includes the primary sensory apparatus of vision, hearing, balance, the sense of taste and smell.

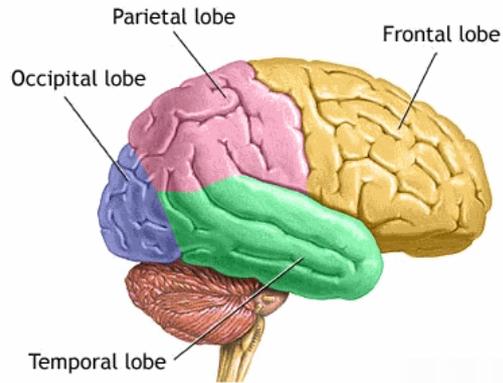
The human brain weighs about three pounds or 1.5 kg. In its natural state it is very soft, having approximately the consistency of pudding. When alive the brain is pinkish on the outside and mostly white on the inside.

Anatomy

The brain of the human body consists of five parts: The cerebrum and the cerebellum, the interbrain, the midbrain and the afterbrain.

The *cerebrum* is divided into the right and left hemisphere. Everything we feel, touch, see, hear, smell, taste, but also what we think is processed in the cerebral cortex. For the different perceptions, different regions in the cortex are responsible:

1. Frontal lobe: It is used for reasoning, emotions, judgment and voluntary movement.
2. Parietal lobe: It contains important sensory centers (only for the sense of touch).



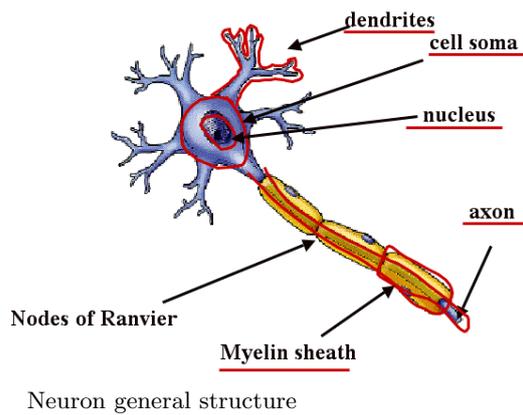
3. Occipital lobe: It processes sensual information from the eyes.
4. Temporal lobe: It contains centers of hearing and memory.

The *cerebellum* also consists of two parts. It is responsible for the coordination of movements. If the cerebrum, for example, says: “Walk!” to the leg muscles, this command is first sent to the cerebellum, which then coordinates the performance of the movement. The function of the cerebellum will be reduced by the consumption of alcohol, so a drunken person is unable to walk straight along.

The midbrain, the interbrain and the afterbrain make up the *brain stem*. It has got a smooth surface and it is the connection to the spinal cord. Here, essential processes are steered, independently of our consciousness. The brain stem is the center for the rhythm of breathing and of our gut, for vomiting and it controls our heart beat.

Histology of the brain

The brain is composed of two classes of cells, neurons and glia. Neurons are cells in the nervous system that process and transmit information by chemical signals within the neuron. They are the core components of the brain. Glial cells actually outnumber the neurons by about 10 to 1. Glial cells provide support and protection for neurons. The four main functions of glial cells are to surround neurons and hold them in place, to supply neurons with nutrients and oxygen to insulate one neuron from another, and to destroy pathogens and remove dead neurons.



In our course we had a look at the brain cells under the microscope, which was very interesting. First it was very difficult to find everything, but after some time it became clearer. We saw the cortex with lots of cell bodies and also the pituitary gland. The pituitary gland is located at the base of the brain and secretes hormones regulating homeostasis of the body. We also had a look at the hypothalamus, which is located just above the brain stem. It is the control center of many autonomic regulatory activities of the body. In the hypothalamus we could see the axons of the neurons, which looked like long fibers.

Dissection of the brain

Like the heart, the liver and the kidneys, we dissected the brain of a pig, which is very similar to the human brain. Before dissection, I was very excited, because I had never done something like this before. I have never seen “real” organs in detail and so I did not know how my reactions would be. Fortunately, everything came up roses and my fear whether I would maybe topple down did not become reality.

In general, the pig brain was very interesting. You could see the interesting structure and even the brain skin. I mostly liked the cerebellum, which was bordered clearly of the rest of the cortex. The cerebellum looked like a leaf of a tree with all its grey nerves.

For me it is unbelievable that such a small organ is steering all the relevant functions and the behavior of the whole body. Furthermore

the whole knowledge, memories and feelings are stored in it. Therefore it was very interesting for me to have a look at the brain and I still marvel lots of times about it.



Dissection

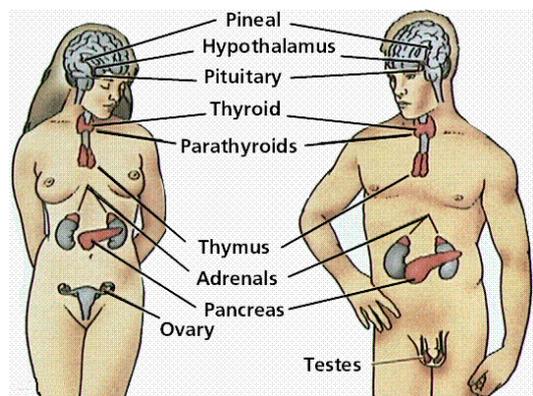
Above I have already talked about hormones, which can be produced by some parts of the brain, as for example the pituitary gland. But now Sandra will explain to you more in detail how hormones exactly work.

Hormones

SANDRA SALVASOHN

Hormones are chemical messenger substances in our body which transport signals from one cell to another. So they can influence growth, development, function of many organs, body temperature, salt and water balance, coordination of metabolism and so on. . .

The hormone system is also called endocrine system. It consists of glands located in the whole body that are able to secrete hormones.



Different glands of the hormone system

After the hormones are secreted, they are released directly into the bloodstream. They flow through it and when they reach a cell which has got a suitable receptor they bind to this receptor and cause an effect. A hormone is like a key that fits only into its proper keyhole. It depends on the target cell and its expression of receptors whether the cell reacts to a hormone.

In most cases these receptors are located on the cell membrane. But some hormones (e.g. the steroid hormones) are able to pass through the cell membrane and bind to a receptor, in the cytoplasm or the nucleus. When the hormone has bound to its receptor this activates biochemical reactions inside the cell (the so called primary response).

Hormones can cause one or more effects in the target cell. And in different cells, a certain type of hormone can also have different or even opposite effects. That means: in one muscle cell for example, the hormone can cause relaxation and in another cell the same hormone can cause contraction of blood vessels.

Already very little amounts of hormones can cause a big effect. And therefore it is important that hormone secretion is regulated. This is the task of so called control cycles. There are a lot of different control cycles. Via these control cycles the hormone production can be charged or reduced and so the amount of hormones can be influenced.

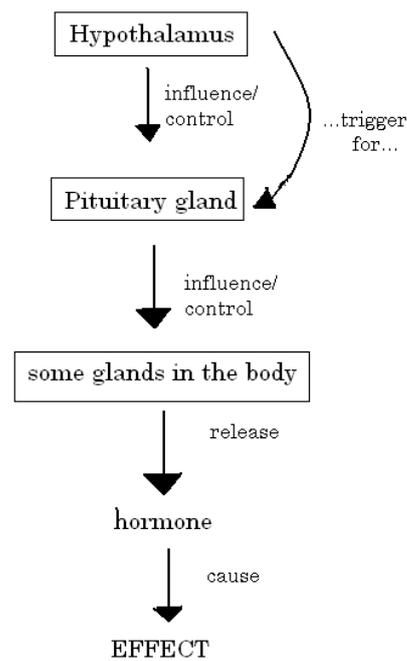
One important control cycle is the so-called hypothalamus-pituitary axis. This control cycle consists of more than only one step:

The hypothalamus is the superior inceptor. At first, it releases the so called releasing-hormone that causes the secretion of another hormone in the pituitary gland.

This hormone causes a peripheral endocrine gland to produce a third hormone. This third hormone generates the main effect.

The concentration of this hormone in the blood is permanently controlled. The hypothalamus and pituitary gland get a feedback and so they can increase or reduce the hormone secretion (positive/negative feedback).

Now to the pancreas:



Hypothalamus-pituitary axis

The two hormones insulin and glucagon produced by the pancreas both regulate the blood glucose level, just with opposite effects. They are antagonists. Insulin is responsible to keep up the nominal value during the day. For example when we eat something and our blood glucose increases, insulin is released into the blood. The effect: The glucose is absorbed by the tissue cells, the blood glucose level decreases. Later, when the glucose level reached the nominal value, the insulin production is reduced, too and so the balance can be kept up.

Diabetes

If this system does not work well, one will develop diabetes.

Diabetes is a metabolic disease. The main symptom is the increased concentration of glucose in the blood. The reason for this is either absence of insulin or insensitivity to insulin. Depending on the cause there are two different types of diabetes (Type I and Type II). The frequency in Germany is about 550.000 cases of type I and about 5 millions of type II. Type I has its onset especially among children and teenagers, but there is no age limit. Type II affects adults from about 40 years on.

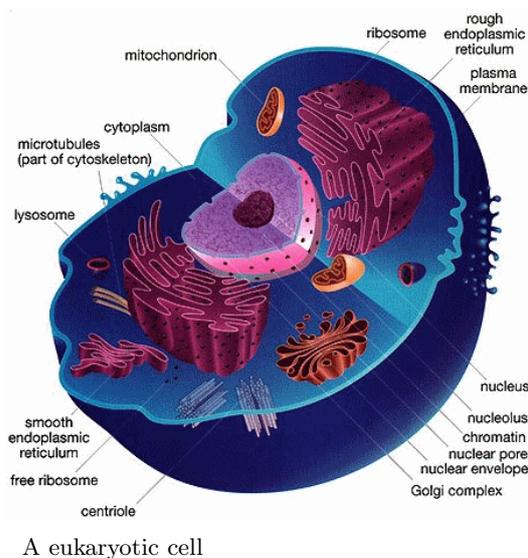
In general: Transport of information by the hormone system is not as fast as by the nervous system. That means: When the hormones are released from a gland, it can take a few seconds (e.g. adrenalin) up to hours or even days to cause an effect.

After we had looked at many different systems in our body so far, for example the hormone system, we went on to the molecular level, to the DNA and its elements.

DNA – The Genetic Information

FLORIAN GÖSER

The DNA (deoxyribonucleic acid) is a molecule which is located in the nucleus of every single cell. This molecule contains the genetic information to make all the proteins of our human body.



The structure of the DNA

The DNA has a double helix structure and is made up of 2 single-strands.

A DNA strand consists of nucleotides. They are composed of a base, a sugar and a phosphate.

In the DNA we can find four different types of bases: Adenine (A), Thymine (T), Guanine (G) and Cytosine (C).

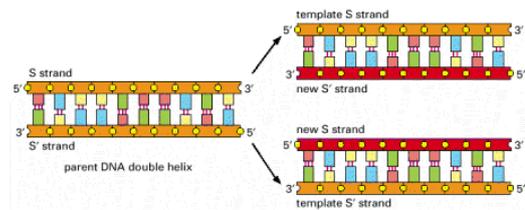
Hydrogen bonds between the bases of the two DNA strands make the DNA strands stick together.

Adenine always binds to Thymine and Guanine always binds to Cytosine.

The duplication of the DNA

If a cell divides, the DNA also has to be copied. Therefore the two strands first separate from each other and are then used as templates for new DNA strands. That means that to each base of the two original strands binds a nucleotide with the correct “partner-base”.

So to every nucleotide with an A base will bind a T base and to every nucleotide with a C base will bind a G base. The bound nucleotides form the new DNA strands.



DNA replication

The messenger RNA (m-RNA)

If a cell has to build a protein, the genetic information of the DNA in the nucleus is needed.

BUT that is a big problem, because the proteins are built in the ribosome, which is located in the cytoplasm, and the DNA with the needed genetic information is in the nucleus and cannot leave it. So there has to be a link between the DNA in the nucleus and the ribosome. This link is called the messenger RNA. The messenger RNA is a copy of the DNA, which can be carried out of the nucleus to the ribosomes. The difference between the DNA and the messenger RNA is that the messenger RNA is single stranded and has uracil bases instead of thymine bases.

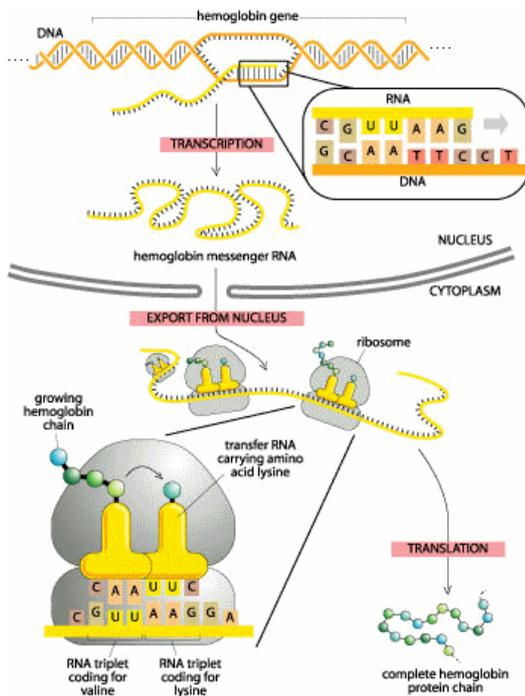
mRNA, transcription and translation

How is a protein actually built?

In a process known as transcription a molecular machine first unwinds a section of the DNA helix to expose the genetic instructions needed to assemble a specific protein molecule. Then these instructions are copied and a molecule known as messenger RNA is formed. When the transcription is complete the slender RNA strand carries the genetic information through the nucleus pore complex into the cytoplasm.

The messenger RNA strand is directed to a two part molecular factory called a ribosome. In the ribosome the process of translation begins: inside the ribosome the messenger RNA gets translated into many amino acids which will make up the protein. The sequential arrangement of amino acids determines the type of the protein.

When the chain of amino acids is finished, it is moved from the ribosome to a machine which folds this chain properly. Then the protein is complete and ready for usage.



mRNA, transcription and translation

DNA in bacteria

One difference between the DNA in an animal cell and in a bacterium is that the genetic information in a bacterium just lies loose in the

cytoplasm. This ring of DNA in a bacterium is called a plasmid.

The plasmid lies in the cytoplasm of the cell, in contrast to an animal cell, there is no nuclear membrane in a bacterium, and the plasmid is easy to manipulate. That is why it is often used for genetic engineering.

The manipulation of the plasmid in a bacterium can for example be used to produce proteins, e.g. insulin. Therefore, scientists remove a piece of the plasmid DNA strand and put the genetic information for insulin production into the plasmid.

The DNA system looks quite safe, but sometimes there are also exceptions to that.

If the so called cell cycle does not work correctly there is a potential of getting one of the worst diseases known in our world – cancer.

Cell Cycle and cancer

DIMITRI NOTHDURFT

To understand how cancer really works, you first have to know what the cell cycle exactly is:

The cell cycle is the cell's daily schedule, that means every cell goes through this schedule once a day.

During the 4 phases of this schedule, namely the Gap phase 1 (=G1), the Synthesis phase (=S), the Gap phase 2 (=G2) and the Mitosis phase (=M), the cell is divided.

In each of the phases mentioned above something happens:

During G1 the cell organelles and proteins are doubled, so that they can be transferred to the 2 daughter cells later.

During S Phase the DNA is doubled.

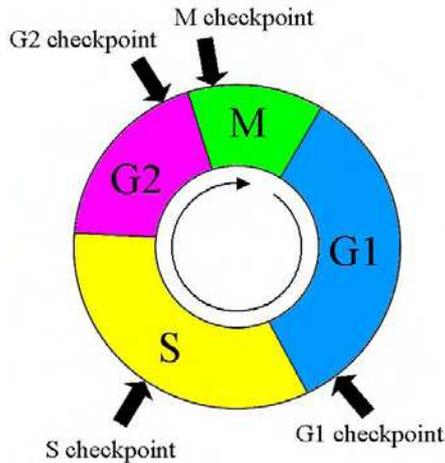
During G2 the cell is prepared for the M Phase, during which the cell is finally divided into two daughter cells.

In order to avoid unwanted mutations in the cells' genomes, the cell cycle has several checkpoints at which the result of each phase is checked.

The 3 main checkpoints are the G1, the G2 and the metaphase checkpoints.

The G1 checkpoint controls, whether doubling of organelles and proteins has taken place properly.

At G2 checkpoint the replicated DNA is controlled for mutations.



The cell cycle

Then in the middle of the Mitosis Phase the complete cell division is controlled. To continue with the next phase after a checkpoint, there has to be a special signal. This signal is only sent if the product of the phase does not have any mistakes. If there are mistakes like for example mutations in the DNA, the cell tries to solve the problem via its cell repair mechanisms.

If it is not possible the cell kills itself (Apoptosis).

But how is this complex cycle controlled? Interestingly it is controlled by two types of proteins: the CDKs (cyclin dependent kinases) and the cyclin proteins.

Cdks are enzymes which control cell activity by adding phosphate groups to certain proteins. But they can only work if they are directly bound to cyclins. So the time when the CDKs are active can be controlled.

After we had learned all this, we thought the cell cycle was a quite safe way of doubling cells.

But despite this save system there can be irregularities in the cell cycle. These can cause problems like disease cancer, a highly dreaded disease which was our next topic.

Cancer cells are cells which have unlimited potential regarding growth and reproduction. This means they can double as often as they want. Together they make up a tumor, a large accumulation of cancer cells. Such tumors can be built up nearly everywhere in the human body.

But how exactly is cancer caused?

Normal cells are influenced by factors in the environment, called carcinogens. Carcinogens can be, for example, UV radiation, different chemicals in food or polluted air. These carcinogens work as so called mutagens. Because they can change the cell's DNA so that essential cell functions can be affected.

For example, a mutagen can change the gene for encoding a certain hormone receptor so that this receptor binds to other hormones.

Through this change the production of cell growth factors can be increased.

That could lead to cancer formation.

These mutated genes which can trigger uncontrolled cell growth are called oncogenes.

Surprisingly that is not the only way of inducing cancer cells:

There are also some viruses which have oncogenes integrated into their genome.

When docking onto a host cell, the RNA of the virus modifies the normal cell's DNA and adds these oncogenes. As a result of that the host cell eventually grows uncontrolled.

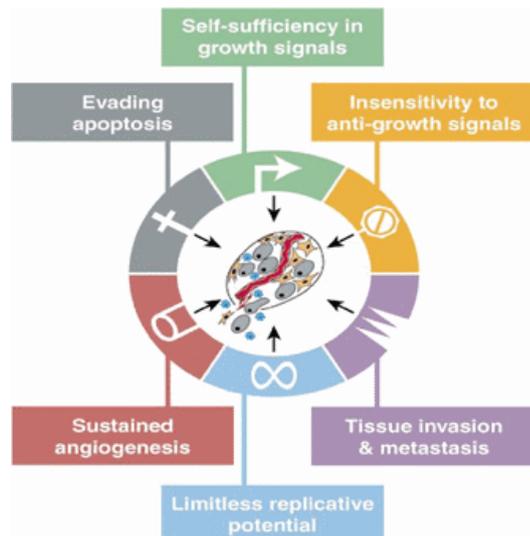
After we had studied the development of the cancer cells we went over to their abilities.

We talked about the scientific publication "Hallmarks of Cancer", by Robert Weinberg, which describes six acquired abilities of cancer cells by which you can characterize and recognize them. (The single hallmarks are shown in the picture below.)

As we first heard these complicated names we were unable to deal with them, but their meaning was explained to us shortly afterwards:

Self-sufficiency in growth signals

The cell is able to produce its own growth signals and does not depend on signals from the



Cancer hallmarks

outside. Therefore it grows limitless.

Insensitivity to antigrowth signals

The cell does not react to signals from the outside which make a normal cell stop growing.

Limitless replicative potential

The cell can divide as often as it wants (normal cells have a limitation).

Evading apoptosis

The cells are able to inactivate their apoptosis function, which means that the cell cannot kill itself when it detects a mutation in the DNA.

Sustained angiogenesis

The cancer cells can induce connections from normal blood vessels to a tumor. Through this ability the tumor never has any problems with getting nutrients.

Tissue invasion and metastasis

At a certain stage the cells of a tumor can travel to another part of the body via the blood vessels and build up a tumor there. So if a tumor is removed from your body, there is still a chance of getting cancer a second time.

Finally I can say that the high amount of new information has helped us moving on to a totally new perspective on cancer and the cell cycle.

After all the theory on the molecular level in the last lessons, it was our turn again to do also some practical things.

Another Way of Blood Donation

YANNIK LAICH

This lesson we wanted to make an experiment with our blood. At first, we got the description of the experiment which was called the blood smear experiment. After reading and posing some questions, we started with cleaning the microscope slides with water and after that with alcohol. Then, we took our gloves and we discussed who should be stabbed into the fingertip. The stabbing was a little bit painful (especially for Dimitri who was stabbed a lot of times). After several trials, we succeeded to smear the blood drops onto the microscope slides. So we had to make two microscope slides with a blood smear.



The Staining of our slides

But the two smeared blood drops had no real colour so that we still had to do the Pappen-

heim staining. This staining gives the blood cells some colour so that we can distinguish them under the microscope. When the two preparations had been air-dried, we covered them with some May-Grünwald solution and waited for 3 minutes. After that, we had to add some drops of distilled water and 1 minute later we poured of the May-Grünwald solution. After cleaning the slides carefully with distilled water, we had to cover the preparation with another toxic solution: The Giemsa solution. After that, we waited for fifteen minutes, which was a good possibility to talk to each other. Then we had to clean the preparations again with distilled water and the glass undersides with alcohol.



There were lots of stairs to the castle

As the preparations were dried, we put a drop of oil on them because we used a special microscope which only worked with oil. Under the microscope we were able to see our blood cells, especially the erythrocytes and the leucocytes, which had different colours and forms. It was very interesting to have a look on your own blood with the blood cells, but the experience how to make a microscope slide was also very good. So all in all it was a very interesting lesson.

The excursion

YANNIK LAICH

On Monday, we had our excursion to the German Cancer Research Center in Heidelberg so that we were able to get an insight into real research. We had to get up early in the morning and after a short breakfast we went to the

train station by car. The ride on the train was a good possibility for sleeping and relaxing some time.

One and a half hour later, we arrived at the main station in Heidelberg. We went by bus through Heidelberg to Heidelberg's Old Town where we saw the church, the Neckar Bridge and some famous shops like the chocolaterie YilliY. But of course we also visited Heidelberg's most famous sight: Heidelberg Castle. We had to climb 330 steps, which was very exhausting. But as we arrived in the palace garden, we forgot the stress because of the great view.



Cleaning of our slides

From the castle's balcony, we were able to see nearly entire Heidelberg for example the Neckar with the great promenade, the impressive church, the mountains. . . After some time of relaxing and eating our lunch packets, we had a look on the huge wine barrel and made a short tour through the German Pharmacy Museum. Then, we had to go back to a bus station in the city center. Our next destination was the Café Frisch where we had lunch which tasted very good.

First thing after lunch, we went by bus to the German Cancer Research Center (DKFZ), which was actually the main target of our ex-

cursion.

There, at 2 pm, we met Professor Doris Mayer, a scientist who researches in the DKFZ. At the beginning of her presentation, she wanted to check our knowledge on hormones. Then, she talked about the basics of the endocrine system and how insulin and estrogen are able to influence cancer: These two hormones can stimulate the cell growth or even cause cancer. After a short break, she talked about her own research, which deals among others with a vicious cycle with insulin and estrogen in cancer development. In the end, we had the possibility to look into a real laboratory, where she showed us the most important equipment which is used by her students and her researchers.



Doris Mayer explained how to use a pipette

After this very interesting visit and a short travel through Heidelberg, we arrived in a Chinese restaurant where we had made a reservation for dinner. The buffet was very rich and delicious and we had a lot of fun during the dinner.

The return journey in the train was also amusing. But unfortunately we did not have enough space in the cars to transport all people and so some people had to walk from the train station back to the LSZU. The walk was a little bit exhausting after a day like that and so we

arrived totally tired at 10 pm.

All in all, the excursion was very good for the atmosphere in our course and we got to know each other much better.

An essay on our course atmosphere

NATALIE PLEWIG

Nobody in our course had a real idea of what the work in the course would look like. It could be like in school, with a formal atmosphere, a defined structure and where the single individual is not that important. Or it might be a group, which can be compared to a workshop, where you achieve not a feeling of hierarchy, so see the group as a whole and where you reach something through teamwork. So there were some conceptions, but nobody really knew.

But what we then experienced during the opening weekend surprised the majority. Our teachers often changed their presentations and used a variety of media. This factor and the illustration with pictures, videos and everyday life examples, made it easier for us to understand. That is why we got a good impression of molecular medicine, about which we would learn in detail during the academy. Experiments that were conducted right at the beginning made us think that practical work would make up an important part of our work, what was different to school lessons. One was able to do something and reason by oneself. Because this aspect was pushed strongly by the course teachers, they clarified, that we should ask questions to show them that we understood the topic and that we dealt with the subject. Nevertheless, at the beginning, nobody was brave enough to do this. We wanted to leave a good first impression.

At the end of the opening weekend we were told the topics of our presentations. We had to choose between topics that dealt with the brain and the nervous system, the digestive system, the urinary system and the heart. After we had decided, we got the corresponding information material. Then we were told to amplify the contact with the German partici-

pants and to get in touch with the Chinese participants for the first time, by reporting about how the work for the presentations went on. The anticipation for the academy grew with the contact with the course participants, with the preparation of our presentations and with receiving the script that contained the basic principles of molecular medicine. And meanwhile the time until the academy passed by...

There we were then: the beginning of the academy. Now everything would really start, although we had experienced a lot and collected different impressions so far. In that situation, it was comforting to spend some time in the common environment of the course. It was now, that we met the Chinese participants for the first time and before we started with Molecular Medicine, we got an interesting insight to Chinese culture. That delivered new topics of conversation with the Chinese participants.

The following days our course teachers and we, the course participants, changed into presenting and working on the course topics. With that we talked through all the topics bit by bit. Here, the practical part was not neglected. We had a closer look at pig organs and investigated histological slides through the microscope. During our work in the course we grew together more and more and the special feeling of us as a whole group rose increasingly. Everyone got in contact with everyone and step by step friendships were built – not only on one nation – level. Of course, the course teachers were included in our group, too. There was no teacher-pupil-connection between us, but a peer-to-peer-relationship, where everyone faced the other one with respect.

This especially became obvious during the rotation. In small groups of three, we worked out self-chosen topics, whereat we were supported optimally by the course teachers. Material, for example, that they had used in their presentations so far, could be used by us without any exception, what made it ways easier for us to prepare. But the time to finish was quite short and that is why some of us were a bit stressed. But also in this situation, the course teachers acted understandingly, which calmed

us down. Eased and satisfied, as everybody was after the rotation, personal conversations were conducted, that dealt with the own presentation or the rotation on the one hand and with our own person on the other hand. That enforced the feeling as a unity, because the single person felt understood and encouraged to open up a bit more.



Our course in the Chinese restaurant

With this knowledge, our behaviour changed. We finally asked more and more, and even wanted to know things that transferred what we discussed to other topics, for example. We always admitted that we sometimes did not understand. In fact, some days before, our course teachers had recognised a certain disquiet, after that, they discussed the reason for this with us and started to change their way of presenting immediately. Fortunately, everything got resolved fast and improved very much.

Now everyone was looking forward to our excursion to Heidelberg which was an unique highlight. Not only because of the informative content, but also because we grew together again. After the effective trip, the final spurt started: We all aimed for the comprehensive closing presentations that contained a lot of work. Luckily, in this phase, we were supported by our course teachers again. This rich processing step represented the perfect forerun to the ending, because during the last moments and the farewell, we were extremely happy with what we achieved since our arrival in Adelsheim. On our way home we looked back onto the experiences we collected and swore to never forget the great time we spent in our course at Science Academy 2008.

Was wir wirklich wissen können!



Philosophieren bei der Science Academy

INGVELDE SCHOLZ

Sie lesen diesen Text, um sich über den Philosophiekurs bei der Science Academy zu informieren. Natürlich gehen Sie davon aus, dass Ihre Handlungen Ihrem Willen gehorchen, und denken wie wir alle, Ihr Wille sei frei. Aber ist das eigentlich so klar? Sie denken doch auch, dass jedes Ereignis eine Ursache hat. Dann hat auch die Tatsache, dass Sie etwas wollen, eine Ursache. Und diese Ursache wieder eine Ursache. Und so weiter, bis zu einer Ursache, die nicht mehr in Ihrem Einflussbereich liegt. Dieser Überlegung zufolge wäre Ihr Wille nicht frei. Und schon sind Sie mitten im Philosophieren und im Philosophie-Kurs!

In unserem Kurs sind wir verschiedenen philosophischen Fragestellungen auf den Grund

gegangen: Was können wir Menschen wissen? Was ist eigentlich Wissen? Gibt es universale moralische Werte? Gibt es einen allmächtigen, allgütigen und allwissenden Gott? Und wenn ja, wie kann er dann das Böse zulassen?

Die Antworten, die verschiedene Philosophen auf diese Frage gefunden haben, sind natürlich nur so gut wie die Argumente, die diese Antworten stützen. Um möglichst präzise zu argumentieren, haben wir am Vorbereitungswochenende daher zunächst die Struktur und Funktionsweise von Argumenten kennen gelernt und unser neu erworbenes Wissen in praktischen Übungen erprobt. Gut gerüstet und voller Erwartung sind wir in die Sommerakademie gestartet, um uns einigen besonders spannenden Problemen der Philosophie zu widmen.

Zu Beginn zog uns die Gottesfrage in ihren Bann und wir erfuhren, was die großen Philo-

sophen dazu zu sagen bzw. zu schreiben hatten. Einige Kursteilnehmer hatten uns in informativen und kurzweiligen Vorträgen einen Überblick und einige Einblicke in die grundlegenden philosophischen Positionen vermittelt. Das Gehörte mündete in lange und intensive Diskussionen über die zentralen Fragen dieses Themenbereiches: Gibt es einen Gott? Welche Argumente sprechen dafür, welche dagegen? Wenn es einen Gott gibt, wie kann man dann das Leid erklären?

Anschließend stand das Problem der Willensfreiheit auf unserem Programm. Verschiedene bekannte und weniger bekannte Philosophen (wir!), die sich noch zu waschechten Philosophen entwickeln wollten, sind daher in Form von Vorträgen und leidenschaftlichen Diskussionen der Frage nachgegangen, ob unser Wille frei ist. Die Vorstellung, dass alle Entwicklungen in der Welt aufgrund der Naturgesetze vorherbestimmt sind, nennt man Determinismus. Freier Wille und Determinismus scheinen unvereinbar zu sein. Aber ist das wirklich so? Es gibt Philosophen, die das bestreiten. Wenn wir aber annehmen, keinen freien Willen zu haben, können wir dann überhaupt noch sagen, wir seien für unser Handeln verantwortlich? Wieso sollten Sie dafür gelobt werden, die richtige Entscheidung getroffen zu haben, wenn Sie eigentlich gar keine Wahl hatten?

Am Schluss galt unsere Aufmerksamkeit der Ethik. Denn moralische Werturteile sind für unser Leben von grundlegender Bedeutung: Stehlen ist schlecht, Lügen auch, im Bikini am Strand liegen dagegen kein Problem. Doch wie lassen sich diese Urteile eigentlich begründen? Gibt es vielleicht moralische Gesetze? Entwickeln Menschen diese Regeln? Oder sind sie absolut? Haben verschiedene Kulturen verschiedene moralische Werte oder haben manche Kulturen die falschen moralischen Werte? Zum letzten Themenkomplex haben wir die chinesischen Lehrer von der China-Akademie in den Schulgarten zu Kaffee und Kuchen eingeladen, um uns mit ihnen über das Thema „Kulturrelativismus“ auszutauschen.

In unserem Philo-Kurs haben wir in Einzel-, Partner- oder Kleingruppenarbeit anspruchsvolle Texte gelesen und unsere Ergebnisse in

Kurzreferaten präsentiert. In tiefeschürfenden, aber mitunter auch sehr erheiternden Gesprächen oder Podiumsdiskussionen wurden verschiedene Positionen heftig verteidigt oder ab und an auch hartnäckig hinterfragt.

Und schließlich haben wir auch zwei Gastredner eingeladen, die durch ihren psychologischen bzw. philosophischen und naturwissenschaftlichen Blickwinkel unsere Fragestellungen bereichert haben: Dipl.-Psych. Gabriele Hettinger und Prof. Dr. Kurt Wuchterl. Vor allem der Vortragsabend mit Thema „Willensfreiheit“ von Herrn Prof. Wuchterl, der die Geistes- und Naturwissenschaften in seiner Person vereint, war für uns alle ein echtes Highlight. Und der anschließende philosophische Abend stieß auch bei den Zuhörern aus den anderen Kursen der Science Academy auf reges Interesse.

Sie fragen sich, ob wir auf all unsere Fragen Antworten gefunden haben? Nicht unbedingt, doch sind wir sehr tief in spannende philosophische Themenkomplexe eingedrungen und haben uns dabei auch über ganz persönliche Fragestellungen austauschen können. Diese Offenheit hat ganz wesentlich zu der guten Atmosphäre und zu einem anhaltenden Interesse beigetragen.

Man sagt dann auch kürzer:

Der Philo-Kurs hat sich in jeder Hinsicht gelohnt!

Wir Junior-Philos stellen uns vor...

CAROLINE KNEBEL, EILEEN TREMMEL

Wir, 12 individuelle Teilnehmer des Philo-Kurses, trafen uns am Eröffnungswochenende das erste Mal und haben uns auf Anhieb gut verstanden. Jeder und jede von uns hat durch seine ganz besonderen Charakterzüge den Kurs und die Diskussionen belebt und vorangebracht, sodass wir alle von der bunten Vielfalt profitierten. Die einzelnen Teilnehmer waren allerdings auch für die besondere akademietypische Atmosphäre, die auch außerhalb des Kurses herrschte, verantwortlich.

Unsere belesene Philosophin *Kerstin* war immer aufmerksam und verfolgte das Kursgesche-

hen mit riesigem Interesse. Sie war rücksichtsvoll und achtete stets darauf, niemanden durch ihrer eigene Meinung zu verletzen. Zudem war sie für das „Wohlfühl-Aroma“ des Kurses verantwortlich. In den kurzen Pausen erlöste sie den einen oder anderen Jung-Philosophen dank ihrer wohltuenden Massagen von so manchen Verspannungen (Danke Kerstin!!!).



Von ebenso ruhiger und liebenswerter Art war *Jovanna*. Sie war die objektive Betrachterin des Kurses. Sie sagte nicht viel, doch wenn sie sich zu Wort meldete, dann gehaltvoll.

Caroline, unsere aus Amerika eingeflogene Philosophin ;-), war die dritte im Bunde der eher Zurückhaltenden. Bei der Diskussionsrunde mit Prof. Dr. Wuchterl blühte sie so richtig auf. Auch wenn sie mit ihrer Querflöte an der Musik-KüA teilnahm, ahnte jeder Zuhörer, was noch alles in ihr steckte. Dort spielte sie auch ein Duett mit Manuel.

Manu, der begnadete Tänzer und Saxophonist, war auch Mitglied unseres Philo-Kurses. Er war stets lebensfroh, und wenn man ihm auf dem Campus begegnete, hatte er immer ein Lächeln auf den Lippen. Als er sein Referat über den Kulturrelativismus hielt, konnten wir sofort eine weitere Begabung feststellen, nämlich das „plastische“ Reden ;-).



Simon, den man meist zusammen mit Manuel antraf, war der Tennisprofi unter uns Philos. Doch die Tennis-KüA war nicht die einzige, in der er sich engagierte. Wegen der Zeitungs-KüA, welche ein fester Bestandteil des mor-

gendlichen Plenums war, gehörte er zu den Frühaufstehern der Akademie. Im Kurs forderte er uns durch seine wohl überlegten Fragen heraus. Bevor er seine eigene Meinung äußerte, checkte er erstmal die Lage.

Constanze gehörte ebenfalls zu den Frühaufstehern, doch sie ging nicht zur Zeitung-KüA, sondern hielt durch morgendliches Jogging ihren Körper fit. Bei Diskussionen sagte sie ihre Meinung immer offen heraus, so dass jeder ihre Ansichten kannte und in der weiteren Diskussion näher darauf eingehen konnte. Im Laufe der Akademie probierte sie für sich neue Dinge aus und sammelte so während der KüA-Schiene viele Erfahrungen.



Auch *Fabian* nahm so manche Herausforderung mutig an, wie z. B. das Tanzen, das er während der zwei Wochen trotz fehlender Vorkenntnisse fleißig übte. Als „Journalist“ der Zeitungs-KüA hielt er uns stets über die neuesten Nachrichten auf dem Laufenden. Durch seine offene und charmante Art gewann er, unser Betonungskünstler, schnell unsere Herzen.

Jonathan bereicherte durch seine Formulierungskünste unseren Philo-Kurs und versuchte zwischen den manchmal sehr unterschiedlichen Meinungen einen Mittelweg zu finden. Das war einmal so anstrengend, dass er sich ein kleines Päuschen gönnte. Auch ein Grund für seine zeitige Müdigkeit war die Zeitungs-KüA.

Jannis, der fotoscheue Philosoph, war das komplette Gegenteil von Jonathan. Er hatte immer ein Gegenargument parat und hinterfragte alles, was in den Raum geworfen wurde. Doch bevor er loslegte, bedachte er seine Äußerun-

gen zuvor meist in seiner typischen Denkerpose.

Robin, sein Sitznachbar, war der freie Redner unter uns Philos, der nie einen Stichwortzettel brauchte. Sein Talent konnte er nicht nur bei seinen Präsentationen, sondern auch in der Hauptrolle der Theater KüA einbringen - zur Freude aller Zuhörer und Zuschauer.



Auch *Eileen* bereicherte die Theater-KüA durch ihre Schauspielkunst. Darüber hinaus war sie unter anderem Ballettlehrerin und die Tanzpartnerin von Manuel. Ihr Markenzeichen war ein Schal. Während unserer Diskussionen ging sie auf andere ein, scheute sich aber auch nicht ihre Meinung zu sagen. Damit brachte sie immer wieder neuen Schwung in unseren Kurs.



Sophia war ebenfalls in der Theater- KüA aktiv und konnte in der Rolle des „Doktors der Philosophie“ ihre Leidenschaft zur Philosophie ausleben. Doch nicht nur im Theater war sie begeistert dabei, auch in unserem Philo-Kurs brachte sie sich bei den Diskussionen stets mit Herzblut und vielen guten Argumenten ein.

Unsere bunt gemischte Gruppe war und ist ein super Team! Die Atmosphäre war einma-

lig und ideal geeignet zum ernsthaften Nachdenken, Diskutieren, Reflektieren, Lernen aber auch Spaß haben und Lachen, wie sich schon bei unserem ersten Themenkomplex, der Gottesfrage, herausstellen sollte.

Existiert Gott?

JOVANA ULMSCHNEIDER, ROBIN REPNOW,
JONATHAN DOLLINGER

Eine der ältesten und wichtigsten Fragen der Philosophie ist die nach der Existenz eines Gottes oder mehrerer Götter. Seit tausenden von Jahren haben Philosophen sich mit diesem Thema auseinandergesetzt. Gegensätzliche Positionen vertreten die Theisten (Menschen, die an Gott glauben) und die Atheisten (solche, die es nicht tun). Eine dritte Gruppe besteht aus den Agnostikern (Menschen, die sich nicht sicher sind, ob Gott existiert). Auch im Philosophiekurs hat uns dieses Thema in seinen Bann gezogen und zu anregenden Gesprächen sowie bisweilen hitzigen Diskussionen geführt.

Kann man die Existenz eines Gottes beweisen?

Ein Beweis begründet einen Sachverhalt oder gibt einen Hinweis auf dessen Existenz. Über die Jahrhunderte haben Menschen immer wieder versucht, die Frage nach der Existenz Gottes mit Hilfe von philosophischen Beweisen eindeutig zu klären. Diese Argumentationen wurden von uns Philosophen zunächst analysiert und anschließend heftig kritisiert. Wir möchten kurz drei wichtige Gottesbeweise vorstellen.

Teleologischer Gottesbeweis

Der Gottesbeweis der „Lehre vom Zweck“ (von griechisch *telos* = Zweck) sagt, dass wir in einer Welt leben, in der alles auf Zweckmäßigkeit und Ordnung hin ausgerichtet ist. Da solche Perfektion kein Zufall sein kann, muss es einen Urheber geben: Gott. Der Philosoph William Paley verdeutlichte seine Ansicht mit der Uhrmacher-Analogie. Diese besagt, dass eine auf dem Feld gefundene Taschenuhr von einem Menschen, der nicht weiß, was eine Uhr

ist, zwangsläufig als ein von einem intelligenten Schöpfer konstruiertes Objekt erkannt werde, da sich der komplizierte Mechanismus nicht zufällig entwickeln konnte. Demzufolge seien auch die noch um einiges komplexeren, lebenden Organismen als Werke eines intelligenten Konstrukteurs anzusehen. Jahrhunderte lang waren die Menschen fest davon überzeugt, dass durch diese These die Existenz eines Gottes zweifelfrei belegt werden könnte. Doch seit Darwins Evolutionstheorie wissen wir, dass sich die perfekt angepasste Natur auch ohne einen planenden Geist entwickeln konnte. Damit ist — zumindest sofern man an die Evolutionstheorie glaubt — zwar nicht die Existenz Gottes, aber der teleologische Gottesbeweis eindeutig widerlegt.



Der Philosophie-Kurs arbeitet an der Frage der Gottesexistenz.

Ontologischer Gottesbeweis

Dieser Gottesbeweis, entwickelt von dem berühmten Theologen Anselm von Canterbury um 1000 nach Christus, definiert Gott als ein vollkommenes Wesen: „Das, über das nichts Höheres mehr gedacht werden kann.“ Laut Anselm ist das, was existiert, nun aber immer „vollkommener“ als das, was nicht existiert. Wenn es also ein vollkommenes Wesen gibt, dann muss es auch existieren. Canterbury schließt daraus: Es gibt ein vollkommenes Wesen, nämlich Gott, da es sonst nicht vollkommen wäre. Ein Problem dieses Beweises ist, dass es nicht zwingend ein vollkommenes Wesen geben muss. Ein weiteres Problem ist, dass, nur weil wir uns etwas vorstellen können, es

noch lange nicht existieren muss. Ein Beispiel hierfür wären Einhörner. Schließlich kennt jeder von uns Einhörner aus dem Märchen, aber deshalb existieren sie noch lange nicht.

Kosmologischer Gottesbeweis

Kosmologie bedeutet „Lehre von der Weltordnung“ und der Beweis beruht auf der Annahme, dass alles eine Ursache hat. Jeder Ursache geht eine weitere Ursache voraus. Es muss aber irgendwann eine erste Ursache für alles gegeben haben: Gott. Haben wir mit der „Lehre von der Weltordnung“ vielleicht einen schlüssigen Beweis für die Existenz Gottes gefunden? Leider ist die Antwort „Nein“, denn nach längerem Überlegen fällt auf, dass der Lösungsansatz sich selbst widerspricht, da er die Frage aufwirft, was die Ursache für Gott war. Alle „Gottesbeweise“ wiesen bei näherer Betrachtung eklatante Lücken in ihrer Argumentation auf - keinem gelang es, die Existenz Gottes wirklich zu beweisen. Nun gingen die Atheisten zum Gegenangriff über: Kann man Gott vielleicht sogar widerlegen?

Wie kann Gott Leid und Katastrophen zulassen?

Am Tag Allerheiligen des Jahres 1755 erschütterte ein gewaltiges Erdbeben die portugiesische Hauptstadt Lissabon. Zusammen mit der darauf folgenden Feuersbrunst und dem durch das Erdbeben ausgelösten Tsunami forderte es nach modernen Einschätzungen bis zu 100.000 Todesopfer und gehört damit zu den schlimmsten Naturkatastrophen der europäischen Geschichte.

Die Katastrophe veränderte die politische Landschaft der damaligen Zeit, bildete die Grundlage für die Geburt der modernen Seismologie und hatte einen riesigen Nachhall in der zeitgenössischen Literatur, Kunst und Philosophie — doch was hat sie mit unserer Kursarbeit zu tun?

Der auf den ersten Blick nicht ganz offensichtliche Zusammenhang wird klarer, wenn man sich vorstellt, wie stark das Erdbeben das Weltbild der damaligen Menschen erschütterte: Ge-

rade auf der iberischen Halbinsel waren die Menschen sehr fromm und glaubten fest daran, dass alles, was auf der Erde geschieht, Gottes Wille sei. Doch kann ein solches Inferno, das die Stadt noch dazu an einem christlichen Feiertag heimsuchte, wirklich gottgewollt sein? Wie war es erklärbar, dass das Erdbeben auch die Kathedrale und mehrere Klöster vollständig zerstörte, während das Rotlichtviertel verschont blieb?

Die Menschen waren entsetzt über die nie gekannten Ausmaße der Katastrophe: Welch ein Gott würde so etwas wollen? Sicher kein „allgütiger Gott“, wie ihn die Bibel schildert!

Die Theodizee-Frage

Die Frage nach der Gottesgerechtigkeit (altgriechisch: theodizee), also die Frage, wie die Existenz eines allmächtigen, allwissenden und allgütigen Gottes mit der Existenz des Bösen in der Welt vereinbar ist, ist damals wie heute eines der zentralen Probleme der Theologie und eines der wichtigsten Argumente der Atheisten. Eine prägnante, oft zitierte Formulierung des Problems stammt von dem spätantiken Theologen und Historiker Laktanz:

Entweder will Gott die Übel beiseitigen und kann es nicht: Dann ist Gott schwach, was auf ihn nicht zutrifft. Oder er kann es und will es nicht: Dann ist Gott missgünstig, was ihm fremd ist. Oder er will es nicht und kann es nicht: Dann ist er schwach und missgünstig zugleich, also nicht Gott. Oder er will es und kann es, was allein für Gott ziemt: Woher kommen dann die Übel und warum nimmt er sie nicht hinweg?

Natürlich haben schon Generationen von Philosophen und Theologen nach Antworten auf die Theodizee-Frage gesucht. Einige davon haben wir in unserem Kurs diskutiert: Ein Lösungsansatz besagt, dass das Böse von Gott eingesetzt wird, um uns zu bestrafen und wieder auf den rechten Weg zu bringen. Aber hätte ein allmächtiger Gott nicht bessere Wege,

um uns zum Guten zu bewegen? Andere meinen, dass das Schlechte in der Welt bloß zur Gesamtharmonie beiträgt — so wie ein Musikstück erst durch das Zusammenspiel von Harmonien und Disharmonien wirklich schön wird. Doch wäre Gott dann besser als ein Psychopath, der ein Blutbad anrichtet und sich danach an den blutigen Mustern auf dem Boden freut? Vor allem viele moderne Theologen relativieren die Allmacht Gottes, indem sie sagen, dass die Macht Gottes sich nicht dadurch äußert, dass er die Menschen vor dem Leid bewahrt, sondern dadurch, dass er ihnen in ihrem Leid beisteht und ihnen hilft. Doch die meisten Theologen sind sich darin einig, dass die Menschen keine Lösung für die Theodizee-Frage finden können — sie sind aufgrund ihres begrenzten Verstandes nicht in der Lage, Gott zu durchschauen, ihn gar anzuklagen oder seine Handlungen zu bewerten.

Keine Antwort ist auch eine Antwort

Auch wenn die Theisten keine einheitliche überzeugende Antwort auf die Frage nach dem Sinn des Leidens geben können, gelingt es den Atheisten auch nicht, damit die Existenz Gottes endgültig zu widerlegen. Es haben zwar sehr viele Menschen durch das Erdbeben von Lissabon ihren Glauben verloren, aber andere haben ihn auch während ihrer Qualen nicht aufgegeben oder ihn erst durch diese gefunden. Die Frage nach der Existenz Gottes kann durch die Theodizee-Frage also nicht eindeutig geklärt werden.

Wirkt Gott Wunder?

Ein Argument für die Existenz eines Gottes oder mehrerer Götter könnten auch Wunder sein, die durch einen Gott bewirkt wurden: Reelle Zeichen der Allmacht Gottes, die auch unser Leben beeinflusst. Fast alle Religionen versuchen, die Existenz ihres Gottes oder ihrer Gottheiten durch Wunder zu beweisen. Aber gibt es überhaupt Wunder?

Ein Wunder ist laut Definition nur dann ein wirkliches Wunder, wenn es unter Verletzung eines Naturgesetzes geschieht. Dass Jesus Wasser in Wein verwandelt, wäre zum Beispiel ein

Wunder, da dieser Vorgang nicht wissenschaftlich erklärbar wäre. Einer der großen Kritiker der Wunder war der schottische Philosoph David Hume im 18. Jahrhundert. Er stellte drei Argumente auf, die die Menschen dazu bringen sollten, ihren Glauben an Wunder neu zu überdenken.

Hume sagte erstens, dass die Religionen sich gegenseitig aufheben, da jede die Existenz ihres Gottes oder ihrer Götter durch Wunder beweisen will. Sein zweites Argument lautete, dass Dinge, die uns „wundersam“ erscheinen, meist gar keine Wunder sind. In den allermeisten Fällen sei es nur eine Frage der Zeit, bis sie durch Naturgesetze erklärt werden können. Sein letztes Argument war, dass der Mensch gerne glaubt, Zeuge eines Wunders zu sein, da er sich davon Anerkennung und Aufmerksamkeit verspricht. Jeder wäre gerne der Zeuge eines Wunders und damit etwas „Besonderes“. Damit nicht genug: Hume hat noch einen Satz formuliert, mit dem er quasi alle Wunder für unmöglich erklärt. Dieser schöne Satz lautet:

Es müsste denn das Zeugnis von solcher Art sein, dass seine Falschheit wunderbarer wäre, als die Tatsache, die es festzustellen trachtet.

Es brauchte seine Zeit, bis wir im Kurs vollständig verstanden hatten, was Hume uns damit sagen wollte. Zum besseren Verständnis ein Beispiel: Die Behauptung, dass Jesus Wasser in Wein verwandelte, soll beweisen, dass er Gottes Sohn war. Hume fragt: Ist das Gegenteil des Wunders, also dass Jesus Wasser *nicht* in Wein verwandelte, unglaublicher, als dass er Gottes Sohn ist? Die Antwort darauf ist ein klares Nein. Nur wenn es wahrscheinlicher wäre, dass Jesus Gottes Sohn ist, als dass er nicht Wasser in Wein verwandelt hat, könnte man es als Wunder anerkennen.

Pascals Wette: Pokern um das ewige Leben

Der berühmte Mathematiker und Philosoph Blaise Pascal ist an die Gottesfrage ganz anders herangegangen: Er ging von der Position eines Agnostikers aus und betrachtete die Situation dann aus dem Blickwinkel eines Spie-



Der Philosophiekurs lieferte sich hitzige Diskussionen zur Gottesfrage.

lers, der wettet und versucht, möglichst viel zu gewinnen und möglichst wenig zu verlieren. Pascal meinte, dass man bessere Karten hat, wenn man auf die Existenz Gottes setzt und sich dementsprechend verhält: Liegt man richtig, winken einem die unendlichen Freuden des Paradieses - der höchste überhaupt vorstellbare Gewinn. Gibt es Gott aber nicht, ist man nur unnötigerweise zur Kirche gegangen oder hat umsonst die Zehn Gebote befolgt, hat also nur ein wenig Zeit verloren oder auf etwaige Vergnügungen unnötigerweise verzichtet. Würde man aber gegen Gott wetten, wären im schlimmsten Fall unendliche Qualen in der Hölle die Folge - im besten Fall lediglich ein wenig zusätzliches Vergnügen auf der Erde. Das Problem am Argument des Spielers ist, dass es eher selbstsüchtig und gewinnorientiert und nicht an der Wahrheit interessiert ist.

Und der Mensch schuf Gott und er sah, dass es gut war

Ein Kompromiss zwischen Atheisten und Theisten ist der *Nicht-Realismus hinsichtlich Gottes*. Nach diesem ist Gott die Summe aller moralischen und spirituellen Werte, existiert aber nicht als wirkliches Wesen. Trotzdem wollen Nicht-Realisten an Gottesdiensten etc. festhalten. Mit dem Nicht-Realismus haben allerdings sowohl Atheisten als auch Theisten ihre Probleme: Die Atheisten werfen den Nicht-Realisten vor, unehrlich zu sein, wenn sie trotzdem Gottesdienste abhalten und viele „echte“ Theisten halten den Nicht-Realismus

für einen schlecht verkleideten Atheismus, da Gott nach dieser Auffassung nicht als selbstständige „Person“ existiert, sondern quasi durch die Menschen erschaffen wurde, anstatt umgekehrt.

Auch die meisten unserer Kursmitglieder standen dem Nicht-Realismus kritisch gegenüber.

...und gibt es Gott jetzt oder nicht?

Auf diese Frage hat die Philosophie seit ihren Anfängen keine eindeutige Antwort finden können. Uns ging es da nicht viel anders als den großen Philosophen. Zwar kann man die Gottesbeweise widerlegen und die meisten Kritikpunkte bleiben letztendlich unbeantwortet, aber viele Menschen sehen Gott als etwas, was außerhalb des durch die empirischen Wissenschaften erfassbaren Bereiches steht und über Vernunft und Verstand hinausgeht. Die Vorstellung von Gott ist wahrscheinlich etwas zu Abstraktes, als dass wir Menschen ihn beweisen oder widerlegen können.

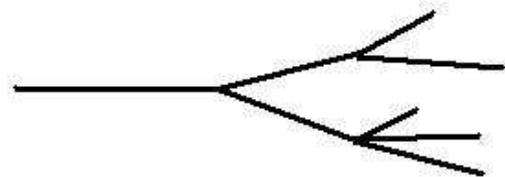
Auf jeden Fall führten wir zum Thema Gotte-sistenz sehr anregende Diskussionen, bei denen völlig verschiedene Standpunkte vertreten wurden. Von unserer Theologin in der Kursleitung bis zum Atheisten gab es viele verschiedene Meinungen — die Diskussionen verliefen aber trotzdem immer sehr fair und tolerant. Diese Offenheit, Ehrlichkeit und die gegenseitige Wertschätzung haben ganz wesentlich zu der guten Atmosphäre im Kurs beigetragen.

Wir alle hätten dieses extrem interessante Thema gerne noch weiter vertieft, aber es gab ja noch andere Themen, die der Bearbeitung harrten. Das nächste war die Frage, ob wir Menschen einen freien Willen besitzen. Wir hielten es alle eigentlich für selbstverständlich, dass wir die vollständige Kontrolle über unsere Handlungen haben. Aber wie wir sehen sollten, gibt es auch durchaus Argumente, die dagegen sprechen.

Der freie Wille – nur eine Illusion?

CONSTANZE KECK, FABIAN WELTE, KERSTIN ROLING

Die Frage, ob wir einen freien Willen besitzen, war für uns alle hochinteressant. Wie immer in der Philosophie gibt es natürlich auch hier verschiedene Ansichten. Während manche Leute der Meinung sind, dass man einen freien Willen hat, sind andere wiederum vollkommen davon überzeugt, dass dies alles nur eine Illusion ist. Wieder andere vertreten einen Mittelweg. Natürlich gefällt uns die Vorstellung vom freien Willen meist am besten. Der Indeterminismus, auch Willensfreiheit genannt, vertritt genau diese Meinung. Vertreter dieser These gehen davon aus, dass es uns selbst überlassen ist, wie wir handeln. Unsere Entscheidungen sind frei und wir haben bei jeder einzelnen die Möglichkeit, zwischen verschiedenen Alternativen zu wählen. Doch auf was genau baut der Indeterminismus eigentlich auf? Er basiert auf einer Definition von Freiheit, die man tiefere Freiheit nennt. Laut dieser kann man den eigenen Willen ohne Einschränkungen, wie zum Beispiel die Erziehung, kontrollieren. Das bedeutet, dass keinerlei äußere Einflüsse unseren Willen prägen und beeinflussen. Wir können uns in jeder Situation für verschiedene Wege entscheiden. In einem Schaubild lässt sich das folgendermaßen veranschaulichen:



Garden of the forking path: Die Gabelungen stehen für die verschiedenen Entscheidungsmöglichkeiten.

So schön diese Vorstellung auch sein mag, sie ist nicht ohne Mängel, denn bei der gleichen Vergangenheit (also somit auch den gleichen Entscheidungsgründen) in der Zukunft zu unterschiedlichen Schlüssen zu kommen, ist reichlich unlogisch. Steht zum Beispiel ein junger Mensch vor der Entscheidung, ob er Jura oder Medizin studieren soll, entscheidet er sich auf-

grund seiner Überlegungen für Jura. Wenn wir davon ausgehen, dass er noch einmal wählen kann, seine Entscheidung frei ist und er immer die gleiche Vergangenheit hat, wäre es nun seltsam, wenn er sich - trotz gleicher Argumente, bedingt durch die gleiche Vergangenheit - beim nächsten Mal für Medizin entscheidet. Können wir uns also sicher sein, dass wir einen gänzlich freien Willen haben? Oder ist es doch anders, wie die Gegenthese, der Determinismus, behauptet?

Der Determinismus

Nach dem Determinismus sieht alles ganz anders aus, denn einen freien Willen gibt es nach dieser Theorie nicht! Alles ist vorbestimmt und fremd verursacht, weil es nicht möglich ist, dass wir, wie es die tiefere Freiheit behauptet, völlig unbeeinflusst von unserer Vergangenheit Entscheidungen treffen können.

Wenn wir so erzogen worden sind, dass wir uns die Schuhe anziehen, wenn wir das Haus verlassen, dann ist es, überspitzt gesagt, unmöglich, dass wir uns entscheiden, dies nicht zu tun, da wir dazu keine Möglichkeit haben, sondern wir uns diese nur einbilden. Das haben wir bereits unter dem Stichwort „Willensfreiheit“ erläutert. Alles hat eine Ursache, also auch unsere Entscheidungen und unser Handeln, und jede Ursache hat eine weitere. Dies geht so weit zurück, bis die Ursachen nicht mehr in unserem Einflussbereich liegen: Bis zum Urknall, der „ersten Ursache“, einem Naturgesetz. Für die Gläubigen werden wir von Gottes Plan gelenkt, alles hat mit der Erschaffung der Welt begonnen und seither ist unser Leben von Gott determiniert (vorherbestimmt). Ein Schaubild für den Determinismus ist daher recht simpel: Ein gerader Strich. Es gibt in unserem Leben keine Gabelungspunkte, keine Entscheidungsmöglichkeiten, unser Leben läuft gerade in eine Richtung ab.

Aber nun ein Beispiel: Ein Ereignis, nehmen wir das Treffen unseres Philosophiekurses in Adelsheim, ist dann determiniert, wenn es frühere Bedingungen, in unserem Fall unser Interesse an der Philosophie und das Bestehen der Juniorakademie, gibt, die für das Eintreten des Ereignisses verantwortlich sind. Unser

Interesse an der Philosophie war da und somit fand auch der Philosophiekurs statt.



Die Philos fleißig bei der Arbeit.

Dass wir keinen Einfluss auf unsere Entscheidungen haben, klingt schrecklich, aber der Determinismus ist keineswegs so schlimm. Er wird oft mit einem Zwang verwechselt, mit einer allgemeinen Unfreiheit, aber wir sind nicht unfrei, nur weil unser Wille nicht frei ist. Wir können tun, was wir wollen, auch wenn wir nicht beeinflussen können, was wir wollen. Außerdem ist es gut, dass alles einen Grund hat, denn wenn alles grundlos geschähe, wäre das nicht unverantwortlich und sinnlos?

Hätten wir uns grundlos in Adelsheim getroffen, wären wir nie zu interessanten philosophischen Diskussionen gekommen. Darüber hinaus muss man berücksichtigen, dass wir nicht durch andere Menschen beeinflusst werden können, nur weil unser Wille determiniert ist. Wir werden von den Naturgesetzen und/oder von Gott beeinflusst und niemand hat auf diese zwei Faktoren und damit auf uns, Einfluss. Viele Menschen verwechseln den Determinismus mit dem Fatalismus, nach dem alles geschieht, wie es geschieht und wir nur noch ausharren und unser Leben über uns ergehen lassen können. Um das zu verstehen, ist es hilfreich, sich einen Soldaten vorzustellen, der im Krieg ist und denkt, er würde zwangsläufig erschossen werden. Er schützt sich nicht, mit der Begründung, der Determinismus sei wahr und alle Sicherheitsvorkehrungen hätten daher keinen Sinn mehr. Er kann aber auch sagen: „Ich weiß nicht, wie alles für mich ausgeht und ich ziehe mir eine Schutzweste an.“ Auch wenn un-

ser Leben determiniert ist, wissen wir nicht, was mit uns in der Zukunft geschieht und somit ist der Determinismus keine Begründung für ein törichtes Verhalten getreu dem Leitsatz „Sterben muss man sowieso“.

Ebenso wenig ist der Determinismus mit dem Mechanismus gleichzusetzen, laut dem wir wie eine Art menschliche Maschine funktionieren. Wir haben keinen freien Willen und sind programmiert. Aber wir Menschen sind keine Maschinen, nein, wir fühlen und leben und das kann keine Maschine!

In der Quantenphysik hat man festgestellt, dass sich Elementarteilchen völlig unberechenbar und ungerichtet verhalten. Aus heutiger Sicht sieht es zumindest so aus, als treffe der Determinismus in diesem Bereich nicht zu. Dennoch können wir nicht von dem physikalischen auf den allgemeinen Determinismus schließen. Das wäre ja auch eine zu einfache Lösung für dieses schwierige philosophische Problem.

Selbst wenn der Determinismus nicht allzu schlimme Auswirkungen auf unser Leben hätte, wäre die Vorstellung nicht sonderlich schön. Daher haben die Philosophen sich einen Kompromiss zwischen dem Indeterminismus und dem Determinismus einfallen lassen: den Kompatibilismus.

Der Kompatibilismus

Um eine solche Verknüpfung zu ermöglichen, bedarf diese These einer neuen Definition des Begriffs „Freiheit“. Was verstehen wir unter „Freiheit“? Nun, der Kompatibilismus besagt, dass wir

1. die Fähigkeit haben zu handeln, oder eben nicht zu handeln und
2. dass diese Fähigkeit nicht von Zwängen oder Hindernissen eingeschränkt werden darf.

Doch wie ist diese Definition zu verstehen? An einem simplen Beispiel lässt sich der eigentliche Knackpunkt gut verdeutlichen:

1. Klein-Fritzchen hat die Fähigkeit seinen Schwarm Sabine anzusprechen oder eben

ihr gegenüber weiterhin im Schweigen zu verharren.

2. Allerdings ist Klein-Fritzchen viel zu schüchtern, als dass er es jemals wagen würde, in Sabines Gegenwart auch nur ein Wort über die Lippen zu bringen.

In diesem Fall fungiert Klein-Fritzchens Schüchternheit als einschränkendes Hindernis. Ein solches könnte jedoch ebenso gut wie in folgendem Beispiel aussehen:

1. Bello hat die Fähigkeit einen Baum mit seiner Duftmarke zu kennzeichnen oder es zu unterlassen.
2. Bello ist jedoch gerade vor dem örtlichen Supermarkt angeleint, um dort zu warten, bis sein Frauchen den Wocheneinkauf beendet hat.

Aus den beiden Szenarien können wir zusammenfassen, dass diese Hindernisse und Zwänge vollkommen verschiedener Art — sowohl physischer, als auch psychischer — sein können. Es bleibt jedoch die Frage, weshalb der Kompatibilismus darauf besteht, dass uns Menschen keine tiefere Freiheit, der uneingeschränkte freie Wille, gegeben ist. Auch hier liefert der Kompromiss zwischen Indeterminismus und Determinismus einen simplen Grund, nämlich den Hinweis darauf, dass der Mensch in seinem Leben viel zu vielen Einflüssen unterliegt, als dass ihm die tiefere Freiheit zugestanden werden könnte, von der er seither ausgegangen ist. Letztendlich musste jeder für sich selbst entscheiden, welche These er sich zu Eigen machen wollte. Hilfreich hierfür war auch der Besuch Prof. Dr. Wuchterls.

Philosophischer Abend

SOPHIA GERNERT

„Am Sonntagabend wird uns Prof. Dr. Kurt Wuchterl besuchen und einen Vortrag über den Determinismus halten, also über die Frage sprechen, ob wir einen freien Willen haben. Danach dürft ihr ihn mit Fragen löchern“, so erfahren wir am ersten Abend der Sommerakademie. „Kurt Wuchterl, 1931 geboren, ist Professor für Philosophie an der Universität Stuttgart. Er hat neben Philosophie auch Mathe-

matik und Physik in Heidelberg und Göttingen studiert und viele Bücher veröffentlicht. Unter anderem beschäftigt er sich mit der Gegenwartsphilosophie“, erzählten uns die Kursleiter.

Wahnsinn, ein waschechter Philosoph! Im Kurs bereiteten wir uns auf diesen besonderen Abend vor. Wir lasen Ausschnitte aus seinem neuesten Buch „Die Sonderstellung des Menschen: Neue Argumente im Zeitalter der Hirnforschung?“ Und natürlich, wie sollte es auch anders sein, diskutierten wir Prof. Wuchterls Texte ausführlich. Dabei tauchten auch Fragen auf, die sich nicht so leicht klären ließen. Ein Glück also, dass wir die Möglichkeit hatten, den Autor selbst danach zu fragen. Aber uns interessierten selbstverständlich auch andere Dinge und Themen: Fragen zu seiner Biographie wollten wir ebenso loswerden wie Fragen zum Alltagsbezug der Philosophie und zu Ethik und Moral.

Es versprach also ein interessanter Abend zu werden. Diesen wollten wir niemandem vorenthalten und so wurden auch alle Interessierten aus anderen Kursen eingeladen. Viele nutzten die Gelegenheit und am 31. August um 20:00 Uhr wartete eine gespannte Zuhörerschaft im Plenumsaal auf den Beginn des Philosophischen Abends. Ingvelde, unsere Kursleiterin, stellte Prof. Wuchterl kurz vor und dann ging es los. Während seines Vortrags erklärte Wuchterl den Determinismus und den Kompatibilismus. Im Kurs hatten wir schon darüber gesprochen und so konnten wir den Ausführungen des Professors gut folgen. Er sprach aber auch über die Bedeutung der Philosophie. Die Aufgabe und der Verdienst der Philosophen waren und sind, Neues bewusst zu machen, so Wuchterl. Als Beispiel führte er unter anderem Descartes, Nietzsche, Platon und Augustinus an, die durch ihre Impulse ganze Epochen der Geschichte beeinflusst haben.

Der Abend sollte in einer Gesprächsrunde ausklingen, an der nicht nur wir aus dem Philosophiekurs teilnehmen konnten, sondern auch Leute aus dem Publikum.

Zuerst stellten wir Prof. Wuchterl Fragen zu seinem persönlichen Verhältnis zur Philosophie.



Die offene Diskussionsrunde mit Prof. Wuchterl

Er erzählte von seiner Jugend während der Nachkriegszeit, wie er zum ersten Mal mit der Philosophie in Kontakt kam und sich für sie begeisterte. Er sprach von seinen philosophischen Vorbildern Kant und Wittgenstein und beklagte, dass die Philosophie heute weitgehend aus dem Bewusstsein der Menschen gerückt sei. Ebenso betonte er, dass Philosophie niemals ein Religionsersatz sein könne.

Die Zeit verging schnell und obwohl wir noch viele Fragen gehabt hätten, musste der philosophische Abend beendet werden. Am nächsten Tag kam Prof. Wuchterl in unseren Kurs und beantwortete die übrigen Fragen. Bevor er sich endgültig verabschiedete, schenkte er uns noch verschiedene Exemplare seiner Veröffentlichungen, die er allesamt mit Widmungen versah.

Wir werden dieses außergewöhnliche Treffen sicher nicht vergessen und in guter Erinnerung behalten. In guter Erinnerung? Aber was genau bedeutet eigentlich „gut“? Ist solch ein Wert für alle gleich? Dieser Gedanke führte uns zum nächsten Thema.

Ethik

SIMON GUILLIARD, JANNIS LIMPERG

Einführung

Haben wir einen freien Willen? Gibt es Gott?

Gegen diese Fragen kommt die Ethik zuerst einmal schwer an. Denn hier ist die (vordergründig einfache) Fragestellung: Was ist „gut“? Und woher kommt das Gute?

Und warum stellt man diese Fragen überhaupt? Es ist doch klar, was gut ist: Nächstenliebe ist gut, die Zehn Gebote sind gut, Terrorismus ist nicht gut. Das ist die Antwort, die viele Menschen auf die Frage nach dem Guten geben würden, und für den Alltag ist das natürlich völlig ausreichend.

Allerdings kommen jetzt wieder diese lästigen Philosophen: „Ja, Nächstenliebe ist gut, aber woher wissen wir das denn?“ Und spätestens bei dieser Frage sollte auch der Nicht-Philosoph ins Grübeln kommen. Wenn wir nicht sagen können, warum etwas gut ist, wie sollen wir dann sagen, etwas anderes sei schlecht? Und was machen wir dann mit all den Kriminellen? Wie man vielleicht an dieser kleinen Ausführung sieht, kommt die Ethik eben doch gegen die vermeintlich spannenderen Fragen an, sie hat sogar den größeren Alltagsbezug. Automatisch beurteilen wir ständig Menschen, Dinge, Handlungen und sogar Gedanken. Das ist genau das, was die Ethiker auch machen. Allerdings bemühen sie sich, es auf einer fundierteren Basis als „Otto Normalverbraucher“ zu tun. Dementsprechend haben wir uns im Kurs auch mindestens so ausführlich damit beschäftigt, wie mit den anderen Themen und sind (wie immer) zu interessanten Antworten gekommen. Leider sind diese Antworten aber auch so komplex, dass eine vollständige Erklärung den Rahmen dieser Dokumentation sprengen würde. Deshalb haben wir uns hier auf die wichtigsten Theorien konzentriert und die anderen außen vor gelassen.

Grundlagen

Gleich zu Beginn wollen wir die Begriffe Ethik und Moral genauer definieren, weil meistens von einem Unterschied zwischen den beiden ausgegangen wird. Dem ist aber nicht so. Denn Ethik und Moral haben die gleiche Bedeutung, werden aber unterschiedlich verwendet. Moral bezieht sich eher auf persönliche Wertvorstellungen und wird in Deutschland auch häufig mit der Kirche in Verbindung gebracht. Der Begriff Ethik deckt im Gegensatz dazu eher Bereiche wie Wissenschaft, Umwelt und Arbeitswelt ab. Beispiele hierfür wären die Bioethik oder auch die Wirtschaftsethik.

Des Weiteren lernten wir, Fakt und Wert zu unterscheiden, was in der Ethik unabdingbar ist. Um den Unterschied auch Nicht-Philosophen verständlich zu machen, hier ein kurzes Beispiel:

Diesen Text schreibe ich in Schriftgröße 12. (Fakt)

Dieses oder jenes ist gut. (Wert)

Damit wären wir nun bei deskriptiven (beschreibenden) und evaluativen (wertenden) Aussagen gelangt. Die Aufgabe deskriptiver Aussagen ist es, die Welt zu beschreiben, wie sie ist. Sie können daher meist mit mehreren Fakten belegt werden. Außerdem kann man beispielsweise objektiv entscheiden, ob dieser Text in Schriftgröße 12 abgefasst wurde oder nicht. Anders verhält es sich dagegen mit evaluativen Aussagen. Diese können nicht mit Fakten belegt werden, sondern werden ausschließlich durch die moralischen Prinzipien des Sprechers gerechtfertigt. Deshalb ist es gerade bei philosophischen Texten von großer Bedeutung, evaluative Aussagen erkennen zu können. Denn viele Philosophen verstehen sich vortrefflich darauf, ihre eigenen Ansichten als objektiv richtig erscheinen zu lassen.

Aristoteles – Guter Baum oder schlechter Baum?

Schon Aristoteles hat auf die Frage „Was ist gut?“ eine einfache Antwort gefunden: Etwas ist dann gut, wenn es seinen von der Natur gegebenen Zweck erfüllt. Klingt schlüssig. Allerdings treten natürlich auch bei dieser Theorie Probleme auf. Wie können wir erkennen, welchen Zweck die Natur den Dingen gegeben hat? Hierzu ein Beispiel: „Was ist ein guter Baum?“ Die Antworten können nun ganz verschieden sein. Für jemanden, der gerne unter seinem Baum im Schatten philosophische Texte lesen möchte, ist ein Baum „gut“, der viel Schatten spendet. Für einen Landwirt dagegen ist der Baum „gut“, der viele Früchte trägt, und so weiter. Diese Definition von „gut“ scheint also leider schon mal nicht sonderlich viel zu taugen.

Soziobiologische Theorie

Die Soziobiologische Theorie geht davon aus, dass alles, was überlebt hat, gut ist. Die Theorie begründet das damit, dass sich durch die natürliche Evolution genau die Werte durchsetzen, die einer Gesellschaft beim Überleben helfen. Ein Beispiel: Wir versetzen uns in die Steinzeit zurück und sehen zwei konkurrierende Gesellschaften A und B. Die Mitglieder von A töten sich gegenseitig, die von B aber nicht. Natürlich überlebt nun die Gesellschaft B, die sich nicht selbst ausrottet. Damit überlebt auch die „Ethik“ von B, und weil diese spezielle Regel so nützlich ist, hat sie sich eben bis heute gehalten.

Diese Theorie erklärt sehr schlüssig, warum wir heute die Werte haben, die sich im Laufe der Zeit entwickelt haben, allerdings tun sich auch hier Schwachstellen auf: Sie gibt uns keine Entscheidungshilfen für den Alltag an die Hand. Wie bewerten wir zum Beispiel Genmanipulationen? Nach der Soziobiologischen Theorie müssten wir nur 1000 Jahre warten, dann wird sich schon gezeigt haben, ob die Genmanipulationen nützlich oder schädlich für uns waren - und somit, ob sie moralisch richtig oder falsch sind. Aber auch das ist für uns unbefriedigend. Kursintern sind wir deswegen (wie immer nach längerer Diskussion) zu der Auffassung gekommen, dass die Soziobiologische Theorie zwar sehr schön erklärt, woher die Moral eigentlich kommt (jedenfalls schlüssiger, als die anderen Theorien), allerdings ist sie für uns kein Werkzeug, um neue Probleme zu lösen. Das sollte jedoch für uns Philosophen eines der Hauptanliegen sein.

Kardinaltugenden

Wie wir nach Gutem im Alltag streben können, erklärt uns die Tugendtheorie. Nach ihr ist eine Handlung gut, wenn sie etwas Tugendhaftes, also etwas sittlich Wertvolles, beinhaltet. Hier wird versucht, die Soziobiologische Theorie mit den menschlichen Tugenden zu kombinieren. Dies lässt sich an einem einfachen Beispiel veranschaulichen: „Wahrheit ist eine menschliche Tugend, also kann sich Lügen gar nicht durchsetzen.“

Doch viele Philosophen gingen noch weiter. Sie begnügten sich nicht mit einem bloßen Blick zurück auf die Menschheitsgeschichte, sondern versuchten, die Grundtugenden des menschlichen Handelns zusammenzufassen und in den so genannten Kardinaltugenden (von lat. *cardo, cardinis*, „Dreh- und Angelpunkt“) konkret zu formulieren. Platon, ein berühmter Philosoph der Antike, tat dies folgendermaßen:

- Mäßigung
- Gerechtigkeit
- Tapferkeit
- Weisheit

Der Mensch solle sich also nicht überfressen, Gerechtigkeit gegenüber anderen walten lassen, Anstrengungsbereitschaft zeigen und aus Lebenserfahrungen lernen. Niemand kommt wohl ernsthaft auf die Idee, diese Eigenschaften als negativ zu bezeichnen.

Dennoch taten sich all die berühmten Denker äußerst schwer damit, in der Frage nach den Kardinaltugenden auf einen gemeinsamen Nenner zu kommen. Denn die Philosophen der Antike setzten verständlicherweise ganz andere Prioritäten als beispielsweise ein Immanuel Kant in der Moderne.

Utilitarismus

Und zum Schluss noch eine besondere Theorie zur Moral, nämlich die mit dem schönen Namen „Utilitarismus“, zu Deutsch in etwa „Nützlichkeitslehre“. Im Gegensatz zu den zuvor genannten Theorien versucht der Utilitarismus nicht, die Herkunft der Moral zu klären, sondern uns bei der Frage, was gut ist, zu helfen.

Nach dem Utilitarismus wird „gut“ folgendermaßen definiert: Etwas ist gut, wenn es Glück fördert und Unglück vermeidet. Beim Utilitarismus ist allerdings nicht das Glück des Einzelnen gemeint, sondern primär das Glück der Gesellschaft, also die „Summe“ an Glück. Ein Utilitarist gesteht aber natürlich auch dem Einzelnen soviel Glück wie möglich zu (schon deshalb, weil es zur Summe des Glücks beiträgt) und sagt auch, dass es sowieso nur sehr wenige Möglichkeiten im Leben gibt, das Glück der

Gesellschaft über das Eigene zu stellen. Diese Wenigen müssen dann aber konsequent genutzt werden. Wenn nötig muss also ein Utilitarist alles (also auch sein Leben) opfern, wenn das das Glück der Allgemeinheit fördert. Diese Theorie erschien uns allen im Kurs als die plausibelste, wir mussten aber leider erfahren, dass auch sie Schwachstellen hat. Dazu präsentierte Lea das inzwischen berühmt-berüchtigte Tanten-Beispiel:

Stellen Sie sich vor, Sie hätten eine Tante, eine grässliche Persönlichkeit, die immer nur meckert und nie zufrieden ist. Zusätzlich hat sie auch noch eine Masse an Geld, auf dem sie jetzt sitzt und mit dem sie nichts anzufangen weiß. Sie denken sich also: „Mit dem Geld könnte man doch so viel Gutes tun und die Tante wird sowieso bald sterben und in dem Fall würde ich alles erben...“ und stehen jetzt vor der Wahl: bringen Sie die Tante um und retten damit Hunderte von Menschenleben in Afrika durch Ihre Spenden, oder „töten“ Sie diese Menschen, nur weil Sie Ihre Tante nicht umbringen wollen?

Wir haben schier endlos diskutiert und immer neue Auswege gesucht, aber schlussendlich führte nichts daran vorbei, dass laut Utilitarismus die Tante sterben muss. Weil wir das nicht akzeptieren wollten, einigten wir uns darauf, dass wir die Tante am Leben lassen und sagen, dass auch der Utilitarismus nur innerhalb eines bestimmten Werterahmens gültig ist. Wie allerdings dieser Werterahmen aussieht konnte uns keine der Theorien letztendlich beantworten, es wird die Aufgabe von neuen Philosophen sein, ihn zu bestimmen. Und warum ist das Beispiel jetzt berühmt-berüchtigt? Leider lachten wir so sehr, dass wir vergaßen, davon Fotos zu machen, sonst würden wir Ihnen hier gerne die wunderbare Kursatmosphäre an diesem Beispiel demonstrieren.

Fazit

Schlussendlich lässt sich also sagen, dass wir uns sehr intensiv mit der Ethik befasst haben und auch bei den großen Fragen, wie der nach der Herkunft der Moral, eine Vielzahl von Theorien kennenlernen durften. Denn gerade

heute, in Zeiten der ständigen Beeinflussung durch die Medien, ist es wichtig, eigene moralische Prinzipien zu erkennen und sich mit ihnen auch auseinandersetzen zu können. Dies taten wir im Kurs mit großem Enthusiasmus und Diskussionseifer, doch gerade der Utilitarismus zeigte uns sehr deutlich auf, wie verschieden sich unsere moralischen Vorstellungen in gewissen Situationen auswirken können.



Stichwort Enthusiasmus und Diskussionseifer...

Hierbei sei aber auch bemerkt, dass wir immer jede Meinung ernst nahmen und sie danach, häufig auch recht kontrovers, diskutierten. Nie wurden Lösungsansätze als falsch abgestempelt oder einfach beiseite geschoben.

Außerdem darf man wohl mit Fug und Recht behaupten, dass bei keinem anderen Themengebiet so häufig gelacht und gescherzt wurde. Auch unsere Zitatsammlung (die Sie später noch kennenlernen werden) sollte sich während der munteren Diskussionsrunden um ein Vielfaches vergrößern.

Bisher war die Ethik, wie wir sie Ihnen vorgestellt haben, eher trocken — Theorien über Theorien. Aber die Ethik beschäftigt sich natürlich auch mit Werten in verschiedenen Kulturen, was wir hier während der Science Academy hautnah miterleben durften. Wie der Besuch unserer chinesischen Freunde und die persönliche Begegnung mit ihnen unseren Kurs vorangebracht haben, werden Sie im Folgenden erfahren.

Begegnung der Kulturen

MANUEL GEMANDER

Kulturrelativismus

Im Rahmen unseres Kurses musste jeder der Teilnehmer ein Thema übernehmen und ein Referat dazu vorbereiten. Meine Wahl fiel auf ein Thema aus der Ethik, nämlich auf den Kulturrelativismus.

In meinem Referat habe ich mich mit einer häufig gestellten ethischen Fragestellung beschäftigt: Was bedeutet „gut“? Unter den Antworten darauf ist die Theorie des Kulturrelativismus zu finden, die besagt, dass alle Wertevorstellungen eines Menschen von der Kultur und Gesellschaft abhängen, in der er lebt. Gut ist also das, was von der Gesellschaft anerkannt wird. Allgemein gesagt: X ist gut, weil die Gesellschaft X will.

Begegnung mit den Chinesen

Ein paar Tage bevor ich mein Referat halten sollte, kam Ingvelde auf mich zu und fragte, ob ich nicht Lust hätte, meine Präsentation etwas auszubauen, da die chinesischen Lehrer sich gerne einmal unseren Kurs anschauen würden. Ich sollte zunächst eine kleine Einführung auf Englisch halten, um später besser chinesische mit deutschen Wertevorstellungen vergleichen zu können. Gesagt, getan!

Um mich auf die Diskussionsrunde vorzubereiten, traf ich mich an einem Abend mit Lü Minzi, der chinesischen Lehrerin. Ich hatte ihr einige Fragen gestellt, die sie mir nun beantwortete. Nach ersten Verständigungsschwierigkeiten lief alles bestens und ich war erstaunt, welche Wertevorstellungen in China vertreten werden.

Vortrag und Diskussion

Am Samstag des zweiten Wochenendes war es dann soweit. Ich war an der Reihe mein Referat zu präsentieren. Leider musste ich unsere chinesischen Gäste zu Beginn erst einmal enttäuschen, da ich mein Referat zunächst auf

Deutsch hielt. Umso mehr freuten sie sich darüber, dass ich für sie noch einmal alles auf Englisch zusammenfasste.



Vortrag: Kulturrelativismus

Danach ging es auch schon los in den Schulgarten — ein gemütliches Ambiente für unsere Diskussion. Nachdem wir uns erst einmal mit etwas Kaffee und Kuchen gestärkt hatten, stellte ich den anderen vor, was ich bei meinem Gespräch mit Lü Minzi erfahren hatte, sodass wir gleich in eine Diskussion starten konnten.

Wir sprachen unter anderem über moralische Werte in China. Außerdem setzten wir uns mit dem Problem der zunehmenden Respektlosigkeit Jugendlicher gegenüber älteren Mitmenschen in Deutschland auseinander und stellten fest, dass ein solches Verhalten in China nicht denkbar wäre.

Ein weiterer Höhepunkt war der Vergleich der Ergebnisse eines psychologischen Tests, den sowohl die deutschen Kursteilnehmer als auch die Chinesen ausgefüllt hatten. Dieser Test stammte von unserer Gastreferentin Frau Hettinger und untersuchte die Werthaltungen von Jugendlichen. Natürlich war das Ergebnis dieses Tests bei nur 12 Teilnehmern nicht reprä-

sentativ, jedoch zeigte sich dabei Interessantes: Es ließ sich zum Beispiel der unterschiedliche Nationalstolz feststellen. Somit konnten wir die chinesische mit der deutschen Meinung vergleichen. Das wirklich Erstaunliche jedoch war, dass Chinesen und Deutsche in den meisten Punkten sehr ähnliche Meinungen vertraten.



Der Philosophie-Kurs bei der Diskussionsrunde mit den Chinesen im Schulgarten

Ich denke, dass ich nicht nur für mich, sondern für den gesamten Philosophie-Kurs spreche, wenn ich sage, dass diese kleine gesellige Runde uns alle in unserem kulturübergreifenden Denken sehr weitergebracht hat. Es freute mich sehr, zu hören, dass Lü Minzi meinte, dieses Diskussionsgespräch habe ihr Interesse an der Philosophie und an philosophischen Fragestellungen geweckt und nun wolle auch sie sich überlegen, wie man sich in China intensiver mit philosophischen Fragen auseinandersetzen könne. Obwohl zwei Wochen eine recht kurze Zeit sind, kann man durchaus sagen, dass jeder einzelne von uns etwas mitnehmen konnte. Deswegen möchte ich mich an dieser Stelle für diese nicht selbstverständliche Begegnung bedanken, die uns deutschen Kursteilnehmern sowie den Chinesen die Philosophie ein Stück näher gebracht hat.

Zitate

DER PHILOSOPHIEKURS

Dass bei unserer lustigen Truppe natürlich nicht nur ernst diskutiert und debattiert wurde, versteht sich eigentlich von selbst. Es gab viel

zu lachen, auch wenn nicht immer beabsichtigt. Nun haben wir für Sie die besten Zitate auf der folgenden halben Seite zusammengestellt. Viel Spaß!

Robin: *Oh Gott, ich habe Hunger und ich habe Durst. ... (liest vor): Wie kann Gott Leid und Katastrophen zulassen?*

Jonathan: *Der Papst ist Supernaturalist, also Anhänger der Idiotentheorie.*

Simon (schaut zur Feuertreppe): *Oh, das Klassenzimmer hat sogar einen Balkon.*

Manuel: *Der Stein hat nicht so ein Bewusstsein wie wir.*

Lea: *Man sollte so schreiben, dass es alle lesen können.*

Fabian: *Und was ist, wenn der Stift versagt?*

Simon: *Und was ist, wenn meine Grundschullehrerin versagt hat?*

Jonathan: *Terroristen sind zum Beispiel keine moralische Autorität.*

Sophia: *Es kommt darauf an, ob der Mensch ein Apfelbaum sein soll, der Früchte trägt oder ob er Schatten spenden soll.*

Jonathan (beim Kurs-Feedback): *Eine Verbesserungsmöglichkeit wären mehr Männer gewesen.*

Jannis: *Ich habe ausnahmsweise mal nichts zu kritisieren.*

Ann-Kathrin (zählt beim Check-Up): *Alle da!*
Lea: *Aber es fehlt doch einer...*

Ann-Kathrin: *Nein, die Constanze steht doch hinter dem Simon.*

(2 min später kommt Robin ins Plenum.)

Aufschrift auf dem Pult im Kursraum: *Bitte Freitag's Stühle hochstellen lassen. Danke*

Solche Zitate können natürlich nur entstehen, wenn ein einzigartiges zwischenmenschliches Klima im Kurs herrscht.

Nachwort

DER PHILOSOPHIEKURS

Es ist etwas besonderes, dass Jugendliche, die sich vorher nicht kannten, sich so schnell anfreunden, wie es bei uns der Fall war. Wir alle

spürten schon gleich nach dem Eröffnungswochenende ein stark ausgeprägtes Zusammengehörigkeitsgefühl. In der Sommerakademie entwickelten sich schnell Freundschaften, die auch außerhalb der Akademie weiterbestehen werden. In den kleinen Pausen während des Kurses, befreite die eine die anderen von Verspannungen, flocht eine der anderen einen Zopf und der nächste besorgte Cola und Gebäck für alle.



Man konnte sich über den eigenen Alltag und seine alltäglichen Probleme austauschen, weil man sich hier einander anvertrauen konnte. Neben den Lerninhalten werden wir auch vor allem diese menschlichen Erfahrungen in Erinnerung behalten, denn sie haben uns für unseren Alltag gestärkt. Wir sind sehr froh und dankbar, diese Erfahrung gemacht haben zu dürfen und möchten unsere in Adelsheim geschlossenen Freundschaften noch sehr lange pflegen. Für diese einzigartige Atmosphäre waren natürlich auch unsere tollen Kursleiter und Schülermentoren, bei welchen wir uns noch einmal ganz herzlich für diese tollen zwei Wochen bedanken wollen, verantwortlich. Ihr habt das Klasse gemacht, trotz aller Zwischenfälle!

Zum Schluss wollen wir uns von Ihnen, den Lesern, mit drei kleinen aber feinen Zitaten dreier bekannter Persönlichkeiten verabschieden. Während der Akademie sind wir über sie gestolpert und wir fanden sie so belustigend, dass wir sie Ihnen nicht vorenthalten wollen.

Wissen nennen wir den kleinen Teil der Unwissenheit, den wir geordnet haben.

Ambrose Bierce

Denken ist die schwerste Arbeit, die es gibt. Das ist wahrscheinlich auch der Grund, weshalb sich so wenige Leute damit beschäftigen.

Henry Ford

Philosophie nennt man die geistreiche Übersetzung des Unerklärlichen ins Unverständliche.

Hans Clarin

Mikrogravitation — alles andere als micro!



Das sind wir

WIR ALLE

Wenn wir dieses Bild „in Mikrogravitation“ gemacht hätten, würde es ganz anders aussehen. Wir wären nicht alle in einer Reihe, sondern würden umherschweben.

Damit wären wir auch schon beim Thema: Wir wollten wissen, wie verschiedene Vorgänge unter Mikrogravitationsbedingungen ablaufen, und das nicht nur in der Theorie, sondern auch in der Praxis. Also bauten wir eine Fallkapsel und wir kürten sie zur schönsten Fallkapsel ganz Deutschlands. Doch dazu später mehr.

Neben unserer Arbeit am Projekt, haben wir noch viele andere, nützliche Dinge gelernt:

- Dass heißes Glas sehr heiß sein und wunderschöne Brandblasen verursachen kann. Stimmt's Celia? ;-)
- Dass die Sägeblätter Nicolás nicht mögen.
- Dass Fallschirme an Raketen nur dann etwas bringen, wenn die sich öffnen.
- Dass Mac-Computer einen zur Verzweiflung bringen, wenn man damit nicht umgehen kann.
- Dass das Auslösen von Wasserraketen eine feuchte Angelegenheit ist.
- Dass wir ein super Team sein können; nicht nur wenn es darum geht, bei den „Highland-Games“ den Sieg zu erkämpfen.

Wir, das sind ungefähr $\pi^2 + 2$ Teilnehmer, 1 Schülermentor und 2 Kursleiter.

Die Teilnehmer genauer unter der Lupe ...

Oliver Neben Saxophonspielen und sportlichen Betätigungen war er während der Akademie mit der Planung und dem Bau der Kapsel beschäftigt. Der von Württembergern manchmal als Badenser bezeichnete Gaggenauer liebt das Radfahren und würde manchmal gern einfach wegfahren!

Nicolás Ob mit Akzent nach rechts oder links, darüber wurde schon viel diskutiert. Er war hauptsächlich mit dem Bau der Kapsel beschäftigt und daher Ansprechpartner Nummer 1 in Sachen Kapsel und Modellbau. Vom Bodensee kommt er her und leidenschaftlicher Dauersänger ist er.

Daniel Obwohl er zu Hause kein Internet hat, kennt er sich gut mit Computern aus. Seine planerischen und handwerklichen Fähigkeiten sind fabelhaft. Daher war er auch in fast allen Bereichen des Projekts tätig.

Nam „Sportlich, intelligent und immer gut für einen Witz“, besser kann man den Vietnamesen aus Tübingen kaum beschreiben. Er war regelmäßiger Teilnehmer von Jingfans Sport-KüA und belustigte uns auch immer wieder als Mächtigen-Zauberer.

Charlotte Zusammen mit Valentina war sie das Herz der Präsentationsorganisation und auch beim Bau in Sachen Grundplatte war sie unentbehrlich. Sie arbeitet zielstrebig, konzentriert und mit enormer Ausdauer, auch mal über die Kurszeiten hinaus. Des öfteren erntete sie unverständliche Blicke wegen ihrer „Senkrechtschrift“.

Valentina Die zweite Hälfte der Präsentationvorbereitung war immer da, wenn jemand Hilfe brauchte, wusste alles über den derzeitigen Stand der Experimente und zeichnete sich durch unglaubliche Ausdauer aus. Auch sie machte des öfteren zusammen mit Charlotte Überstunden.

Lukas „Better known as Lukki Schnukki“, dieser Satz machte den Stuttgarter in der Akademie bekannt. Zusammen mit Sandra sorgte er dafür, dass die Kapsel bei der Landung heil blieb. Sportlich und musikalisch begabt arbeitete er konzentriert und war auch immer gut aufgelegt.

Sandra Ob es um das Auffangen der Kapsel oder um den Bau einiger Experimente ging, sie konnte einem immer weiterhelfen. Neben ihren Instrumenten gefiel ihr das Genießen der Adelsheimer Sonne ganz besonders.

Lena In Sachen Festorganisation war sie sehr engagiert und hatte im Kurs den Überblick über alle Experimente, von der Planung bis zum Testen. Mit Nam zusammen könnte sie ein ganzes Buch voller Witze schreiben. Dementsprechend gut war auch die Stimmung, wenn sie da war.

Lisa Elisabeth, wie sie eigentlich heißt, aber nicht genannt werden will, rief die Kunst-KüA ins Leben. Ihrem Fotoapparat entging keine Situation und so war sie die Quelle, wenn jemand Bilder brauchte.

Nicolai Er war ein super Teammitglied und stand immer für Fragen und Anregungen zur Verfügung. Sein Dauerlächeln kann man kaum vergessen...Schade war, dass er am Dokumentationswochenende wegen eines Englandaustauschs nicht kam.

Jan Als Miterbauer des Auslösemechanismus arbeitete er konzentriert und war auch immer bereit, anderen zu helfen. Auf den Gesamtgruppenfotos schaffte er es immer wieder, als Einziger wegzuschauen. Beim Schreiben der Dokumentation zeigte er bis zum Schluss große Ausdauer.

... und die Leiter

Jingfan Ye Der Karlsruher leitete die Sport-KüA und hüpfte für sein Leben gern. Jingy schaffte es, noch im allerletzten Moment die Briefwaage für ein Experiment zu besorgen. Er war immer da, wenn man jemand zum Reden brauchte und wurde des öfteren als Chinesisch-Dolmetscher missbraucht.

Celia Viermann Es gab nichts, was sie nicht wusste, und sie erzählte gerne mal von ihren Erfahrungen. Auch an sie konnte man sich immer mit Fragen wenden. Zusammen mit Georg opferte sie abends ihre Freizeit, um im Labor einen Mikrogravitationssensor zu löten. Sie versorgte uns in den kritischen Phasen des Dokumentationswochenendes fürsorglich mit Nervennahrung, konnte aber ganz schön kleinlich sein, wenn es um die Texte ging.

Georg Wilke Er brachte uns hin und wieder durch seine endlos vielen Schnappschüsse mit seiner heiligen Spiegelreflexkamera auf die Palme. Als überzeugter Open-Office-Fan regte er sich gerne mal heftig über PowerPoint-Nutzer auf. Bei Fragen war er immer bereit mit Fachwissen auszuweichen und schweifte auch mal ein bisschen weiter ab. Am Doku-Wochenende trieb er uns mit seinen unermüdlichen Verbesserungsfreude an die Grenzen des Wahnsinns.



...gleich geht es los!

ZICKEZACKE ZICKEZACKE MIKROSHAY!!!

Theorie ...

CHARLOTTE MEWES, VALENTINA ROHNACHER, ELISABETH SCHÄFER

Ziel unseres Kurses war es, eine Fallkapsel zu bauen, in der man Mikrogravitationsexperimente durchführen konnte. Wir wollten diese Experimente filmen und auswerten, um so

Rückschlüsse auf den Ablauf bestimmter Vorgänge zu ziehen.

Das ist ja leicht, könnte man meinen. Doch auf die Schnelle eine Kapsel bauen und vom Dach fallen lassen; so einfach war es dann doch nicht! Vor Beginn der Planung beschäftigten wir uns erstmal mit der „Theorie des Fallens“. Schließlich wollten wir ja die Physik verstehen, die hinter unserem Projekt stand und dafür brauchten wir physikalische und mathematische Grundlagen.

Mit folgenden Fragen wurden wir dabei konfrontiert:

- Wie erreicht man Mikrogravitation?
- Welche Auswirkungen hat der Luftwiderstand?
- Welche Kapselform verursacht den geringsten Luftwiderstand?
- Welche Experimente lassen sich in der Kapsel durchführen?

Die Antworten auf diese Fragen erarbeiteten wir uns während der zwei Wochen in den fast allmorgendlichen (zeitweise nicht enden wollenden) Theoriestunden. Ein großes Lob gebührt unseren Kursleitern, die versucht haben, uns die notwendige Theorie möglichst verständlich in der kurzen Zeit beizubringen, wobei wir manchmal aber auch in die Quantenphysik oder Integralrechnung abgeschweift sind... ;-)



Was ist Mikrogravitation?

Mikrogravitation bezeichnet den Zustand der Fast-Schwerelosigkeit. Da der Begriff „Schwerelosigkeit“ fälschlicherweise häufig mit Masselosigkeit in Verbindung gebracht wird, sollte

besser von Mikrogravitation gesprochen werden.

Mikrogravitation wird immer dann erreicht, wenn in einem System die Gravitationskraft die einzig wirkende äußere Kraft ist. Innerhalb eines solchen Systems sind keine Beschleunigungen mehr messbar, da alle Körper gleich schnell fallen (s. Galilei). Gravitationskräfte gibt es aber weiterhin. Diese treten immer dort auf, wo zwei Massen vorhanden sind und sich daher anziehen.

Was „in Mikrogravitation“ nicht mehr messbar ist, ist die Gewichtskraft. Das bedeutet, dass eine Waage nichts anzeigen würde, wenn man „in Mikrogravitation“ auf ihr stünde.

Aber wozu kann dieser Zustand genutzt werden?

Mikrogravitationsforschung

Viele Vorgänge, wie sie auf der Erde unter der Gewichtskraft auftreten, sind für uns alltäglich: Luftblasen steigen nach oben, Pflanzen wachsen dem Himmel entgegen, ein Stift fällt zum Boden. Doch was würde passieren, wenn keine Gewichtskraft mehr spürbar ist, d. h. das System sich in Mikrogravitation befindet? Wie können wir das so gewonnene Wissen nutzen?

Aus diesen Gründen betreiben Naturwissenschaftler und Techniker Mikrogravitationsforschung und führen Versuche durch. Sie möchten und wollen auch in Zukunft Antworten auf biologische (wie Zellwachstum), auf technische (beispielsweise Materialforschung und Kristallzucht) und natürlich auf physikalische Fragestellungen (z.B. Verbrennungsvorgänge) finden.

Das Wissen, das so nach vielen Versuchsreihen und mühsamen Auswertungsprozessen erlangt wird, kann vielseitig eingesetzt werden. So helfen die Erkenntnisse in der Humanbiologie, Astronauten besser auf ihre Zeit im All vorzubereiten und ihren Körper während der Schwerelosigkeit so gut wie möglich in Form zu halten. Aber auch zu technischem Fortschritt kann Mikrogravitationsforschung verhelfen: So könnten z.B. Siliziumkristalle – der Grundbaustoff von Computerchips – in Mikrogravitation viel reiner hergestellt werden als auf der

Erde. Das ist leider aus finanziellen Gründen heute noch nicht umsetzbar.

Da wir der Physik-Kurs sind, haben wir uns auf die physikalische Grundlagenforschung fokussiert. Wir sind verschiedenen Fragen nachgegangen und haben uns dazu Experimente überlegt, die wir unter Mikrogravitationsbedingungen durchführen wollten.

Wo kann man Mikrogravitationsexperimente durchführen?

Als nächstes haben wir uns überlegt, wie und vor allem wo wir unsere Mikrogravitationsexperimente am besten durchführen könnten, denn es gibt mehrere Möglichkeiten. Jede dieser Möglichkeiten basiert aber auf dem Prinzip des freien Falls, auch wenn das manchmal nicht auf den ersten Blick zu erkennen ist. Auf der Erde ist wegen des Luftwiderstandes kein idealer freier Fall möglich, da die Luft den fallenden Körper bremst. Somit wirkt neben der Gravitationskraft noch die Reibungskraft der Luft. Aus diesem Grund versucht man mit verschiedenen Mitteln, den Luftwiderstand möglichst gering zu halten.

1. **International Space Station (ISS):** Die wohl bekannteste Forschungseinrichtung für Mikrogravitationsforschung ist die ISS. Sie besitzt verschiedene Labore, in denen Langzeitexperimente durchgeführt werden. In einer Höhe, in der die ISS die Erde umkreist (in ca. 350–400 km Höhe), befindet sie sich nahezu im Vakuum, da fast keine Luftteilchen der Atmosphäre mehr vorhanden sind, die bremsend wirken. Aus diesem Grund erreicht man hier eine sehr gute „Mikrogravitationsqualität“.
2. **Forschungsraketen:** Eine weitere Möglichkeit zur Durchführung von Mikrogravitationsexperimenten sind Forschungsraketen, auch „sounding rockets“ genannt. Diese werden mit Experimenten an Bord in eine Höhe von ungefähr 700 km geschossen. Während des Flugs erreicht man so bis zu 15 Minuten lang Mikrogravitation. Da die Forschungsraketen sehr hoch fliegen, ist auch hier die Störung durch die Restatmosphäre gering.

3. **Parabelflug:** Während eines Parabelflugs herrscht auf der ganzen Parabelflugkurve im Flugzeug ungefähr 20 bis 30 Sekunden lang Mikrogravitation. Nur beim Abfangen und wieder Hochziehen des Flugzeugs wirkt die so genannte Hyper-Schwerkraft (2-fache Erdbeschleunigung). Im Gegensatz zu der ISS und den Forschungsraketen ist beim Parabelflug der Luftwiderstand nicht zu vernachlässigen. Man gleicht ihn mit der Schubkraft der Turbinen während der Mikrogravitationsphase aus, was sehr viel Erfahrung der Piloten erfordert.
4. **Fallturm:** In einem Turm, wie z. B. dem 123 m hohen Fallturm in Bremen, wird eine Kapsel mit Experimenten fallen gelassen. Um einen möglichst geringen Luftwiderstand zu erreichen, wird der Turm evakuiert (d. h. ein Vakuum wird erzeugt). Durch die kurze Fallzeit erreicht man allerdings nur für wenige Sekunden Mikrogravitation. Aus diesem Grund ist die Art der Experimente eingeschränkt. Beim Aufprall entstehen zudem hohe Beschleunigungskräfte (bis zu 50-fache Erdbeschleunigung). Dies schließt Experimente mit Lebewesen aus, da die hohe Belastung für sie tödlich wäre!

Da unser Kursbudget leider nicht für einen Parabelflug oder für eine bemannte Mission zur ISS gereicht hat, entschieden wir uns für das Prinzip des Fallturms. Da eine Evakuierung mit unseren Mitteln unmöglich war, mussten wir eine andere Lösung finden, um den Luftwiderstand zu minimieren.

Wie können wir Mikrogravitation erreichen?

Wenn Mikrogravitation herrscht, ist im fallenden System keine Gewichtskraft und keine Beschleunigung mehr messbar. Die Gravitationskraft ist dann die einzige wirksame äußere Kraft. Genau das ist beim freien Fall zu beobachten, wenn man sich klar macht, dass alle Körper unter Vernachlässigung des Luftwiderstandes gleich schnell fallen.

Dazu stelle man sich vor, in einem Kasten zu sein, der frei fällt. Da alle Körper gleich schnell fallen, bleibt man an der Stelle ruhen, wo man steht, also bleibt der Abstand zum Kasten kon-

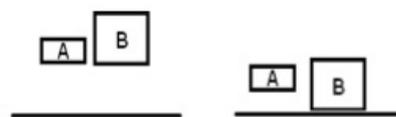
stant. Im Kasten ist keine Beschleunigung messbar, da das System (d. h. der Kasten) und man selbst (im Kasten) gleich stark beschleunigt werden. Man kann daher auch nicht spüren, dass man fällt und nimmt es nicht wahr, wenn man nicht durch ein Fenster in dem Kasten alles an sich vorbeirauschen sieht oder den „Fahrtwind“ wahrnehme.

Wollte man jetzt sein Gewicht ermitteln, könnte man sich im Kasten während des Falls auf eine Waage stellen. Aber da diese ebenfalls genauso schnell wie man selbst fällt, würde sie nichts anzeigen! Damit ist die Gewichtskraft im freien Fall nicht messbar, man fühlt sich „schwerelos“. Damit sind die Bedingungen der Mikrogravitation erfüllt und man muss festhalten, dass beim freien Fall Mikrogravitation herrscht.

Galileis Gedankenexperiment

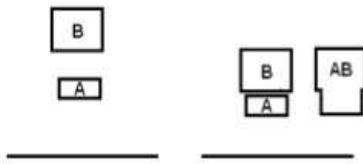
Die Vorstellung, die sich aus der Alltagserfahrung ergibt, dass schwere Körper schneller fallen als leichte, konnte schon Galilei widerlegen und zwar –in einer für die damalige Zeit typischen Weise– durch ein Gedankenexperiment, d. h. durch ein „Experiment“, das sich ganz ohne Versuchsaufbau ausschließlich im Kopf durchführen lässt.

Galilei stellte sich dazu zwei Körper A und B vor, wobei A eine kleinere Masse als B besitzen sollte: Beide Massen ordnete er in Gedanken nebeneinander an und ließ sie gleichzeitig und aus gleicher Höhe fallen. Würde die gängige Vorstellung stimmen, dass schwere Körper schneller fallen als leichte, müsste die Masse B schneller am Boden ankommen als Masse A.



Im zweiten Schritt ordnete er den Körper B über dem Körper A an und stellte sich vor, was passieren würde, wenn man beide Massen erneut zum gleichen Zeitpunkt fallen ließe.

Geht man davon aus, dass die größere Masse



schneller fällt, müsste Körper B den Körper A nach einiger Zeit einholen. Ab diesem Moment könnten aber zwei Fälle gleichzeitig eintreten:

1. Körper B wird von Körper A abgebremst und beide Körper fallen gemeinsam langsamer als Körper B weiter. Körper B würde also später aufschlagen, als wenn er allein gefallen wäre.
2. Körper A und B bilden zusammen einen Körper mit noch größerer Masse als B und müssten dadurch noch schneller fallen als B alleine. Körper B würde also früher aufschlagen, als wenn er allein gefallen wäre.

Das ist eindeutig ein Widerspruch und Galilei – und wenig später auch wir – schloss daraus, dass alle Körper gleich schnell fallen müssen!

Warum entspricht aber diese Erkenntnis überhaupt nicht unseren Erfahrungswerten? Lassen wir beispielsweise einen Stein und ein Blatt Papier aus gleicher Höhe fallen, kommt der Stein deutlich früher als das Papier auf dem Boden an! Das liegt aber im Wesentlichen nicht daran, dass der Stein die größere Masse hat, sondern daran, dass das Papier einen viel größeren Luftwiderstand erzeugt. Knüllt man das Papier zusammen und minimiert damit den Luftwiderstand, stellt man fest, dass Papier und Stein annähernd gleich schnell fallen. Daraus ergibt sich ein wichtiger Zusatz zu Galileis Erkenntnis:

Alle Körper fallen gleich schnell, wenn sie sich im luftleeren Raum (im Vakuum) befinden!

Der Luftwiderstand

Nach kurzer Überlegung mussten wir uns damit abfinden, dass wir unseren Gruppenraum oder den Bereich zwischen Dach und Wiese nicht würden evakuieren können, dass wir also wegen des Luftwiderstandes nicht auf der ganzen, geplanten Fallstrecke (9 Meter) Mikrogravitation erreichen würden.

Doch dann kam der Schock: Theoretisch würden wir nicht einmal eine Sekunde Mikrogravitation haben, d. h. weniger als 1 m nutzbare Fallstrecke! Uns damit abzufinden, kam nicht in Frage. Um eine Lösung zu finden, hieß es sich näher mit dem Thema Luftwiderstand befassen. Jingfan schaffte es, uns das Wichtigste an einem Morgen zu erklären.

Der Luftwiderstand (Reibung) berechnet sich nach folgender Gleichung:

$$F_R = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$$

d. h. er ist zu folgenden Faktoren proportional:

1. der Größe der Frontfläche A des Körpers
2. der Dichte ρ des Mediums (Luft)
3. dem Quadrat der Geschwindigkeit v durch das Medium (Luft)

In der einheitenlosen Proportionalitätskonstante c_w werden Oberflächenbeschaffenheit und Formabhängigkeiten berücksichtigt.

Wenn wir also einen geringeren Luftwiderstand haben wollten, müssten wir mindestens einen der Faktoren verringern. Dazu gab es aber nicht viele Möglichkeiten.

Die Frontfläche war schon so minimal wie möglich, dass die Experimente gerade so hinein passten. Die Dichte der Luft ließ sich schwer beeinflussen (obwohl wir bis zum Schluss auf ein plötzliches Vakuum über Adelsheim gehofft hatten). Eine kugelförmige Kapsel wäre ideal gewesen, jedoch schwer umzusetzen. So blieb als einzige Möglichkeit nur die Verminderung der Geschwindigkeit. Die Auswirkung wäre zudem besonders stark, da die Geschwindigkeit quadratisch eingeht.

Aber würde das einem freien Fall nicht widersprechen? Es entstand die Idee, „die Kapsel in einer zweiten Kapsel fallen zu lassen“, sodass die kleine Kapsel mit den Experimenten im „Windschatten“ der großen Kapsel fällt. Da die Geschwindigkeit v relativ zur umgebenden Luft ermittelt wird, die Luft in der großen Kapsel aber „mitfällt“, verringert sich die Geschwindigkeit der kleinen Kapsel relativ zur mitfallenden Luft. Das war die Lösung und wir konnten uns nun gezielt der Praxis zuwenden und mit dem Bau der Kapsel beginnen.

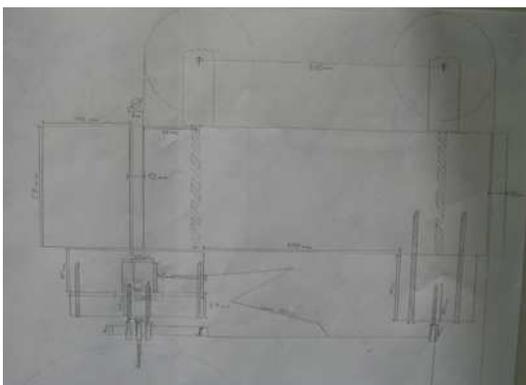
... und Praxis

DANIEL KRAWCZYK, LUKAS RÜCKLE

Um effizient arbeiten zu können, teilten wir uns für die verschiedenen Arbeitsbereiche in vier Teilgruppen ein, die sich jeweils um die Konstruktion und den Bau ihres Teilbereichs kümmerten: Auslösemechanismus, Kapsel, Auffangvorrichtung und Grundplatte mit Experimenten.



Ideenskizzen und erste Baupläne wurden im Gruppenplenum vorgestellt und gemeinsam diskutiert. So wurden die Ideen überarbeitet oder verbessert. Bei der anschließenden Erstellung von bemaßten Skizzen war die Zusammenarbeit zwischen den Gruppen besonders wichtig, da z. B. die Schnittstellen abgeklärt werden mussten: Wie viel Platz brauchen die Experimente? Wo soll die Kamera hin? Stört die Aufhängung? u. a.



Die fertige Bauskizze der Auslösevorrichtung mit Maßen

Nach all den Vorüberlegungen ging es ans Bauen. Als Baumaterialien verwendeten wir hauptsächlich Holz, Plexiglas und Schaumstoff. Im Werkraum hatten wir folgende Werkzeuge zur Verfügung: Bohrer, einen Heißdrahtschneider

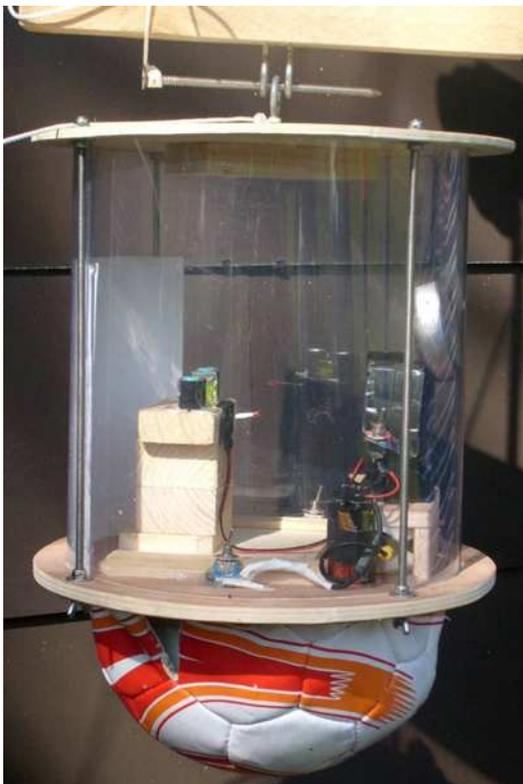


für Plexiglas oder Schaumstoff, eine Oberfräse, eine Dekupiersäge und eine Stichsäge. Wir richteten einen Material- und Werkzeuttisch ein und ließen zwei Tische zum Arbeiten frei. Im Verlauf der Zeit wurden die einzelnen Bauteile immer wieder getestet und auftretende Probleme beseitigt.



Die beiden Fallkapseln

Die innere Fallkapsel, in der die Experimente und die Funk-Videokamera angebracht sind, besteht aus der Grundplatte, einem alten Fußball als Stoßdämpfer, einem Deckel mit einer Öse, um die Kapsel am Auslösemechanismus zu befestigen, und vier Gewindestangen, die zur Stabilisierung des Plexiglasrohres dienen und alles zusammen halten. Auf der Grundplatte sind die Kamera mit dem Funksystem, Führungsschienen für die Experimentierplattformen und ein Beschleunigungssensor befestigt, den unsere Kursleiter bis tief in die Nacht gelötet hatten. Mit Hilfe des Beschleunigungsmessers konnten wir im Experiment genau feststellen, wann Mikrogravitation herrschte.



Die innere Fallkapsel mit der Experimentierplattform (links) und dem Funk-Video-System (rechts)

Doch bevor die Kapsel ihr endgültiges Aussehen erhielt, hatten wir viel zu tun. Als erstes mussten wir uns über die Form der Kapsel Gedanken machen. Den ersten Entwurf der Fallkapsel mussten wir allerdings noch optimieren, weil die Kapsel den Aufprall in dieser Form wahrscheinlich nicht überstanden hätte. Wir

entschieden uns daher für eine stabilere, zylindrische Form, obwohl die Kapsel so schwieriger zu bauen war.

Als schließlich alle Skizzen fertig waren, konnten wir anfangen, die Fallkapsel zu bauen. Wir sägten als erstes mit der Dekupiersäge eine Grundplatte zu, auf der später die Experimente und die Kamera befestigt wurde. Die Batterien betteten wir in Schaumstoff ein und befestigten sie zwischen dem Fußball, der den Aufprall der Kapsel dämpfte, und der Grundplatte. Sie lieferten die Energie für Kamera und Funk-Sender, der das Video in Echtzeit an einen Laptop schickte.



Die äußere Fallkapsel vor dem Hochziehen. Man erkennt im Inneren die kleinere Experimentierkapsel.

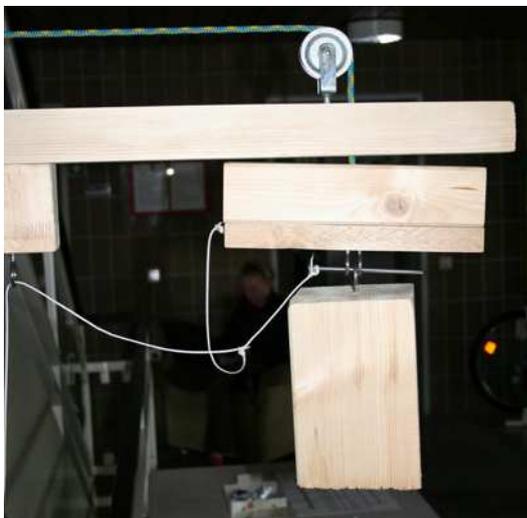
Danach haben wir zum Schutz der Kamera und der Experimente das Plexiglas mit dem Hitzdraht passend zugeschnitten und mit Epoxidharz verklebt, so dass es ein Rohr bildete. Gewindestangen verstärkten den Plexiglaszylinder. Schließlich brauchten wir noch einen Deckel, den wir, wie die Grundplatte, aus einer Sperrholzplatte aussägten. An ihm war ei-

ne Öse für den Auslösemechanismus befestigt. Nachdem in etlichen Versuchen im Fall aus 1 m Höhe die Kameraeinstellungen getestet und optimiert hatten, blieb nur noch ein Problem übrig: Der Luftwiderstand. Um dieses Problem zu lösen haben wir eine zweite, deutlich längere Kapsel (siehe Abbildung) um die erste herum gebaut.

Die innere Kapsel wurde an einer Leine angebunden, die am Deckel der großen Kapsel befestigt war, damit man sie heraus ziehen konnte, wenn sie auf dem Boden der äußeren Kapsel lag. In die große Kapsel füllten wir Schaumstoffschnipsel, damit die kleine Kapsel beim Aufprall nicht beschädigt wurde.

Der Auslösemechanismus

Das Herzstück des Auslösemechanismus' hängt an einem Galgen, welcher wiederum an einer Feuerleiter befestigt ist. Es besteht aus zwei Ösen, die in einen Holzklotz geschraubt sind, und einer weiteren Öse, die im Kapseldeckel befestigt ist. Um die Kapsel zu befestigen, werden die drei Ösen in eine Reihe gebracht und durch einen Nagel fixiert.



Am Ende des Nagels befindet sich eine Schnur als Auslöseseil. Wird sie gezogen, rutscht der Nagel aus den Ösen und die Kapsel fällt (Bei manchen Versuchen brauchten wir noch eine zweite Auslöseschnur für die Experimente, wie z.B. dem Pendel). Da die Schnur waagrecht herausgezogen werden musste, befestigten wir weiter hinten am Galgen eine Öse, die sie umlenkt.

Da die Fallkapseln am Boden bestückt und in 9 m ausgelöst werden sollte, mussten wir einen Weg finden, die Kapsel mitsamt dem Auslösemechanismus hochzuziehen und herunterzulassen. Hierfür befestigten wir den Holzklotz, an dem sich die Ösen befanden und der auch als Anschlag diente, an einem rutsch- und reißfesten Kletterseil. Dieses wurde mit zwei Führungsrollen umgelenkt, welche oben am Galgen angebracht waren. Im Galgen befanden sich zwei Löcher, durch die das Seil hindurchgezogen wurde. Damit der Auslösemechanismus mit der Kapsel vor dem Auslösen so hing, dass man den Nagel waagrecht herausziehen konnte, wurden Führungselemente angebracht. Diese drehten ihn in die richtige Position, und ermöglichten so ein sicheres Auslösen.



Die Auffangvorrichtung

Die Auffangvorrichtung bestand aus einem ca. 1 m³ großen Karton, der mit Schaumstoff- und Styroporstücken gefüllt war. Diese sollten die beim Aufprall freierwerdende Energie durch Verformung aufnehmen. Anfangs waren die Kunststoffstücke jedoch zu groß, sodass die Test-

kapsel wieder herausgeschleudert wurde. Also mussten alle Schaumstoffteile in ca. 2 cm große Stücke zerrissen werden. Nachdem der Test-Holzklötz aus 1 m Fallhöhe sicher im Karton landete, wagten wir den Test vom Balkon des 1., 2. und 3. Stocks. Die Vorrichtung bestand den Test und war somit einsatzbereit.

Während des Experimentes musste Georg –in Sicherheitskleidung– aufpassen, dass die Kapsel mit der Auffangvorrichtung am Boden nicht umkippte, was er, den gelegentlichen Blutverlust im Dienste der Wissenschaft ignorierend, auch erfolgreich tat.



Celia und Jingfan bei der Aufsicht im Werkraum.

Die Experimente

NAM LUU HOAI, LENA SALFENMOSER,
SANDRA WARNECKE

Da die Kapsel nur etwa 1,5 Sekunden lang fiel, mussten wir uns auf Versuche beschränken, bei denen der Effekt schon nach kurzer Zeit deutlich wurde.

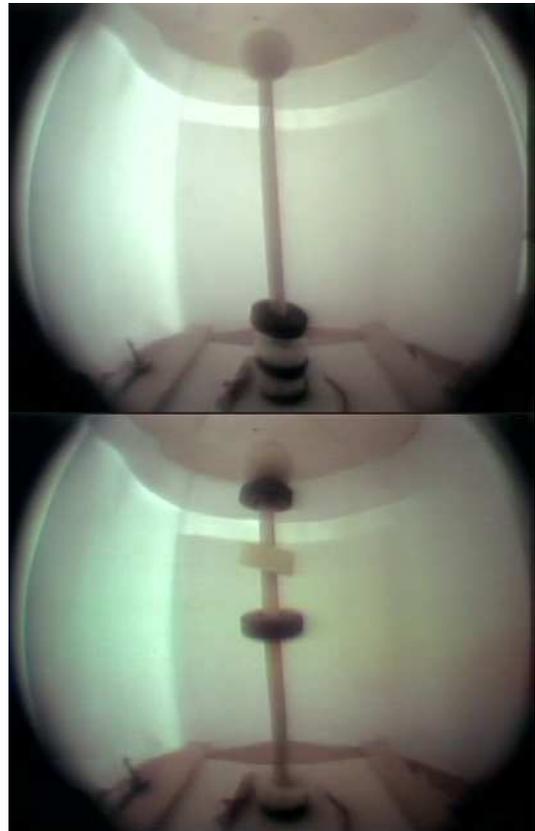
Versuch 1: Magnete

Drei keramische Magnete wurden auf einen Holzstab aufgereiht und so gepolt, dass sie sich abstießen. Aufgrund des Kräftegleichgewichts zwischen Schwer- und Magnetkraft blieben die Magnete etwa einen Zentimeter übereinander in der Schwebe. Damit sie beim Aufprall nicht aneinanderstießen und zerbrachen, wurden zwischen den Magneten dünne Schaumstoffpolsterungen angebracht.

Beobachtung im freien Fall: Die Magnete verteilten sich gleichmäßig auf dem Holzstab.

Erklärung: Dadurch dass die Schwerkraft wegfiel, blieb als einzige Kraft die abstoßen-

de, magnetische übrig. Ohne die Holzanschläge wären die Magnete ganz auseinander geflogen.



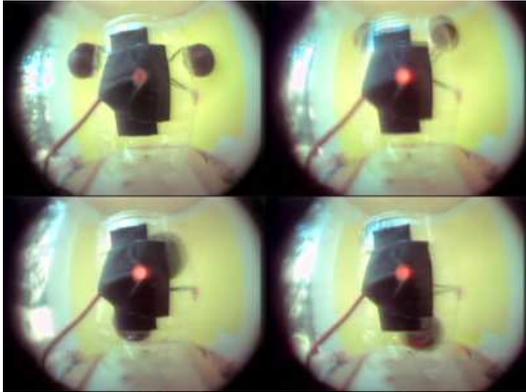
Die Magnete unter Schwerkraft (oben) und in Mikrogravitation (unten).

Versuch 2: Gummibänder

Auf der Experimentierplatte wurde der untere Teil einer aufgeschnittenen Plastikflasche befestigt. In der Mitte des Flaschenbodens brachten wir zwei Gummibänder an, an deren Enden je eine Holzkugel so verknötet war, dass die Gummis zwar unter Spannung standen, die Holzkugeln jedoch nicht über den Flaschenrand in das Innere ziehen konnten. Auch hier befanden sich Schwerkraft und die Spannkraft der Bänder im Gleichgewicht.

Beobachtung im freien Fall: Die Kugeln wurden durch die Gummibänder in das Innere der Flasche gezogen.

Erklärung: In dem Zustand der Mikrogravitation blieb als einzige Kraft die Zugkraft der Bänder wirksam.



Bildersequenz (von links oben nach rechts unten). Die rote LED im 2.–4. Bild zeigt an, dass Mikrogravitation herrscht.

Versuch 3: Briefwaage

Wir benutzten eine Briefwaage, die wir mit Holzklötzchen beschwerten, damit die Beobachtung deutlicher wurde.



Unter Schwerkraft (oben) zeigt die Briefwaage etwas über 40 g an, in Mikrogravitation (unten) dagegen –5 g.

Beobachtung im freien Fall: Die Nadel zeigte weniger als null Gramm an.

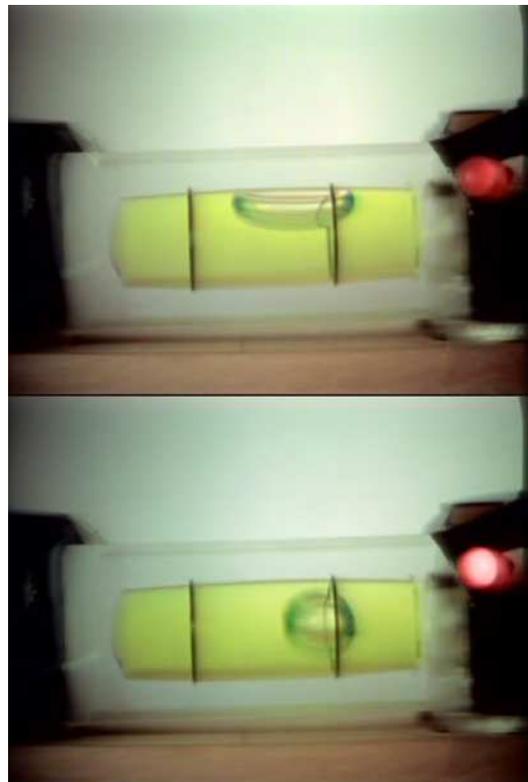
Erklärung: Der Grund hierfür liegt in dem Herzstück der Waage: Einer Feder. Durch die

„Schwereelosigkeit“ der Klötzchen konnte sich die Feder völlig entspannen. Wenn die Waage unter normalen Bedingungen null Gramm anzeigte, so war die Feder durch das Gewicht der Waagschale zusammengedrückt. Nur in Mikrogravitation entspannt sich die Feder völlig.

Bei allen drei bisherigen Versuchen in Mikrogravitation hob sich das Kräftegleichgewicht auf, also trat die Kraft neben der Gewichtskraft in Erscheinung: Die Magnete schoben sich auf dem Holzstab auseinander, die Gummibänder zogen sich zusammen und die Waage zeigte weniger als null Gramm an.

Versuch 4: Libelle

In diesem Versuch beobachteten wir eine handelsübliche Libelle, wie man sie z. B. von einer Wasserwaage her kennt. Dabei ging es physikalisch um die sogenannte Oberflächenspannung zwischen der Luftblase und der sie umgebenden Flüssigkeit. Die Oberfläche einer Flüssigkeit verhält sich nämlich ähnlich einer gespannten, elastischen Folie.



Die Libelle unter Schwerkraft (oben) und in Mikrogravitation (unten). Die rote LED zeigt an, dass Mikrogravitation herrscht.

Unter normalen Bedingungen nimmt die Luftblase am oberen Rand des Gefäßes eine linsenförmige Gestalt an.

Beobachtung im freien Fall: Im freien Fall bildet die Luftblase eine Kugel, die vollkommen von der Flüssigkeit umschlossen wird. Die Blase schwebt frei in der Flüssigkeit und nicht mehr oben.

Erklärung: Flüssigkeiten haben das Bestreben, ihre Oberfläche zu verringern. Da bei vorgegebenem Volumen eine Kugel die geringste Oberfläche hat, versuchen Flüssigkeiten, auf die keine weiteren Kräfte wirken, wie etwa in der Schwerelosigkeit, Kugelform anzunehmen.

Versuch 5: Schraubglas mit Luftblase

Wir füllten ein Schraubglas bis auf eine kleine Luftblase mit Wasser und ließen es dann mit der Kapsel fallen.

Beobachtung im freien Fall: Wir beobachteten, dass auch hier die Luftblase bei Mikrogravitation kugelförmig wurde.

Erklärung: Auch hier war das Bestreben die Oberflächenspannung zu verringern der Grund für das Zusammenziehen.

Versuch 6: Quecksilbertropfen

In einem Reagenzglas befand sich eine kleine Menge Quecksilber. Quecksilber ist das einzige Metall und neben Brom das einzige Element, das bei Normalbedingungen flüssig ist. Aufgrund seiner hohen Oberflächenspannung benetzt Quecksilber seine Unterlage nicht, sondern bildet wegen seiner starken Oberflächenspannung linsenförmige Tropfen.

Beobachtung im freien Fall: Der Tropfen zieht sich so schnell zu einer Kugel zusammen, dass er vom Boden des Reagenzglases hochschnellt und dann diese Geschwindigkeit oben beibehält.

Erklärung: Wie in Versuch 4 und 5 versucht auch der Tropfen kugelförmige Gestalt anzunehmen. Die starke Kohäsion des Quecksilbers (Kohäsion bezeichnet in der Physik und Chemie die Zusammenhangskräfte zwischen den Atomen beziehungsweise Molekülen eines Stoffes) führt dazu, dass dies sehr abrupt geschieht und der Tropfen wie ein zusammengedrückter

Gummiball hochspringt, wenn die Gewichtskraft nicht mehr wirken kann.



Unter seiner eigenen Gewichtskraft formt sich der Quecksilbertropfen zu einer Linse (oben). In Mikrogravitation (unten) zieht er sich so schnell zu einer Kugel zusammen, dass er hochschnellt. Die rote LED zeigt an, dass Mikrogravitation herrscht.

Bei den Versuchen 4 bis 6 war die Oberflächenspannung die Ursache des beobachteten Verhaltens.

Versuch 7: Kerzenflamme

Verbrennungsprozesse laufen in Mikrogravitation ganz anders ab als unter normalen Umständen. Um dies näher zu untersuchen, ließen wir eine brennende Kerze in der Kapsel fallen.

Beobachtung im freien Fall: Die längliche Kerzenflamme schrumpfte und wurde kugelförmig. Dabei verlor sie deutlich an Helligkeit und erlosch sogar nach kurzer Zeit.

Erklärung: Heiße Gase, die bei der Verbrennung entstehen, haben eine geringere Dichte

als kalte. Daher steigen heiße Gase unter Normalbedingungen nach oben, und kalte sinken zu Boden. Oben und unten wird dabei durch die Gewichtskraft festgelegt. Unter Mikrogravitation steigen die heißen Verbrennungsgase jedoch nicht mehr auf, sondern verteilen sich nach allen Richtungen, d. h. kugelförmig um den Docht. Frischer Sauerstoff kann seitlich nicht mehr so gut nachströmen. Dies führte zu dem beobachteten Verhalten der Kerzenflamme.

(Leider ist das Video der Kerzenflamme sehr dunkel und wir können hier keine Bilder abdrucken.)

Versuch 8: Bayerische Sanduhr

Eine Bayerische Sanduhr enthält statt Sandkörnern und Luft, Öl und Plastikkügelchen, die aufgrund ihrer geringeren Dichte im Öl nach oben treiben. Die Kügelchen erfahren also eine Auftriebskraft.



Beobachtung im freien Fall: Sobald sich die Sanduhr im freien Fall befand, konnten wir feststellen, dass die Kügelchen langsamer und gleichmäßig nach oben stiegen. Ruhende Kügelchen bleiben ruhend.

Erklärung: Normalerweise steigen die Kügelchen gleichmäßig beschleunigt nach oben, d. h.

sie werden beim Aufsteigen immer schneller (Der Effekt ist wegen der hohen Reibung im Öl allerdings nur schwach zu beobachten, in der Videoanalyse jedoch schon.) In Mikrogravitation fällt die Beschleunigung weg, so dass die Kügelchen aufgrund ihrer Trägheit die Geschwindigkeit beibehalten, d. h. sie ruhen oder bewegen sich annähernd gleichförmig (allerdings gebremst durch das Öl) und geradlinig weiter.

Versuch 9: Magnesium in Essig

In einem Schraubglas befanden sich Essigsäure und ein Stück Magnesium. Das entstehende Gas steigt nach oben. Bei diesem Versuch waren Beobachtung und Erklärung die gleichen wie bei der Bayerischen Sanduhr.

Versuch 10: Styropor in Wasser



Hierbei befand sich ein Styroporstück in einem mit Wasser gefüllten Schraubglas. Unter normalen Bedingungen treibt das Styropor an der Wasseroberfläche. Wird es unter Wasser gedrückt, steigt es zur Wasseroberfläche zurück. Dieses Verhalten wollten wir unter Mikrogravitation testen. Hierfür musste sich das Styro-

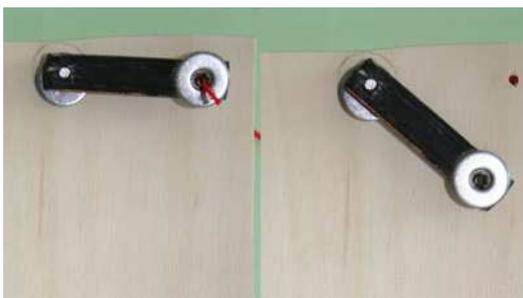
por aber in dem Moment unter Wasser befinden, wenn die Mikrogravitation einsetzte. Deshalb mussten wir unsere Experimentierplatte dementsprechend anpassen.

Beobachtung im freien Fall: In Mikrogravitation blieb das Styropor unter Wasser und trieb nicht nach oben.

Erklärung: Das lag daran, dass es in Mikrogravitation kein „Oben“ und „Unten“ gibt. Da das Styropor im Gegensatz zu den Kügelchen bzw. Bläschen aus den vorherigen Versuchen keine Anfangsgeschwindigkeit besaß und auch sonst keine beschleunigenden Kräfte wirkten, musste es in Ruhe bleiben.

Versuch 11: Pendelbewegung

Desweiteren wollten wir eine Pendelbewegung unter Mikrogravitation untersuchen. Eine Schwierigkeit hierbei war, dass das Pendel zu Beginn des Falls schwingen musste. Da die Zeit zum Bestücken der Kapsel, heraufziehen und starten des Videosystems zu lang war, um das Pendel schon am Boden anzustoßen, mussten wir einen weiteren, von der Kapsel unabhängigen Auslösemechanismus konstruieren. Dazu wurde ein Faden so befestigt, dass er das Pendel ausgelenkt festhielt, bis alle Startvorbereitungen erledigt waren. Kurz nach dem Ausklinken der Kapsel gab der Faden dann das Pendel frei.



Beobachtung im freien Fall: Bei den Aufnahmen konnten wir zwei Fälle differenzieren:

1. Befand sich das Pendel in Bewegung, behielt es seine Bewegung bei und führte daher eine Kreisbewegung durch.
2. Wenn sich das Pendel zu Beginn des Falls der Kapsel am Wendepunkt der Pendelbewegung, dem sogenannten Todpunkt, befand, blieb es dort stehen.

Erklärung: Das Pendel behielt die Richtung und die Geschwindigkeit bei, die es bei Eintritt der Mikrogravitation hatte.

Besuch aus Oberpfaffenhofen

JAN TRAUB

„Normaler“ Tagesablauf? – Nicht für uns!

Neben dem selbstständigen Arbeiten im Kurs waren auch zwei Tage mit und bei Forschern des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) geplant. Diese sollten dazu dienen, sich über die Kursinhalte hinweg mit der Thematik Mikrogravitation und Raketentechnik zu befassen. Auch sollte durch diese abwechslungsreichen Einschnitte in den Akademiealltag neue Energie für die weitere Kursarbeit geschöpft werden.

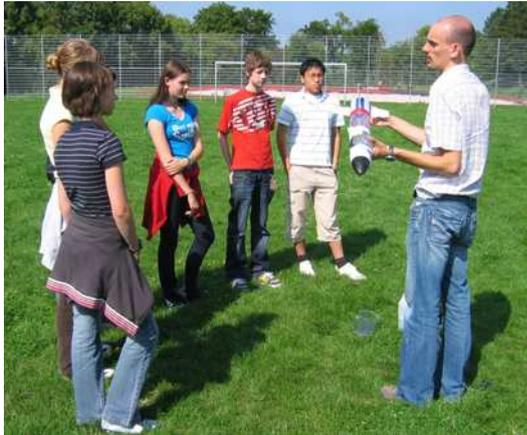
Während am 27. August für alle anderen Kurse das normale Programm begann, war es für unseren Kurs ein ganz besonderer Tag: Etwa 300 km Anreise hinter sich, erreichten Herr Schüttler und Herr Rackl den Eckenberg noch in den Morgenstunden. Sie begannen damit, uns von ihrem Job allgemein und der Mikrogravitation in Raketen auf dem Gebiet der professionellen Forschung im besonderen zu referieren. Dazu gehörte natürlich auch der physikalisch-theoretische Einstieg in die Thematik. Da wir nicht mehr fachfremd waren, gestaltete sich dies als intensiver Dialog. Auf der Leinwand verfolgten wir gespannt den Abschuss einer Höhenforschungsrakete und das Verhalten von Fischen in Schwerelosigkeit.

Immer wieder zeigte sich, wie gut dieses Thema zu unserem Projekt passte. Wir bekamen sogar Tipps, wie wir unsere Fallkapsel verbessern könnten. Auch die sich anschließende Frageunde war sehr lebhaft und wir nutzten die Gelegenheit, „waschechten“ Physikern Fragen zu stellen.

three - two - one - zero - and lift off

Erfüllt von so viel neuem Wissen freuten wir uns auf den praktischen Teil - den Abschluss

von Wasserraketen auf der Wiese vor dem LSZU-Gebäude.



Hr. Rackl erklärt das Prinzip der Wasserrakete

So gingen wir nach draußen und bauten alles auf: Abschussvorrichtung, Luftpumpe, Auslöser und natürlich die Raketen selbst. Zwei Raketen hatten Herr Schüttler und Herr Rackl im Gepäck: Die erste bestand aus einfachen PET-Flaschen und besaß eine kleine Außenkamera, so dass wir „mitfliegen“ konnten. Sie machte sich gut und wir konnten einige Abschüsse mit ihr durchführen.



Bildersequenz der Außenkamera einer Rakete

Die zweite war aus Holz gefertigt sowie mit einem Fallschirm ausgerüstet. Mit einer Innenkamera war sie für Mikrogravitationsexperimente vorbereitet. Mit der Libelle einer Wasserwaage und Keramikmagneten als Experimenten sollte sie abgeschossen werden.



Hr. Schüttler mit der von ihm gebauten Zero-g-Rakete

Nachdem uns die Abschussvorrichtung erklärt worden war, wurde die zu einem Drittel mit Wasser gefüllten Tanks bis zu einem Druck von sieben bar mit Luft aufgepumpt. Countdown, auslösen - und ab! Mit lautem Zischen schoss sie weit nach oben, doch unglücklicherweise löste der Fallschirm nicht aus und sie prallte ungebremst wieder auf den Boden. So konnte sie kein zweites Mal eingesetzt werden. Allerdings war die Phase der Schwerelosigkeit ohne den entfalteten Fallschirm besonders lang und das entstandene Video zeigte umso besser, was in Mikrogravitation geschehen war: Die Luftblase in der Libelle hatte sich zu einer kreisrunden Kugel geformt!

Kein Experiment ohne Auswertung!

Die Auswertung und Analyse der Videos erwies sich ebenfalls als spannend und sehr interessant. Wir fanden heraus, dass die Raketen bei einer Abschussgeschwindigkeit von etwa $200 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ bis zu 70 m hoch geflogen waren. Gemeinsam beschrieben wir zudem die beobachteten Versuchsabläufe und versuchten sie zu erklären.

Auch für den technischen Defekt seiner Rakete fand Hr. Schüttler eine Erklärung: Ein Gummi, mit dem der Fallschirm ausgelöst werden sollte, hatte sich verhakt und die Tür des Fallschirms öffnete sich deshalb nicht. Doch der Forscher nahm den Absturz sportlich und überlegte sich Verbesserungen für die nächste Rakete. Vor allem das lange Video von der Libelle versöhnte ihn.

So neigte sich ein abwechslungsreicher, interessanter und auch ergiebiger Tag seinem Ende zu und die beiden Physiker fuhren zwar mit einer beschädigten Rakete, aber hoffentlich auch mit schönen Eindrücken nach Hause. Für uns war dieser besondere Tag voller Erlebnisse und wir fanden darin viel Motivation für die weitere Arbeit an unserem Projekt.

DLR School_Lab Lampoldshausen

OLIVER BOCK, LUKAS RÜCKLE, NICOLÁS CANDIA

Montag, 1. September 2008:

Ein Blick auf den Tagesplan - Kursspezifische Exkursion, in unserem Fall zum School_Lab des DLR in Lampoldshausen. Wir waren natürlich alle schon sehr gespannt, was uns dort wohl erwarten würde.

Nach ungefähr einer halben Stunde Fahrzeit kamen wir schließlich auf dem mitten im Wald gelegenen Parkplatz des DLR in Lampoldshausen an. Überall um das Eingangstor herum war ein ungefähr zwei Meter hoher Metallzaun mit einer Natostacheldrahtrolle, der dafür sorgte, dass keine ungebetenen Gäste in das Gebiet des DLR eindringen konnten. Durch ein „Umhängeschild“ erlangten wir die

Befugnis, das Gebiet des DLR und so auch das School_Lab zu betreten.

Das School_Lab ermöglicht Schülern anhand von verschiedenen physikalischen Versuchsaufbauten, Einblicke in die Theorie und Praxis des Raketenbaus zu bekommen. Um Raketenphysik verstehen zu können mussten wir jedoch zuerst einiges über Impulserhaltung lernen. Einer von uns setzte sich dazu mit einem schweren Stoffsack auf einen Rollwagen und stieß dann den Sack mit aller Kraft von sich. Da *actio gleich reactio* gilt, fuhr der Wagen entgegen der Wurfrichtung los. Dieses Prinzip wird auch zum Raketenantrieb verwendet.

Mit weiteren theoretischen Grundlagen, wie zum Beispiel der Raketengleichung von Ziolkowsky konnten wir errechnen, wie das optimale Verhältnis von Wasser und Luft beim Antrieb einer Wasserrakete aussah. Wie sich später herausstellte war dies für den Nachmittag von großer Bedeutung. Große Raketen wie z. B. die Ariane 5 benutzen eine Stufenzündung, um bei gleicher Kraftstoffmenge noch höher steigen zu können. Wir simulierten dieses Prinzip anhand eines einfachen Versuchs.



Auf einer geraden Strecke aus Modelleisenbahnschienen, auf der zwei Wagen mit ferngesteuertem Druckluftantrieb standen, wurde getestet, bei welcher Zündungsart der vordere Wagen am weitesten fuhr. Nach vielen Versuchen erkannten wir, dass die Zündung nacheinander stattfinden muss, um am effizientesten die Druckluft, oder in Realität den Treibstoff, nutzen zu können.

Schließlich stand die Mittagspause an. Das Essen war eine richtig gute Stärkung nach dem anstrengenden Vormittag. Nach der Kräftigung

und Reanimierung der Gehirnzellen ging es dann wieder in Gruppen an die Arbeit: Die eine befasste sich mit dem *Bau einer Wasserrakete* und die andere mit *Versuchen im Vakuum*.

Versuche im Vakuum

Ein netter Physiker im Ruhestand namens Herr Dr. Seeck nahm sich extra Zeit, um mit uns Experimente im Vakuum durchzuführen. Gemeinsam machten wir uns Gedanken darüber, was Vakuum eigentlich bedeutet und welche extremen Bedingungen dort herrschen.



Anschließend führten wir uns mit zahlreichen Versuchen vor Augen, welche Auswirkungen diese Bedingungen auf verschiedene Körper haben. Dazu standen uns eine leistungsstarke Vakuumpumpe, mit der wir zwei Glasglocken evakuieren konnten, ein Thermometer, ein Barometer und eine spezielle Computersoftware zur genaueren Aufzeichnung von Messdaten zur Verfügung.

Zuerst überprüften wir die Dinge, die wir davor in der Theorie gehört hatten:

- Im Vakuum ist es sehr kalt.
- Es wird kein Schall übertragen, da ein Medium fehlt.
- Wenn der Druck sinkt, verdampft Wasser anfangs. Das liegt daran, dass der umgebende Gasdruck sinkt. Wenn der Druck weiter sinkt und die Temperatur den Minusbereich erreicht, gefriert es.
- Wenn man im Vakuum eine Lampe einschaltet, dann ist die Temperatur auf der beleuchteten Seite sehr hoch, im Schatten sehr niedrig; allerdings noch extremer als in der normalen Umgebung.



Eigelb und Eiweiß werfen im Vakuum Blasen, die nach wenigen Minuten gefrieren.

Anschließend untersuchten wir den Einfluss des Vakuums auf Lebensmittel und andere Produkte: Produkten aus offenporigen Materialien, d. h. Materialien, durch die Luft entweichen kann, macht das Vakuum nichts aus. Ein Beispiel dafür ist ein Stofftier. Mohrenköpfe jedoch blähen sich auf. Wenn man jedoch die Luft wieder in die Glasglocke lässt, schrumpfen sie. Das liegt daran, dass die Luftblasen im Eiweißschaum in einem Vakuum entweichen wollen - der Mohrenkopf wird größer.

Nicht mehr ganz frisches Obst und Gemüse sah im Vakuum wieder frisch aus, da wieder Luftblasen, die entweichen wollen, das Obst oder Gemüse größer werden lassen und so die Oberfläche straffen. Unter Normaldruck verschrumpeln die Lebensmittel allerdings wieder. Auch Marshmallows und andere Soft-Gums werden im Vakuum größer.

Bau einer Wasserrakete

Die Raketengruppe begann damit, sich eine grobe Vorstellung des Aussehens der Rakete und der wichtigen Elemente beim Bau zu verschaffen, um am Ende eine möglichst gute Rakete abliefern zu können. Zwei PET-Flaschen bildeten Rumpf und Antriebsstufe der Rakete. Als Spitze fungierte ein Oberteil einer PET-Flasche und sogenannte Fins sorgten für eine stabile Fluglage (für Interessierte gibt es auf der Homepage des School_Labs eine ausführliche Bauanleitung).

Dieser grundsätzliche Aufbau ließ zahlreiche Variationsmöglichkeiten zu, welche Flughöhe und Flugeigenschaften beeinflussten. So ver-

suchte jedes der drei Raketenbauerteams die „perfekte“ Rakete zu bauen. Der Antrieb der Wasserrakete basiert auf dem Rückstoßprinzip: Eine definierte Menge Wasser wird mit Druckluft in die Abtriebsstufe gepumpt und das ganze mithilfe einer Abschussvorrichtung in Position gebracht. Dann wird ganz bequem in sicherer Entfernung die Rakete mittels eines Drahtseils abgeschossen.



Startvorbereitungen

Als endlich die ersten Raketen fertig gestellt waren, war die Spannung natürlich groß: Wird die Rakete überhaupt fliegen? Wie viel Druck halten die PET-Flaschen aus? Wie hoch wird sie fliegen? Wo wird sie herunterkommen? Wird sie die Landung heil überstehen? Es gab nur eine Möglichkeit, die Fragen zu beantworten: 3-2-1-Abschuss!

Unter lautem Gezische schossen unsere Raketen in den Himmel. Manche flogen so hoch, dass wir sie nicht mehr finden konnten, da sie zu weit abgedriftet waren. So nutzten zwei Raketen das Dach des SchoolLabs als Landeplatz. Eine Rakete verfehlte ein Auto nur um Haaresbreite. Doch nicht nur die Flughöhe, sondern auch die Fluglage variierte stark: Einige drehten sich sehr schnell, wodurch sie stabil in der Luft lagen, andere jedoch drehten

sich gar nicht, was ein witziges Flugverhalten zur Folge hatte. Insgesamt war es ein riesiger Spaß zu sehen, wie unterschiedlich die Raketen flogen - oder einfach auf dem Boden blieben.

Rundgang

Nachdem wir einige Modellexperimente durchgeführt hatten, um die großen Raketen zu verstehen, war es nun an der Zeit, sich einmal die Experimente der Profis anzuschauen.



Die Ariane 5

Wir haben es fast nicht geglaubt, aber im DLR Lampoldshausen, mitten im Odenwald, testen die Mitarbeiter des DLR Raketentriebwerke, allen voran das Vulcaintriebwerk der Ariane 5, der größten europäischen Trägerrakete.

Sie wird am Prüfstand P5 auf Herz und Nieren untersucht. Zwar schauten wir uns zuvor in einem einführenden Film einen Triebwerks-test an, doch als wir vor dem 70 Meter hohen Turm standen, wurden wir nochmals von ihm überwältigt. In ihm befinden sich ein großer Wasserstoff- und Sauerstofftank, eine Kühlwasservorrichtung, eine Menge Kabel für Messungen und beim Test natürlich auch das Vulcaintriebwerk. Ein Test würde ungefähr so ablaufen:

3-2-1-Das Triebwerk wird gezündet. Jetzt fließen 2000 Liter Kühlwasser, 39 Kilogramm Wasserstoff und unglaubliche 311 Kilogramm Sauerstoff pro Sekunde. Der Betonturm muss nun die geballte Kraft von 4 Millionen PS bzw. knapp 600 Tonnen Schubkraft auf dem Boden halten. Ein riesiges Leitungssystem befördert das gesamte verdampfte Wasser in den Himmel, das als gigantische Wolke die Son-

ne in Lampoldshausen verdunkelt. Nach ca. 1000 Sekunden wird das Triebwerk wieder abgeschaltet. Es hat 39 Tonnen Wasserstoff und 311 Tonnen Sauerstoff verschlungen, 2 Millionen Liter Kühlwasser verdampft und währenddessen eine unvorstellbare Kraft entwickelt.

Das Gelände

Das Gelände des DLR in Lampoldshausen umfasst über 25 Gebäude. Darunter befinden sich unter anderem verschiedene Prüfstände und Forschungsabteilungen. (Es gibt eine ganz einfache Erklärung für das Fehlen von Bildern in diesem Bericht: Es herrschte Fotografierverbot, um Industriespionage zu verhindern.)

Immer noch beeindruckt von den Dimensionen des Ariantriebwerks erkundeten wir das Gelände. Den Wasserstoff und den Sauerstoff für das Vulcaintriebwerk sahen wir zwar nicht, aber die riesigen Tanks, in denen der Wasserstoff bei 20 K also -253 °C im flüssigen Zustand aufbewahrt wird, waren nicht zu übersehen. Hierzu erfuhren wir, dass eigens für den Wasserstoffbedarf der Ariane eine Fabrik in Frankreich gebaut wurde, denn woher sonst soll man solche Mengen an Wasserstoff Test beziehen?

An Bürogebäuden vorbei, erreichten wir einen kleineren Prüfstand. Dort wurde ein Gel auf seine Tauglichkeit als Raketenkraftstoff getestet. Gele haben gegenüber Feststoffen oder Flüssigkeiten den Vorteil der besseren Handhabung. Hierbei handelte es sich zwar „nur“ um Miniaturtriebwerke, aber auch diese entfalten eine ungeheure Kraft, so dass zu jedem auch noch so kleinen Triebwerkstest die werkseigene Feuerwehr zur Absicherung anrücken muss. Wir erhielten auch einen kleinen Eindruck, wie kompliziert diese Angelegenheit ist, denn es waren scheinbar unendlich viele Kabel zu sehen, die dazu dienen, allerlei Messungen durchzuführen.

Als letztes stand die größte und stärkste Vakuumpumpe der Welt auf dem Plan. Die sich am Prüfstand P4 befindet. Dort wird Höhensimulation durchgeführt, das heißt, dass untersucht wird, wie sich Triebwerke in großen Höhen also bei sehr dünner Luft oder gar im Vakuum verhalten, um sie auf Weltraumverhältnisse vorzubereiten. Die Aufgabe der Vakuumpumpe ist es, den Testraum mit einem Volumen von 512 m^3 zu evakuieren. Die Schwierigkeit bei dieser Aufgabe besteht darin, die Abgase, welche das Triebwerk produziert, in dem Moment ihres Entstehens abzutransportieren, um das Vakuum auch während der Brennphase aufrecht zu erhalten. Für die Bewältigung einer solchen Aufgabe benötigt die Pumpe eine enorme Leistung von ca. 3 Gigawatt!

Nach unserer letzten Etappe war es nun an der Zeit Abschied zu nehmen und nach Adelsheim zurückzukehren. Während der Autofahrt war die Erschöpfung allen anzusehen und wir begannen all die Eindrücke, die wir den Tag über gesammelt hatten, zu verarbeiten.

KüA – Kursübergreifende Angebote

Theater-KüA

SASKIA BLUHM, KATHARINA BARBU

In jeder Mittags-KüA-Schiene hieß es: „Auf geht's zur Theater-KüA!“.

Bei unseren täglichen Treffen stand die immer näher rückende Aufführung im Vordergrund und der Spaß durfte dabei nicht zu kurz kommen. So stiegen wir nicht sofort in die Textarbeit ein, sondern lernten uns zuerst besser kennen, machten szenische Aufwärmspiele wie Improvisationsübungen und für einen besseren Überblick auf der Bühne das Spiel „Zip-Zap-Boing“.

Biedermann und die Brandstifter

... war unser Theaterstück. Wir waren uns ziemlich schnell einig, dass wir dieses Stück von Max Frisch spielen werden, da es uns inhaltlich alle ansprach und auch für alle Teilnehmer der KüA ausreichend Rollen bot.

In dem Stück geht es um einen Mann namens Gottlieb Biedermann, seine Frau Babette und zwei Brandstifter, die einige Tage bei den Biedermanns übernachteten.

„Viel sieht, wo nichts ist, der Ängstliche, Den nämlich schreckt schon der eigene Schatten, Kampfmutig findet ihn jedes Gerücht, So dass er strauchelt, So, schreckhaft, lebt er dahin, Bis es eintritt: In seine Stube.“
(Zitat des Chors S. 27).

Die Brandstifter sagen die ganze Zeit, dass sie eben solche sind, doch Herr Biedermann hält diese Tatsache die ganze Zeit für Ironie. Doch am Ende brennt die ganze Stadt nieder, was Biedermann hätte verhindern können, und alle sterben.

Das Stück ist wirklich unterhaltsam geschrieben und der Leichtsinn Biedermanns ist teil-

weise wirklich verblüffend; wie kann man solche Geschehnisse dulden?

Nach unseren Improvisationen und Schauspielübungen ging es dann Schlag auf Schlag – Elisabeth und Sebastian mussten das gesamte Stück von anfangs ca. 1:40 h Spielzeit auf 50 min kürzen. Manchmal freuten wir uns darüber, da wir weniger Text hatten, aber manchmal fanden wir es auch schade, dass lustige Szenen wegfielen.



Während den Proben hinter der Bühne: Trotz der Konzentration war die Stimmung ausgelassen.

Nachdem die Rollen verteilt waren, wurde der Text von allen fleißig gelernt – abends im Bett, in der Mittagspause in der Sonne oder wenn man sonst irgendwann noch ein paar Minuten Zeit gefunden hat.

Besetzung

Herr Biedermann	Robin Repnow
Babette, seine Frau	Eileen Tremmel
Schmitz, ein Ringer	Patrick Caspari
Eisenring, ein Kellner	Lasse Wurzel
Anna, ein Dienstmädchen	Lisa Bitterich
Chorführer	Saskia Bluhm
Chormitglieder	Max Allmendinger
	Janina Fausel
Polizist und Chormitglied	Katharina Barbu
Dr. phil. und Chormitglied	Sophia Gernert

Das Textlernen ist natürlich nicht gerade das, was am meisten Spaß macht, aber man muss

sich dabei einfach nur die ganze Zeit vorstellen, wie man bald auf der Bühne stehen wird und spielen darf.

Wir freuten uns alle total, als wir zum ersten Mal auf der Bühne proben durften; endlich ging es ans Theaterspielen. Für die Proben wurden wir oft in zwei Gruppen geteilt, der Chor übte seine Stellen und die einzelnen Rollen probten ihre jeweiligen Szenen. Die Stimmung dabei war immer toll und wir haben viel gelacht.



Die Aufführung am Abschlussabend: Biedermann im Gespräch mit Schmitz, Anna serviert. Gute Miene zum bösen Spiel.

Wir waren alle geschockt, wie schnell die Zeit verging. Doch am Ende stand das Theaterstück so wie es sollte. An einigen Stellen mussten wir zwar etwas improvisieren, aber unserem Publikum schien es gefallen zu haben und uns auch; das ist ja schließlich das Wichtigste. Am Ende waren wir alle froh, dabei gewesen zu sein. Denn das Theaterspielen war wirklich toll und hat sehr viel Spaß gemacht.

Musik-KüA

MARTIN SCHIMASSEK, JONATHAN DOLLINGER

Zur Science Academy gehört traditionsgemäß auch die Musik-KüA. Im Gegensatz zu den meisten anderen KüAs wurde die Musik-KüA schon am Eröffnungswochenende geplant. Außerdem war die Musik-KüA, wenn man sich einmal angemeldet hatte, obligatorisch, denn zum Abschluss der Akademie sollte ein Konzertabend stattfinden, für den man natürlich

regelmäßig üben musste. Es fand sich schließlich eine bunt gemischte Gruppe mit unterschiedlichen Instrumenten und Spielerfahrung: Ailís Hunt-Haney, Sarah Walther, Sandra Warnecke, Franziska Müller, Jonathan Dollinger, Caroline Knebel, Manuel Gemander, Lukas Rückle, Jan Traub, Martin Schimassek, Janis Limperg, Felix Graw, Nicolás Candia, Oliver Bock und Natalie Plewig. Geleitet wurde die KüA von Lea Götz und von Herrn Seeliger vom Eckenberg-Gymnasium, der, obwohl er eigentlich ja Ferien hatte, immer mit großem Engagement dabei war.

Der Anfang war teilweise schwierig, schließlich kannte man die anderen nicht sonderlich gut und man musste sich in Ensembles zusammenfinden. Manche Ensembles hatten sich zwar schon gefunden, aber andere wurden völlig neu zusammengemischt. Außerdem konnten die meisten Noten nicht einfach so übernommen werden, da manche Instrumente fehlten oder die Stücke zu schwierig waren. Doch schließlich hatten alle Mitglieder dank Herrn Seeligers Notenarchiv und Leas Kreativität etwas gefunden, das sie spielen konnten, teilweise auch mit interessanten Umschreibungen oder in anderer Besetzung. Stücke für drei Geigen wurden zum Beispiel einfach von Geige, Bratsche und Querflöte gespielt.

Nachdem so jeder etwas zum Spielen gefunden hatte, kam noch die Idee auf, auch etwas mit allen Teilnehmern der KüA gemeinsam zu spielen. Hierfür boten sich relativ einfache, bekannte Stücke an. Zunächst probierten wir es mit „Hello Django“ und „Swing Low“, doch da die meisten letzteres nicht kannten, spielten wir stattdessen „Oh When The Saints“.

Beinahe jeden Tag trafen wir uns nachmittags zur Probe, was manchmal etwas Unmut hervorrief, da man manche anderen KüAs deswegen nicht besuchen konnte. Wir einigten uns dann darauf, dass man die gemeinsame Probe nachmittags durchführen würde und die Ensembles nicht unbedingt danach, aber zumindest jeden Tag proben sollten. Dadurch konnte man dann doch (meistens) die KüAs seiner Wahl besuchen. Vor den Proben unterhielten meist schon die drei Saxophonisten den Rest der Teilnehmer. Dann probten wir meistens

die gemeinsamen Stücke, bevor die einzelnen Ensembles sich einen Raum zum Üben suchten. Es stellte sich als recht ungewohnt heraus, auf so kurze Zeit ein Stück zu üben, denn man hatte nicht einmal zwei Wochen Zeit und außerdem verhinderten immer wieder Dinge wie der Ausflug oder die Rotation die Proben. Deshalb musste man auch eine Stunde oder mehr am Stück proben, was manche Teilnehmer einige Nerven kostete. Dennoch machten die Ensembles mehr oder weniger schnell Fortschritte, und wo es Probleme gab, halfen Lea und Herr Seeliger gerne weiter.

Langsam aber sicher rückte dann der Konzertabend näher, und es stellte sich heraus, dass dieser mit dem ursprünglichen Programm zu lange gedauert hätte, sodass man Stücke kürzen musste, indem man z.B. Wiederholungen wegließ. Schließlich ergab sich folgendes Programm:

Konzertabend – Programm

Hello Django	
Begrüßung	Michael Seeliger
Fußbodenheizung	Ulrich Lücke
Sonata Terza	Unbekannt
Hoe-Down	Brian Bonsor
The Entertainer	Scott Joplin
L'indiscrète	J. B. de Boismortier
Halleluja Drive	Chris Hazell
Panther Tango	
aus The Zoo Ball	Keith Strachan

Pause & Vernissage

Regentropfenprelude	Frederic Chopin
Improvisation über ein uns unbekanntes Thema	Jannis Limperg
For Your Eyes only	Bill Conti
Raindrops Keep Fallin'	
On My Head	B. Bacharach
The Sycamore	Scott Joplin
Sonate in F	G. Ph. Telemann
Almost Lover	A Fine Frenzy

Am Dienstagnachmittag fand dann die allerletzte Probe statt, und nach dem Abendessen trafen sich alle Teilnehmer in der Aula um ihre Instrumente zu stimmen und sich auf das Konzert vorzubereiten.

Um 19 Uhr begann dann das Konzert mit dem gemeinsamen Stück „Hello Django“ und der

Begrüßung durch Herrn Seeliger. Danach begannen die Ensembles aufzutreten. Hierbei konnte man Musik aus allen möglichen Stilrichtungen und Epochen vorfinden, von Barockmusik über Ragtime bis zu einer Schlagzeugimprovisation. In der Pause konnte man außerdem im Gang die von der Kunst-KüA gemalten Bilder bewundern. Im Laufe des Konzerts fiel die Anspannung von den Teilnehmern ab, und nach dem letzten Stück und großem Applaus traten noch mal alle Musiker auf und spielten „Oh When The Saints“. Nachdem das Publikum nochmals applaudiert hatte, dankte Felix Jacobi im Namen der Akademieleitung der Musik-KüA und ganz besonders Lea und Herrn Seeliger für den schönen Konzertabend.



Beim Abschlussabend am Mittwoch sollte die Musik-KüA dann überraschend noch einmal mit „Oh When The Saints“ auftreten. Als sich alle nach der ohnehin schon knapp bemessenen Essenszeit zum Stimmen der Instrumente trafen, stellten sie fest, dass das Chaos hinter der Bühne eher noch größer war als am Büffet. Es gab diverse Meinungsverschiedenheiten zwischen dem Organisationsteam des Festes und den Musik-KüAlern, zum Beispiel darüber, auf welchen Ton man ein Instrument stimmen muss. Schließlich öffnete sich aber der Vorhang, und die Musik-KüA eröffnete den Abschlussabend.

Letztendlich lässt sich sagen, dass die Musik-KüA wirklich Spaß gemacht hat und dem einen

oder anderen auch noch etwas in Sachen Zusammenspiel gebracht hat. Der Konzertabend hat gezeigt, dass man in so kurzer Zeit ein beeindruckendes Programm zusammenstellen und einüben kann. Auch das ist wieder eine Form der Energie, die auf der Akademie so oft zu spüren war. Aber das alles wäre ohne die KüA-Leiter gar nicht möglich gewesen.

Deswegen einen ganz besonderen Dank an Lea Götz und Herrn Seeliger für die Organisation der Musik-KüA!

Die arabische Sprache

JONATHAN DOLLINGER

اللُّغَةُ الْأَرَبِيَّةُ

Obwohl die Akademie eher von Chinesisch und Englisch geprägt war, gab es noch eine KüA über eine andere exotische Fremdsprache: Karima und Ann-Kathrin boten eine Arabisch-KüA an.

In der Bibliothek des LSZU 1 brachten sie eine KüA-Schiene lang einigen interessierten Teilnehmern und Kursleitern ein wenig Arabisch bei. Zuerst einmal musste man sich auf die Schrift einstellen: Diese hat nicht die geringste Ähnlichkeit mit unserer Schrift, sondern es wird z. B. von rechts nach links geschrieben und am Wortanfang werden Buchstaben anders geschrieben als am Wortende. Außerdem werden Vokale als kleine Striche und Kringel über dem Wort dargestellt und manche Buchstaben gibt es auch gar nicht, wie z. B. das O. Mit einiger Umstellung gelang es dann aber doch jedem, seinen Namen auf Arabisch zu schreiben. Danach lernten wir ein paar einfache Sätze und Dialoge, die wir miteinander übten.

Aber die Sprache war ja nur ein Teil dieser KüA, denn es ging auch um die Kultur. Und die wurde uns unter Anderem auch mit schönen Bildern, Musik und vor allem den leckeren Keksen ein gutes Stück näher gebracht. Wir erfuhren viele interessante Dinge über die arabische Kultur, die zu großen Teilen vom Islam geprägt ist. Am Ende dieses schönen Abends waren alle um einige Erfahrungen reicher und hatten einen interessanten Einblick in die ara-

bische Kultur erhalten, für den Ann-Kathrin und Karima ein großes Danke gebührt.

Jonglier-KüA

LUKAS RÜCKLE

Für die Jonglier-KüA brachten manche Teilnehmer oder Kursleiter von zu Hause einige Jonglierutensilien mit. Wir waren 8-10 Leute, die meisten konnten jonglieren, die anderen haben es fast alle gelernt. Es hat viel Spaß gemacht, zusammen zu jonglieren, sich auszutauschen und voneinander zu lernen, denn jeder konnte unterschiedliche Sachen, z. B. Diabolo spielen oder mit Keulen jonglieren.

Das Sportfest

LUKAS RÜCKLE

Eines der Highlights der Akademie war das Sportfest. Die sechs Kurse maßen sich an sieben von den Leitern ausgedachten und sehr kreativen Stationen. Die Gesamtorganisation übernahm Jingfan.

Station 1 war Autoschieben mit Jörg und Ingvelde bzw. Schieben von Auto inklusive Jörg. Das Auto, worin Jörg saß und lenkte, musste zweimal von jeweils der Hälfte der Gruppe den Berg am Parkplatz hochgeschoben werden. Ingvelde stoppte die Zeit. Dabei ging es um die Schnelligkeit und um hoffentlich vorhandene Muskeln.

Die zweite Station betreuten Fritz und Karima. Der Name dieser Station klang relativ lustig, denn Erdnussweitspucken ist wirklich keine sehr verbreitete sportliche Disziplin, aber auf jeden Fall ein absoluter Spaßfaktor. Man musste eine Erdnuss in den Mund nehmen und so weit wie möglich spucken. Jeder hatte zwei Versuche, der bessere zählte. Nach dieser doch recht ungewöhnlichen Sportart, ging es gleich außergewöhnlich weiter: Auf der großen Wiese beim Sportplatz musste man Weitwurf praktizieren. Das hört sich doch ganz normal an. Na ja, nicht ganz. Man sollte Gummistiefel durch die Luft schleudern. Dies war auch ganz lustig, vor allem die Techniken und die Fehlwürfe waren recht amüsant.

Auf der 100 m Laufbahn ging es weiter. Na klar, sprinten oder so was, dachten wir. Doch wohl kaum jemand braucht für 10 m 10-15 Minuten, es sei denn, man macht einen Deckenlauf. Dabei muss die ganze Gruppe sich immer auf der Decke befinden, und trotzdem vorankommen. Wenn man den Boden doch berührte, gab das Zeitabzug. Darauf achteten Natalie und Lea. Und da diese es ganz genau nahmen, konnten aus 3 Minuten schon mal 12 werden oder so, aber es machte trotzdem viel Spaß und es war sehr interessant, wenn man sah, welche Strategien die anderen hatten.

Als nächstes kam man zu einer klassischen Station: Dem Staffellauf. Annkatrin und Elisabeth gestalteten einen kreativen Parcours, den es so schnell wie möglich zu durchlaufen galt. Doch dies war nicht so einfach, denn auf dem nassen Gras rutschte man leicht aus.



Theaterrückführung am Abschlussabend

Als nächstes musste man zum Sackhüpfen gehen. Dies war ebenfalls nicht so einfach, da man zuerst den Berg hoch- und danach wieder hinunterhüpfen musste, wobei man aufpassen musste, dass man nicht umfiel.

Die letzte Aufgabe war, passend zu den olympischen Spielen, frisch aus China eingeflogen. In China gibt es nämlich ein Spiel, bei dem es darum geht, eine Art Federball so wie einen Fußball auf dem Fuß zu jonglieren. Es war sehr interessant, ein Spiel der chinesischen Kultur kennenzulernen, und es machte auch richtig Spaß.

Das Ergebnis wurde von Jingfan ausgerechnet und beim Bergfest verkündet.

Der verdiente Siegerkurs hieß Mikrogravitati-

on, der immerhin bei fünf Stationen das beste Ergebnis erzielt hatte.

Die Strand-KüA

MELINA BECKER, DANIELA SASS

Die Strand-KüA wurde von unserem AL-Assistenten Felix geleitet und fand auf dem noch nicht fertigen „Beach-Platz“ statt.

Zuerst haben wir zu zehnt im Kreis ein bisschen Volleyball gespielt, um das Beachfeld einzuweihen. Und dann kam Felix...

Er brachte das Zeug zum Sandburgenbauen mit. In seinem Ausrüstungsrepertoire fanden sich Becherchen und Schälchen aus der LSZU-Küche. Charmanterweise überließ er das Wasserschleppen Yannik und Marcel. Was er bei der Aktion nicht bedacht hatte, war, dass Wasser sich mit heißem Wetter und Sonnenschein nicht so ganz verträgt. Von Spielkindern ganz zu schweigen. Deshalb waren gleich alle in eine Wasserschlacht involviert, bei der vor allem Felix sein Fett – oder besser gesagt Wasser – gut abbekam. Um uns dann wieder seriöseren Dingen zu widmen, veranstalteten wir einen „Wer-ist-der-beste-Maulwurf-Contest“. Nach kurzem aber anstrengendem Buddeln stellte sich heraus, dass Ann-Kathrin der erfolgreichste Maulwurf war.

Natürlich musste die „Sandburgenbauen“-KüA ihrem Namen gerecht werden, und so haben wir uns mit unserem „Werkzeug“ an die Arbeit gemacht. Das Resultat waren zwei großartige Burgen. Die Burg von Felix und Ann-Kathrin war sogar mit einem Graben und einem Tunnel ausgestattet.

Der schöne Nachmittag ist dann doch ganz „friedlich“ ausgeklungen. Sogar die AL-Leitung hatte ihren Spaß beim Zuschauen und Sonnenbad nehmen, natürlich ohne nass zu werden!

Die Physik-KüA

LEA SCHÖN, CARMEN STREIBEL

Die Physik-KüA fand unter der Leitung von Herrn Geerds, dem Physiklehrer und stellvertretendem Schulleiter des Eckenberggymnasi-

ums, statt. Es gab insgesamt vier unterschiedliche Angebote: Das erste Mal durften wir ein Doppeldeckerflugzeug aus Kupferdraht löten, danach bastelten wir uns eine kleine Morsetaste, mit der wir lernten, das Morsealphabet zu „funken“. Beim dritten Angebot löten wir dann eine LED-Taschenlampe, und zuletzt gab es eine Peilsenderjagd über das ganze Akademiegelände. Oft fanden die Aktionen mehrmals statt, weil die Begeisterung und der damit verbundene Andrang auf die Physik-KüA oft die Anzahl der vorhandenen LötKolben überstieg...

Das Doppeldeckerflugzeug

Mit Hilfe eines Bauplanes bogen wir bereits geschnittene Drahtstücke zurecht und löten sie anschließend zusammen. Das stellte sich aber als gar nicht so einfach heraus, weil manche Teilnehmer vorher noch nie gelötet hatten und weil man öfters jemanden brauchte, der einem Lötzinn gab oder ein Flugzeugteil festhielt. Außerdem brauchten die meisten Teilnehmer länger als geplant, deswegen legte Herr Geerds auch mal nach dem Mittagessen eine Sonderschicht ein. Aber trotz dieser Schwierigkeiten und ein paar verbrannten Fingern machte das Flugzeuglöten riesigen Spaß.

Die Morsetaste

Zuerst erzählte uns Herr Geerds einige interessante Dinge über die Geschichte des Funks, über das Morsealphabet und über seine Tätigkeiten als Amateurfunker. Anschließend bekam jeder Teilnehmer von Herrn Geerds einen kleinen Bausatz, aus dem wir mit gegenseitiger Hilfe eine Morsetaste zusammenlöten. Zum Abschluss versuchten wir noch, uns gegenseitig unsere Namen und kurze Wörter oder Sätze zu morsen. Das dauerte zwar sehr lange, weil wir das Morsealphabet nicht im Kopf hatten, aber es war auch sehr spannend, einmal eine neue Art der Kommunikation kennenzulernen.

Die LED-Taschenlampe

Zu Beginn erzählte uns Herr Geerds etwas über die verschiedensten Beleuchtungstechniken im Laufe der Geschichte. Von der Öllampe bis zur Leuchtstoffröhre, Herr Geerds hatte immer ein praktisches Beispiel dabei. Schließlich kamen wir in unserer kleinen Zeitreise dann zur Gegenwart und somit zu den LEDs, die wir für den Bau unserer eigenen Taschenlampe benötigten.



Zu Hause bunt beklebt, sieht die Taschenlampe jetzt so aus.

Wir bekamen nun jeweils ein kleines Tütchen, in dem sich die benötigten Materialien befanden: 2 LEDs, einige Widerstände, eine Batterie, ein Schalter und noch so manches mehr. Außerdem bekam jeder von uns einen Schaltplan. Wir begannen nun, diese Dinge auf dem Schaltbrett anzulöten.

Wenn etwas nicht funktionierte, kam Herr Geerds, um uns geduldig zu helfen. Nachdem alle Teile angelötet waren, kam der große Test: Würden die beiden weißen LEDs auch wirklich beim Druck auf den Schalter anfangen zu leuchten? Sie taten es. Die Taschenlampe funktionierte! Da man aber natürlich nicht die ganze Zeit so ein Schaltbrett mit sich herumtragen kann, steckten wir dieses in ein Isolationsrohr und es hatte nun eine runde Hülle. Jetzt war die Taschenlampe eigentlich auch schon fertig.

Aber wir konnten die Taschenlampe am helllichten Tag nicht wirklich ausprobieren. Deshalb musste dies nachts auf dem Zimmer sofort nachgeholt werden, was zu leichten Konflikten mit der Nachtaufsicht führte...

Die Peilsenderjagd

An einem Tag mit strahlend blauem Himmel trafen wir uns vor dem Eckenberggymnasium, um auf Peilsenderjagd zu gehen. Das funktionierte so: Immer zwei Personen bekamen zusammen ein Peilgerät und mussten damit fünf auf dem ganzen Akademiegelände versteckten Peilsender finden.



So sieht ein solches Peilgerät aus. Es hat zwei Drehschalter: Am größeren (oben) kann man einstellen, welchen Sender man anpeilt; am kleineren Schalter (unten) lässt sich die Lautstärke regulieren.

Herr Geerds erklärte uns die Funktionsweise der Peilgeräte: Man setzt die Kopfhörer auf und hört dann einen Morsecode, den der gesuchte Peilsender aussendet. Anhand der Lautstärke beim Drehen des Peilgerätes lässt sich die Richtung, in die man laufen muss, um den Sender zu finden, bestimmen. Jeder von uns bekam dann auch noch einen Geländeplan, auf dem er eintragen sollte, wo er einen Peilsender gefunden hatte. Schließlich zogen wir in fünfminütigem Abstand los. Es dauerte ca. eine

Stunde, bis wir alle Sender gefunden hatten; denn das war gar nicht so einfach, machte aber trotzdem ungeheuer Spaß.



Wer mit der Aufgabe fertig war, ging zurück zum Eckenberggymnasium und bekam dort als Belohnung für seinen Sucherfolg jede Menge Süßigkeiten.

Sport

SIMON GUILLIARD

6 Uhr 45.

Ganz Adelsheim schläft noch tief. Ganz Adelsheim? Nein, denn ein paar wackere Jugendliche haben sich unter großem Gähnen vor dem Gebäude 2 des Landesschulzentrums für Umwelterziehung (kurz: LSZU 2) versammelt. Somit hatten sich also neben den tapferen Mitgliedern der Zeitungs-KüA, der auch ich jeden zweiten Tag angehören durfte, noch ein paar weitere Frühaufsteher gefunden, die jeglichem Morgenmuffel trotzten und mit Tina oder Annette als durch die finsternen Wälder von Adelsheim joggen.

Doch nicht nur morgens, sondern auch mittags und abends war die Sport-KüA voll im Einsatz. Angesichts der harten geistigen Arbeit, die wir in den Kursen verrichteten, waren die Sportbegeisterten unter den Teilnehmern der Science Academy immer sehr froh, wenn unser Mentor Jingfan mittags mit Ball und/oder Schläger unter dem Arm aufkreuzte.

Während der Akademie praktizierten wir viele Sportarten, und es würde den Rahmen sprengen, alle aufzuzählen. Egal ob Basketball, Volleyball, Handball oder Fußball – viel Spaß hatten wir immer. Es war auch schön, dass nicht

nur die deutschen Akademieteilnehmer die Mittags-KüA-Schiene in der Turnhalle oder auf dem Sportplatz verbrachten, sondern sich auch unsere chinesischen Gäste nach anfänglicher Skepsis doch relativ schnell zu uns gesellten und prompt auftrumpften, vor allem bei den Sportarten, die auch in China sehr populär sind. Dazu zählen natürlich vor allem Badminton und Tischtennis – zwei Sportarten, in denen die Chinesen auch bei den Olympischen Spielen in Peking reihenweise Goldmedaillen abräumten.



Ein weiteres Highlight stellten sicherlich noch unsere Besuche beim Tennisklub von Schwarz-Weiß Adelsheim dar. Dieser befand sich direkt unter dem Eckenberg-Gymnasium, was uns eine längere Anfahrt ersparte. Schläger (Björn Borgs Holzrackets aus den 1970er Jahren lassen grüßen) und Bälle wurden uns glücklicherweise zur Verfügung gestellt. Denn die meisten konnten beim Tennis auf keine größeren Vorkenntnisse zurückgreifen, was sich dann letztlich auch an einer hohen Zahl von Bällen in Gebüsch neben dem Platz bemerkbar machte...

Alles in allem ging es also sehr sportlich zu während der beiden Akademiewochen.

Außerdem sei angemerkt, dass zwar bei allen Spielen immer großer Einsatz und Siegeswille gezeigt wurde, es aber dennoch nie unsportlich zugeht und wir am Ende keinerlei Verletzte zu beklagen hatten.

Großer Dank gilt schließlich noch Jingfan, der uns jeden Tag aufs Neue mit einem abwechslungsreichen Programm zu überraschen wusste und dafür sorgte, dass die Sport-KüA uns

allen als fester Bestandteil der Akademie in Erinnerung bleiben wird.

Zukünftige Teilnehmer der Science Academy dürfen sich also neben den vielen geistigen Herausforderungen auch auf eine Menge Herausforderungen der sportlichen Art freuen.

Die Tai Chi-KüA

Die Leiterin dieser KüA war eine professionelle Tai Chi-Lehrerin aus Adelsheim. Sie gab uns an einem Nachmittag erste Einblicke in diese Sportart:

Tai Chi ist ursprünglich eine Mischung aus Selbstverteidigung, Meditation und Lebensphilosophie. Es soll einerseits die Gesundheit fördern und andererseits der Persönlichkeitsentwicklung und der Meditation dienen. Durch das Üben von Tai Chi soll man zunehmend in der Lage sein, das Qi, also die Lebensenergie, wahrzunehmen und schließlich zu kontrollieren.

In der westlichen Kultur tritt die Kampfkunst des Tai Chi aber meist in den Hintergrund und wichtiger sind hier die Entspannung und die Persönlichkeitsentwicklung.

Laut Überlieferungen hat Tai Chi seine Wurzeln im 15. Jahrhundert oder sogar noch früher und wurde höchst wahrscheinlich von chinesischen Mönchen erfunden. Es ist sehr komplex und wird auch in vielen unterschiedlichen Stilen gelehrt.

In China ist Tai Chi ein Volkssport und wird in den Parks der Städte in den Morgenstunden von tausenden Menschen geübt.

Unsere Lehrerin erklärte uns zunächst die einfachsten Grundregeln, bevor wir dann bei chinesischer Musik und einigen Kerzen einfache Grundübungen versuchten. Am Anfang war der Bewegungsablauf für die meisten Teilnehmer sehr ungewohnt und die Reihenfolge und Koordination der Bewegungen schwer zu merken. Schließlich fanden es die meisten Teilnehmer aber doch ganz angenehm und einige waren sogar wirklich begeistert.

Wenige Tage später boten deshalb einige der chinesischen Teilnehmer noch einmal eine Tai

Chi-KüA an und brachten uns in Verbindung damit auch ein wenig Kung Fu bei.

Zeitungs-KüA

JONATHAN DOLLINGER, LUKAS RÜCKLE

Jeden Morgen um sieben Uhr trafen sich einige unerschrockene Frühaufsteher und Natalie zwischen 7:00 und 7:30 Uhr, um die Zeitungen nach interessanten Nachrichten zu durchstöbern, das wesentliche herauszuarbeiten und es dann den anderen im Plenum zu präsentieren. Anfangs geschah dies noch auf Deutsch, später dann für unsere chinesischen Freunde auf Englisch. Es gab zwei Gruppen, die sich abwechselten, damit nicht zu viele auf einmal präsentieren und man wenigstens jeden zweiten Tag „ausschlafen“ konnte. An der Zeitungs-KüA teilgenommen haben: Fabian Welte, Simon Guilliard, Lukas Rückle (better known as Luki-Schnucki), Robin Repnow, Jannis Limperg, Martin Schimassek, Lea Schön und Jonathan Dollinger.

Nachdem das alles geklärt war, konnte die Arbeit beginnen.

Manche empfinden das Zeitungslesen vielleicht als langweilig, doch es konnte richtig Spaß machen. Ganz lustig war es, wenn Natalie Post von den Zeitungen bekam und die Post an „Frau LSZU 1 Natalie Schindler“ oder noch besser an „Frau Eckenberggymnasium“ adressiert war... naja, so viel zum Thema Hochbegabung. Nachdem dann die Zeitungen alle ihr Ziel erreicht hatten, konnte es los gehen.

Wie wird morgen das Wetter? Wie gingen gestern die Fußballspiele aus? Und was gibt es neues aus der Politik? Diese Fragen und andere Fragen haben die Teilnehmer der Zeitungs-KüA beschäftigt. Wenn amn dann die wichtigen Artikel gesichtet hatte, ging es ans Eingemachte, sprich die Formulierung der Nachrichten auf Englisch, was teilweise etwas knifflig war, doch wir bewältigten im Team jedes Problemchen. Inhaltlich wurde allerlei geliefert: Eines der Hauptthemen waren natürlich die Olympischen Spiele und auch einen Wetterbericht hatten wir jeden Tag, aber auf der politischen Bühne geschah in den zwei Akademiewochen verhältnismäßig wenig. Wir hatten

aber dennoch genug zu berichten, vor allem über den Wahlkampf in den USA, die Koalitionsverhandlungen mit der Linkspartei in Hessen, den Kaukasuskonflikt und den Hurrikan „Gustav“, der glücklicherweise wenig Schaden anrichtete.



Neben diesen ernsten Nachrichten gab es aber auch immer etwas zum Lachen, zum Beispiel Meldungen, dass eine Frau am Flughafen aufs Gepäckband kletterte, weil sie es für eine Kontrolle hielt, oder dass Forscher die Erde aus ihrer Bahn ziehen wollen, damit sie in zwei Milliarden Jahren nicht von der Sonne verschluckt wird. Oder dass ein Haus einfach mal verkehrt herum gebaut wurde. Auch wurden am Rande der Olympischen Spiele „Tibet-Protestanten“ festgenommen (dass jetzt schon evangelische Christen in Tibet verfolgt werden, war uns auch neu), und aus einem französischen Atomkraftwerk trat hochgiftiger Urin aus. Und die Dresdner Bank soll ja ein wahres Schnäppchen gewesen sein, denn sie hat ja nur 9 Mio. gekostet. Naja, eigentlich ja 9 Mrd. – aber was ist das schon? Ist doch nur ein minimaler Unterschied.

Alles in allem hoffen wir, die Akademieteilnehmer etwas auf dem Laufenden über das Weltgeschehen gehalten haben und dabei auch ein bisschen Lustiges einbringen konnten. Insgesamt hat es viel Spaß gemacht und dazu beigetragen, dass man sich nicht komplett von der Außenwelt abgeschnitten gefühlt hat.

Es bleibt noch ein großes Dankeschön an Na-

talie, die sich (fast) immer rechtzeitig aus dem Bett geschält hat (sofern ihr Wecker funktionierte) und die Zeitungs-KüA durch ihr tolles Engagement erst möglich gemacht hat.

Bergfest

YANNIK LAICH, NICO RÖCK

Fünf, vier, drei, zwei, eins: Licht an, Musik an, Vorhang auf, das Bergfest kann beginnen. An diesem Abend sollte „Adelsheim's Next Dream Couple“, also Adelheims nächstes Traumpaar gekürt werden. Nach der Begrüßung und einer kurzen Erklärung des Spielsystems wurden die fünf Paare für die erste Challenge von der Glücksfee gezogen und den Teamfarben gelb, orange, rot, pink, blau zugeteilt. In dieser Challenge mussten die Traumpaaranwärter ihre Improvisationskünste unter Beweis stellen. Den fünf Paaren wurden jeweils fünf Begriffe per Los zugeteilt, die sie in ihrer darauffolgenden Beschreibung verwenden mussten. Die Paare schilderten jeweils zweieinhalb Minuten lang ihr schönstes gemeinsames Erlebnis. Dabei konnten die Pärchen ihrer Kreativität freien Lauf lassen: Von kitschigen Kosenamen, die auch in den folgenden Akademie-tagen gerne verwendet wurden, über romantische Treffen auf dem Humushaufen bis hin zum Kennenlernen aufgrund alten Socken im Waschsalon war wirklich alles gut vertreten. . . Nach jeder dieser originellen Geschichten bewertete die Jury jeweils die geschilderten Erlebnisse mit Punkten von eins bis fünf. Die Smiley-Extrapunkte, die von der Jury für besonders gelungene Leistungen vergeben wurden, erhielt bei diesem Spiel das Paar Hülya und Lukas, höchstwahrscheinlich wegen des kreativen Kosenamens Luki-Schnucki.

Nach dieser Runde hieß es „Neue Runde neues Glück“ oder besser gesagt neues Liebesglück. Nach diesem Motto wurden die neuen Paare bestimmt; zwar nicht von Amor, aber immerhin von unserer Glücksfee oder besser gesagt Liebesfee. In der zweiten Challenge waren vor allem Sportlichkeit und Geschicklichkeit, aber auch Kommunikation zwischen den „Verliebten“ gefragt. Die Pärchen mussten einen Parcours, der vor der Bühne aufgebaut war,

mit einem Luftballon zwischen ihren Köpfen so schnell wie möglich durchlaufen. Diese Challenge war sehr lustig, aber leider nicht immer ganz unfallfrei. Das verunglückte Paar erholte sich jedoch schnell von seinem Sturz auf der Zielgeraden.



Anschließend hatten wir die Ehre, eine hoch-exklusive Rede eines äußerst wichtigen Bundestagsabgeordneten über ein neues Antidiskriminierungsgesetz zu hören. Allerdings ver-ausgabte sich der gute Mann schon so bei der Begrüßung, da er drauf bestand, alle möglichen und unmöglichen Menschen zu begrüßen, um der Diskriminierung schon in der Adres-sierung entgegen zu wirken. Deshalb kam vom eigentlichen Gesetz nicht wirklich viel rüber, was aber keine Rolle spielte, denn man konnte sich schon bei der Begrüßung wegschmeißen vor Lachen.

Die Taktik ist bei solchen Reden wichtig, und mit dieser geht es in einem ganz anderen Bereich weiter. In der nächsten Challenge wurde der pflegliche Umgang mit Nudeln gefördert. Wie sieht denn das aus? Ganz einfach: Jedes Paar bekam zwei verschieden große Nudeln. Zum einen eine hohle Makkaroni und zum anderen eine einzelne Spaghetti-Nudel. Die Paare mussten beide eine Nudel in den Mund nehmen, und derjenige mit der Spaghetti hatte die Aufgabe, sie in einer Zeit von 5 min so oft wie möglich in die Makkaroni-Nudel des anderen zu schieben. Die Teams machten ihre Arbeit gut und schafften diese schwierige Aufgabe bis zu sechs Mal.

Dann mussten sie schnell die Bühne räumen, denn unsere nächsten Gäste drängten bereits darauf, ins Bühnenlicht treten zu dürfen. Sie

wurden als „Dorfbewohner“ angekündigt, und schnell war klar, das die hüpfenden, in Badehose, Müllsack, Kochschürze, Tutu, Fahrradausrüstung und Straßenklamotten verkleidenden Personen auf der Bühne unsere Kursleiter und Schülermentoren waren, die in einer fulminanten Darbietung das Original von YMCA in den Schatten stellten.



Als die „Dorfbewohner“ mit tosendem Applaus die Bühne verlassen hatten, war es soweit: Das Finale des großen „Adelsheim's Next Dream Couple“-Wettbewerbs konnte beginnen. Hierzu wurden noch einmal fünf Paare gelost, die die Ehre hatten, diese letzte Aufgabe für ihr Team bestreiten zu dürfen. Hierfür bekam jedes Paar eine Schüssel mit Vanillepudding und einen Müllsack. Die Aufgabe bestand darin, in möglichst kurzer Zeit den kompletten Pudding zu verspeisen. Allerdings durften sie nicht die konventionelle Nahrungsaufnahme praktizieren, sondern der Mann sollte seine Liebste füttern, und zwar musste er sich dazu hinter sie stellen, was das ganze noch erschwerte. Es zählte allerdings nicht nur die Schnelligkeit, sondern auch die Sauberkeit, also ob viel oder wenig gekleckert wurde. Dies schafften fast alle Paare mit Bravour, und das Paar, das nicht mehr so ganz frisch aussah, bekam als Trost den Smiley von der Jury.

Die spannende Frage war: Wer hat denn nun den Wettbewerb gewonnen? Alle brannten darauf, die Ergebnisse zu erfahren. Zwischen zwei Paaren ging es dann ganz knapp her: Doch letztlich konnte sich Team pink mit geringem Vorsprung gegenüber dem Team rot durchsetzen. Der Hauptpreis war, passend zum Anlass, ein überdimensional großes Lebkuchenherz. Das Organisationsteam des Bergfestes,

welches das Herz selbst gebacken hat, hielt es für wichtig die Kalorienanzahl drauf zu schreiben, denn wer hätte denn gedacht, dass dieses Herz sage und schreibe 40000 kJ enthält? Nur so zur Orientierung, das entspricht etwa dem Tagesbedarf von fünf Menschen... Doch das sollte für alle kein Problem darstellen, denn man hatte nach dem Wettbewerb Gelegenheit, die Energie beim Tanzen und Feiern wieder zu verbrauchen. Für alle stand am Ende fest: Das Bergfest war einfach klasse!

Abschlussstag

Am Donnerstag, dem 3. September war er da, der letzte Tag der Science Academy Adelsheim 2008. Dazu waren die Familien aller Leiter, Schülermentoren und Teilnehmer herzlich eingeladen.

Zunächst fanden mittags die Abschlusspräsentationen der einzelnen Kurse statt. Nach den Präsentationen gab es für alle ein großes Buffet und für die Eltern einen Sektempfang vor der Turnhalle. Um 20 Uhr ging es dann endlich los mit der Abschlussfeier, die in der Turnhalle stattfand. Das Programm war vielfältig, denn die KüAs und auch einzelne Teilnehmer hatten die Gelegenheit, einen Programmpunkt zu gestalten. So entstand eine bunte Mischung:



Zu Beginn stimmte uns die Musik-KüA unter Leitung von Herrn Seeliger und Lea Götz musikalisch auf den Abend ein. Anschließend begrüßte uns das Akademieleitungsteam. Der MolMed-Kurs machte uns nochmals mit seinem Kursinhalt vertraut, indem er uns den DNA-Song vortrug und die Theater-KüA unter Leitung von Sebastian Neu und Elisabeth

Zepf sorgte mit ihrem Stück „Biedermann und die Brandstifter“ für einiges Erstaunen darüber, was in den zwei Wochen Akademie alles erarbeitet werden kann. Es ging mit einem Beitrag unserer chinesischen Teilnehmer weiter, indem sie auf Chinesisch etwas vorsangen. Daraufhin fand die Präsentübergabe an Teilnehmer und Kursleiter statt, bei der die chinesischen Teilnehmer schon ihre Zertifikate bekamen und alle Teilnehmer der Science Academy einen Jadestein bekamen, denn Jade ist ein traditioneller chinesischer Glücksstein und ein Symbol der Verbundenheit. Auch die deutschen Teilnehmer der China Akademie trugen etwas zum Abend bei, sie zeigten ein selbst erfundenes kurzes Stück, in dem sie noch einmal die Unterschiede zwischen der chinesischen und der deutschen Kultur darstellten.



um 23.30 Uhr Schluss war, weil die Leiter beschlossen, dass wir jetzt ins Bett müssten. Also gingen alle auf ihre Zimmer, aber geschlafen wurde natürlich trotzdem noch nicht. Alles in allem war der Abend ein voller Erfolg!

Die Leiter und Schülermentoren der Science Akademie zeigten uns in ihrem „Mitternacht in Adelsheim“, wie gruselig es in Adelsheim zur Geisterstunde zugehen kann. Als nächstes sang Natalie Plewig in Begleitung von Ailis Hunt-Haney „Almost lover“. Die Kursleiter und Mentoren erzählten das allseits bekannte Märchen „Aschenputtel“ auf eine neue und uns bis jetzt noch unbekannte Art und Weise (okeeeee!) und stellten mit viel Phantasie „Die Dorfbewohner“ von Adelsheim dar. Dann war das Abendprogramm auch schon vorbei und die Familien der Teilnehmer fuhren entweder wieder nach Hause oder übernachteten in einem Hotel in der Nähe. Aber für die Teilnehmer war noch lange nicht Schluss. Nachdem in der Turnhalle die Stühle aufgeräumt waren, gab es Musik, die ein kleines Organisationsteam vorher zusammengestellt hatte und es wurde ausgiebig getanzt und gefeiert, bis

Gedicht über die Science Academy 2008

CARMEN STREIBEL UND JULIA WERLE

Wir gingen zur Science Academy 2008,
das hat uns sehr viel Spaß gemacht!

Einst fuhren wir nach Adelsheim
und hofften, es würde lustig sein.
Dort waren wir dann fast zwei Wochen...
... und der Mol Med Kurs sprach nicht nur über Knochen,
sondern über alles, was in uns steckt,
das haben manche neu entdeckt.

In einem Raum wurde also viel seziert...
... im anderen Philosophie studiert:
Sie haben geredet über Gott und die Welt,
und ob dieser alle Fäden in den Händen hält.
Vermutlich hat sie dabei auch inspiriert,
dass die Wand ihres Zimmers mit den Simpsons war tapeziert.

Andere saßen im LSZU 2
und schauten, ob es möglich sei,
zu betrachten Dinge ganz in der Ferne:
nämlich Sonne, Mond und Sterne.
Zu letzterem ging der Astro-Kurs nachts mit uns aufs Feld
und hat uns so manche Geschichten erzählt.

Natürlich wurde hier nicht nur gedacht,
sondern wir haben noch viele andere Sachen gemacht:
Ob Kuchen backen oder Thai Chi,
langweilig war's bei den KüAs nie.
Auch gab's ein Sportfest zum Austoben,
da wurden Gummistiefel geworfen und Autos geschoben;

anschließend haben wir dann noch gegrillt,
Nudelsalat gegessen und unseren Durst gestillt.
Und hatten wir die Hälfte der Tage gezählt,
wurde beim Bergfest „Adelsheim's next dream couple“ gewählt.
An einem Tag sind wir dann auch gestreift durch Wald und Flur:
ein Wandertag durch die „fast“ Odenwälder Natur.

Auch ein Kurs hat sich beschäftigt mit den Naturphänomenen
und konnten Versuchen so manche Folgerung entnehmen.
Eine Fallkapsel haben sie sich zusammengebaut,
da wurde natürlich viel gehämmert, gesägt und geschraubt.
Der Mikrogravitationskurs wollte die „Fast-Schwereelosigkeit“ erkunden
und hat dazu 'ne Halterung an die Fluchtleiter des LSZU 1 gebunden.
Von da ist die Kapsel dann geflogen herunter,
während in anderen Kursen gearbeitet wurde munter...

... wie im Kurs Kryptographie,
wo man entdeckte die Magie

des Entschlüsselns alter Schriften,
auch wenn die Meinungen dabei manchmal waren am Auseinanderdriften.
Aber das war völlig egal,
war doch die Stimmung phänomenal!

Im letzten Kurs Graphtheory
ging es weniger um Philosophie
als um die Welt der Mathematik,
die manche sehen mit einem anderen Blick.
Doch war man hier begeistert von den Beweisen,
die man hier schmiedete wie glühendes Eisen.

Das anfängliche Unbehagen,
hat sich in Freude umgeschlagen.
Chinesen waren auch dabei,
das war zum Schluss ganz einerlei.
Und was uns bleibt aus dieser Zeit,
ist die Erinnerung an Gemeinsamkeit.
War keiner die zwei Wochen hier allein,
es war ein tolles Miteinandersein!

How time flies!

How time flies! That's what we often say when we hope something is still there. But the cruel fact tells me that I need to say it again when the Science Academy comes to an end. I hope I can write down something to keep this experience fresh in my mind.



It's fantastic experience in Adelsheim for every Chinese. With the question "What's a Science Academy?" in our minds, we arrived in this distant and unfamiliar land. Now, after 20 days, our question and expectations are exposed before us. We sense strongly the science atmosphere here. Through it we saw the wisdom and careful arrangements of organizers, the patience and smartness of the teachers and assistants, the curiousness for knowledge of the participants and the unbelievable learning atmosphere. All the activities and arrangements in different courses are so imaginative that I feel every student here enjoys them. We should say it's a good way to make up what the normal school education can't give to students and develop the students' desire to learn.

To our Chinese students, this experience is an absolutely new attempt. I can feel their progress, from a shy Chinese to an active participant, sharing ideas with German students, sharing culture of the two countries and developing friendship between each other. They have become an active participant though they still have communication problems and still can't understand some points in the class.

As a Chinese teacher here, I was so stirred up by the academy that sometimes I look forward to joining in their circle. My strong desire now is that I should pass my experiences and feeling to my colleges and students who will have the opportunity to come here. I should tell them this is a place full of mysteries and they need to make good preparations for that. They need to prepare themselves with the idea of participating in the academy as a master with open heart, no need to worry about the language barrier. For the students you need to have a general understanding what you'll study here, through the materials offered by the teacher. Another interesting and important activity here is the KüA time, which impresses me so much. So I have the strong desire to tell my students to prepare something for it because it's really a good time to enjoy ourselves and exchange culture. Chinese should contribute something.

At the same time, I want to say "*Thank You*" with all my heart to my homestays. We had a nice time in Ragna's and Julia's home. I still miss the barbecue and the interesting conversation in the garden. If possible, I hope I can treat you in Hangzhou's way.

To my great joy and surprise, I noticed that some people around me have the desire to know more about China. So let's take the Science Academy as a bridge of getting to know each other, enhancing communication and improving friendship between us. I just want to say again:

"Adelsheim, we'll come back."

Minzi Lü

2008.9.3 (Chinese way)

(03.09.2008)

Danksagung

Die JuniorAkademie Adelsheim — Science Academy Baden-Württemberg wäre ohne die Unterstützung und Mitarbeit zahlreicher motivierter und engagierter Personen nicht realisierbar. Finanziell wurde die Akademie zunächst von der Landesstiftung Baden-Württemberg und danach von der Robert Bosch Stiftung gefördert. Seit 2006 unterstützt die Dietmar-Hopp-Stiftung die JuniorAkademie Adelsheim Dank der großzügigen Förderung durch Herrn Dietmar Hopp kann die Akademie auch in den kommenden Jahren auf die Unterstützung seiner Stiftung bauen. Weiterhin danken wir den ehemaligen Teilnehmern der JuniorAkademie und deren Eltern, die uns durch ihre Spenden unterstützt haben.

Auf administrativer Ebene findet die JuniorAkademie Adelsheim Unterstützung und uneingeschränkte Kooperationsbereitschaft bei: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Karlsruhe, Landesakademie für Lehrfortbildung und Personalentwicklung in Bad Wildbad, sowie den Deutschen JuniorAkademien Bonn. Namentlich möchten wir unseren Dank an Herrn Dr. Werner Schnatterbeck, den Schulpräsidenten im Regierungspräsidium Karlsruhe, an Herrn Hans-Peter Buggermann, Vorstandsvorsitzendem der Landesakademie, an Frau Studiendirektorin Claudia Stuhmann, Kultusministerium in Stuttgart u. a. verantwortlich für die Begabtenförderung und an Herrn Volker Brandt aus Bonn richten, der die Deutschen Schüler- und Junior Akademien koordiniert.

Auch in diesem Jahr fanden am Eckenberg-Gymnasium mit dem Landesschulzentrum für Umwelt-erziehung (LSZU) in Adelsheim während der letzten beiden Wochen der Sommerferien über hundert Gäste eine liebevolle Rundumversorgung vor. Für diese logistische Meisterleistung sowie den freundlichen Empfang als auch den offenen Umgang mit allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sei hier stellvertretend Herr Meinolf Stendebach, dem Schulleiter des Eckenberg-Gymnasiums, Herrn Bürgermeister Klaus Gramlich sowie Baron Louis-Ferdinand Freiherr von Adelsheim besonders herzlicher Dank ausgesprochen.

Trotz der vielen tragenden Säulen bildet aber das Fundament für unser Akademiegebäude die hingebungsvolle Arbeit der Kurs- und KüA-leiter, der Schülermentoren und der Assistenz des Leitungsteams. Ein besonderer Dank gilt Tina Schmidt, Jörg Richter und Georg Wilke, die für das Layout der diesjährigen Dokumentation verantwortlich waren.

Die Hauptpersonen, die die Akademie zum Leben erweckt haben, sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Ihnen gebührt ein ganz besonderer Dank, ebenso deren Eltern für ihr Vertrauen und nicht minder den Schulen, die sich der Mühe unterzogen haben, eine geeignete Kandidatin oder einen geeigneten Kandidaten vorzuschlagen.