Dokumentation der JuniorAkademie Adelsheim 2011

9. Science Academy Baden-Württemberg

Träger und Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2011:
Regierungspräsidium Karlsruhe
Abteilung 7 –Schule und Bildung–
Hebelstr. 2
76133 Karlsruhe
Tel.: (0721) 926 4454
Fax.: (0721) 933 40270
E-Mail: georg.wilke@scienceacademy.de
petra.zachmann@scienceacademy.de
www.scienceacademy.de

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von den Kurs- und Akademieleitern sowie den Teilnehmern der 9. JuniorAkademie Adelsheim 2011 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mit Hilfe von LaTeX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter
Druck und Bindung: RTB Reprotechnkik Bensheim

Vorwort

Bereits zum neunten Mal fand die JuniorAkademie Adelsheim – Science Academy Baden-Württemberg am Eckenberg-Gymnasium in Adelsheim statt. Dort fanden sich die 71 Teilnehmer mit dem Leitungsteam drei Mal im Zeitraum von Juni bis Oktober ein.

Die Akademie – bestehend aus dem Eröffnungswochende, der 14tägigen Sommerakademie und dem Dokumentationswochenende – stand in diesem Jahr unter dem Motto „Chronos und Kairos“, zwei göttlichen Brüdern aus der griechischen Mythologie. Der ältere der beiden, Chronos, steht für das Fortlaufen der Zeit in jedermanns Leben. Er gibt den Takt und den Rhythmus unseres Alltags vor und hilft uns den Ablauf zu strukturieren. Kairos dagegen zeigt sich nur denjenigen, die auf ihn achten und selbst am positiven Gestalten ihres Schicksals aktiv sind. Er steht für die besondere, die günstige Gelegenheit, die man beim Schopfe packen muss. Verpasst man diesen Moment, so wird man ihn nicht mehr greifen können, denn Kairos hat am Hinterkopf eine Glatze.

Dieses Logo wurde von der Teilnehmerin, Sharina Kimura, eigens für die diesjährige Akademie entworfen.

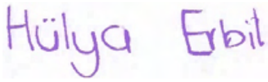
Jeder der Teilnehmer hat in diesem Jahr eine solche günstige Gelegenheit beachtet und seine Chance genutzt: Er hat sich beworben und durfte schließlich dabei sein. Aber auch während der Akademiezeit haben sich sicher solche Kairos-Momente für den Einzelnen ergeben. Es gab viele Chancen, neue Kontakte und Freundschaften zu knüpfen, Neues zu lernen und zu erarbeiten, aber auch seine Grenzen auszuloten und an den Herausforderungen zu wachsen.

Aus unserer Erfahrung wissen wir, dass Euch die neuen Freundschaften, die Erfahrungen und die Erkenntnisse, die Ihr gewonnen habt, nicht mehr genommen werden können. In den Gesprächen mit ehemaligen Teilnehmern hören wir immer wieder, dass sie die Akademiezeit als Beginn einer sehr aktiven Zeit erlebt haben, das sie oft Inspiration für eine naturwissenschaftliche Laufbahn gewesen ist. Macht also etwas daraus und achtet auf die Türen, die sich Euch öffnen.

Wir sind sehr gespannt darauf, welche Kairos-Moment sich Euch noch zeigen werden und wünschen Euch auf Eurem Weg alles Gute. Die eine oder andere, den einen oder anderen, werden wir sicher als Schülermentor oder später als Leiter wiedersehen.

Viel Spaß und Freude beim Lesen und Schmökern!

Eure/Ihre Akademieleitung



Hülya Erbil (Assistenz)

Eileen Tremmel (Assistenz)

Georg Wilke

Dr. Petra Zachmann

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	**3**
KURS 1 – ASTRONOMIE	**7**
KURS 2 – LOGIK	**41**
KURS 3 - GRAPHENTHEORIE	**73**
KURS 4 – MEDIZIN	**105**
KURS 5 – PHYSIK	**135**
KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE	**153**
DANKSAGUNG	**171**

Kurs 1: Leben außerhalb der Erde – Aufbruch zum Mars

Einführung

Olaf Fischer, Cecilia Scorza, Lynton Ardizzone

Zu den größten Fragen an die Naturwissenschaft gehört die nach der Entstehung des Lebens. Im Zusammenhang mit den Erkenntnissen von Astronomen, Chemikern, Biologen und anderen Forschern entstand die Idee, dass Leben auch an anderen Orten als der Erde möglich sein sollte. Der nächste Ort im Universum, an dem sich Leben entwickelt haben könnte und vielleicht noch unter der Oberfläche existiert, ist der Mars.

Die Erforschung anderer Welten ist immer noch dann am effektivsten, wenn die Forscher vor Ort sein können. Eine bemannte Marsmission ist daher schon lange ein Traum der Menschheit. Der Erfolg einer solchen Mission kann sich nur in enger Zusammenarbeit verschiedener Spezialisten einstellen.

Es werden Raumfahrtingenieure gebraucht, die Transportmittel und Behausungen konstruieren, um die Forscher sicher auf den Mars zu bringen und zu beherbergen. Raumfahrtmediziner sind gefragt, um die Gesundheitsprobleme durch die fehlende Schwerkraft und die starke Strahlenbelastung zu minimieren. Die Ernährung gilt es anzupassen und überhaupt erst einmal zu gewährleisten. Planetologen sind nötig, um z. B. Wasser u. a. Bodenschätze aufzuspüren. Die Astrobiologen untersuchen z. B. Bodenproben, die ihnen die Geologen übergeben, auf Lebensspuren hin. Die Astronomen schließlich betreiben Grundlagenforschung. Sie sagen uns, woher die chemischen Elemente kommen, wie sie sich im Weltall verteilen und letztlich, wie Planeten entstehen, die Leben tragen können.

Die Thematik „Aufbruch zum Mars“ erforderte vom Astronomiekurs, die Spezialistenrollen zu verteilen und mit Leben zu füllen. Dies geschah zum einen dadurch, dass Spezialwissen möglichst in Begleitung von Aktivitäten präsentiert wurde. Zum anderen öffneten Gruppenarbeitsprojekte größere Spielräume für den forschenden Geist. Bei der Kursexkursion lernten die Kursteilnehmer einen Planetologen/Geologen, eine Astrobiologin und einen Infrarot-Astronomen persönlich kennen.

Abbildung 1: Marsforschung ist interdisziplinär.

Das Sonnensystem – Heimat des Planeten Mars

Tobias Münchow, Sophie Klett
(Astronomen)

Was machen Astronomen?

Astronomen erforschen den Aufbau, die Entstehung und die Entwicklung der Himmelskörper sowie der Systeme, die diese bilden. Mittlerweile forscht man auf verschiedenen Spezialgebieten wie z. B. der Astrophysik, der Kosmologie, der Planetologie oder der Astrobiologie.

Grundlage für die Forschung der Astronomen ist die Analyse der ankommenden elektromagnetischen Strahlung, wie z. B. von Infrarotstrahlung, sichtbarem Licht oder Röntgenstrahlung. Mit den daraus gewonnenen Informationen kann man unter Anwendung der Naturgesetzte Erkenntnisse über Aufbau und Entstehung der das Licht abgebenden oder beeinflussenden Himmelskörper erlangen. Mars ist ein Planet, bei dem die Erforschung auch durch Sonden möglich ist.

Aufbau des Sonnensystems

Unsere Sonne wird von vielen verschiedenen Objekten umkreist. Dies sind Planeten, Zwergplaneten, Monde und Kleinkörper, welche sich wiederum in Asteroiden, Kometenkerne und Meteoroiden unterteilen lassen. Dazu kommen außerdem Gas und Staub. In relativer Sonnennähe befinden sich die Objekte in einem scheibenförmigen Gebiet um die Sonne. Weiter außen sind unzählig viele Kometenkerne sowie Gas und Staub in einer fast kugelförmigen Wolke (Oortsche Wolke) um die Sonne herum angeordnet.

Zu den Planeten gehören alle Objekte, die auf einer Bahn um einen Stern kreisen, deren Masse groß genug ist, damit sie durch ihre Eigengravitation Kugelgestalt annehmen und deren Bahn bereinigt ist, also alle Objekte in ihrer Umlaufbahn entweder eingesammelt oder weg-katapultiert haben.

In unserem Sonnensystem gibt es acht Planeten (siehe Abb. 2). Man unterscheidet zwischen

Abbildung 2: Unsere Sonne und die acht Planeten (Größenverhältnisse stimmen, Entfernungen nicht) (Quelle: DLR, Martin Kornmesser)

den inneren und den äußeren Planeten. Die inneren Planeten sind wesentlich masseärmer als die äußeren. Sie bestehen aus schweren Elementen (z. B. Fe oder C oder auch Li) und haben alle einen metallischen Kern. Diese Gesteinsplaneten sind: Merkur, Venus, Erde und Mars. Die äußeren Planeten bestehen zum Großteil aus leichten Elementen, also Wasserstoff und Helium und haben alle einen Gesteinskern von mehreren Erdmassen. Diese Gasplaneten sind: Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.

Ist die Bahn der Objekte nicht bereinigt, die Masse jedoch trotzdem groß genug, um den Körper rund zu formen, so spricht man seit 2006 von einem Zwergplaneten. Beispiele für Zwergplaneten sind Ceres und Pluto.

Die Asteroiden zählen bereits zu den Kleinkörpern unseres Sonnensystems. Ihre Masse reicht nicht aus, um ihren Körper rund zu formen. Mit Durchmessern von durchschnittlich unter 50 km sind sie die größten Objekte in der Gruppe der Kleinkörper. Sie befinden sich zum Großteil im Asteroidengürtel zwischen Mars und Jupiter und im Kuipergürtel jenseits des Neptun.

Eine andere Gruppe der Kleinkörper sind die Kometenkerne, deren Größen denen der Asteroiden ähnlich sind. Wenn sich diese, wegen ihrer Zusammensetzung als „schmutzige Schneebälle“ bezeichneten, Objekte der Sonne nähern, bildet sich eine Koma durch Sublimation von leicht flüchtigen Stoffen wie Wasser, Kohlenstoffmonoxid oder Kohlenstoffdioxid. Durch den Sonnenwind kommt es dann zur Ausbildung eines Schweifs.

Meteoroide sind die kleinsten Objekte der Gruppe der Kleinkörper. Kleinere Meteoroide, die nur ein Bruchteil eines Millimeters groß sein können, verglühen vollständig als sogenannte Meteore (volkstümlich: Sternschnuppen) in der Atmosphäre. Größere, bis zu mehreren Metern große Meteoroide, schlagen auf der Erdoberfläche als Meteoriten ein und verursachen mehr oder weniger große Krater. [1], [2], [3]

Entstehung des Sonnensystems

Die Entstehung unserer Sonne und auch aller anderen Sterne begann mit einer Wolke aus interstellarer Materie. Diese interstellare Materie ist ein durch den Urknall und die Überreste ehemaliger Sterne entstandenes Gas- und Staubgemisch, das zu etwa 99 % aus Gas (vor allem Wasserstoff) und zu etwa 1 % aus Staub besteht. Irgendwann beginnt diese Wolke unter ihrer eigenen Schwerkraft zu kontrahieren und zu fragmentieren (Zerfallen in mehrere Fragmente bzw. Wolkenkerne, jedes Fragment kann sich individuell zu einem Stern weiterentwickeln).

Durch die Kontraktion eines Wolkenkerns erhöhen sich Druck und Temperatur, und die Rotationsgeschwindigkeit der Wolke nimmt zu. Um den kugelförmigen sogenannten Protostern im Zentrum bildet sich eine flache Scheibe aus Gas und Staubpartikeln. Durch weitere Kontraktion erreicht der Kern des Protosterns immer höhere Temperaturen, sodass ab einer Temperatur von etwa 15 Millionen Grad Kernfusionsprozesse einsetzen. In der protoplanetaren

Scheibe um den Stern herum verbinden sich die winzigen Staubpartikel zu immer größer werdenden Objekten. Irgendwann ist die Masse dieser dann Planetesimale genannten Objekte so groß, dass sie allein durch ihre Schwerkraft weiteres Material anziehen. So können u. a. Planeten entstehen (siehe Abb. 3). Der einsetzende Sonnenwind der jungen Sonne sorgt schließlich dafür, dass die verbleibenden Gas- und Staubmassen aus dem Sonnensystem hinaus geblasen werden. Diese Erkenntnisse wurden durch Beobachtungen von Sternentstehungsgebieten und durch Computersimulationen gewonnen. [1],[3]

Abbildung 3: In der protoplanetaren Scheibe verbindet sich die Materie zu Planeten.
(Quelle: Wikipedia, NASA)

Der Mars

Der Mars ist für die Menschen in vielerlei Hinsicht ein interessanter Planet. Er ist nicht nur, wie die Erde, ein Gesteinsplanet, sondern er liegt auch sehr dicht an der sogenannten habitablen Zone (eine Zone um die Sonne, in der flüssiges Wasser und damit Leben möglich wäre). So ist der Mars bei der Suche nach extraterrestrischem Leben ein „heißer Kandidat“.

Auszeichnend für ihn ist vor allem seine typisch rote Farbe, welche ihm auch seinen Namen einbrachte. So wurde der Planet nach dem griechischen Gott des Krieges Ares benannt. Dieser entspricht in der römischen Kultur dem Gott Mars. Der Mars hat zwei Monde, deren namentliche Wurzeln ebenfalls in der Mythologie liegen. Phobos (siehe Abb. 4) und Deimos (im Deutschen Furcht und Schrecken) sind laut den griechischen Sagen auch die Söhne und Diener des Ares.

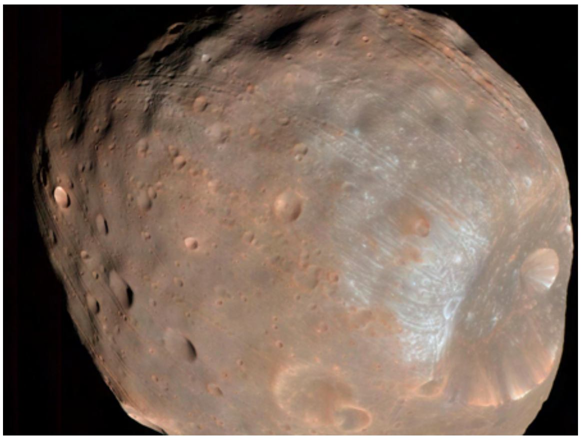


Abbildung 4: Phobos, der größere Mond, ist vermutlich ein von Mars eingefangener Asteroid. [4]

Der Mars ist ca. 1,6-mal weiter von der Sonne entfernt als die Erde. Für den Umlauf um die Sonne benötigt er, wegen der geringeren Bahngeschwindigkeit und der größeren Umlaufbahn, knapp 687 Tage. Dabei dauert ein Tag auf dem Mars (Sol) mit 24 h 37 min nicht merklich länger als ein Tag auf der Erde. [5], [6]

Unser Platz im Universum

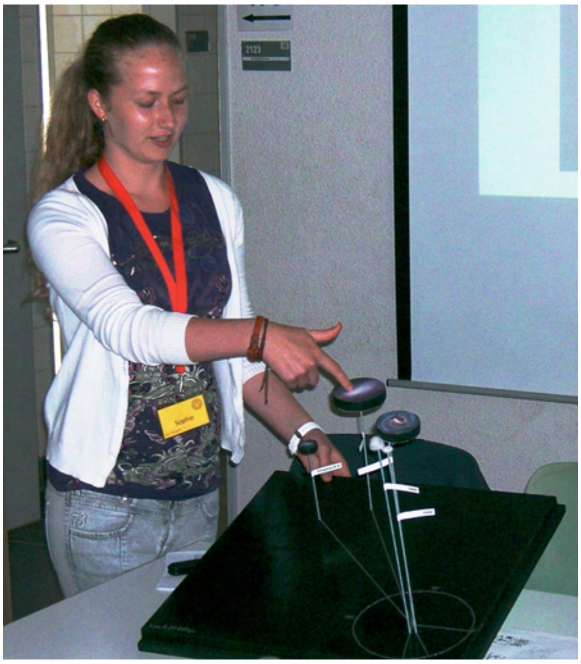


Abbildung 5: Modell der Lokalen Gruppe.

Unser Sonnensystem ist Teil der Galaxie, die wir Milchstraße oder Galaxis nennen und die zusammen mit einigen anderen Galaxien eine Galaxiengruppe bildet, deren plausibler Name „Lokale Gruppe“ lautet.

Um den Teilnehmern unsere Position und die des Mars in der Lokalen Gruppe zu zeigen, wurde ein maßstabsgetreues Modell (Entfernungen und Radien der Galaxien aber in unterschiedlichen Maßstäben) aus Styropor und Stäben angefertigt. Dargestellt sind fünf der größten Galaxien der Lokalen Gruppe (siehe Abb. 5). Ein abschließendes Quiz zum Thema Stern- und Planetenentstehung ermöglichte es den Teilnehmern zu überprüfen, ob sie die wichtigsten Inhalte der Präsentation verstanden haben.

Quellen

[1] Brockhaus Enzyklopädie

[2] http://de.wikipedia.org/wiki/Sonnensystem

[3] Astronomie, eine Einführung in das Universum der Sterne, ISBN 978-3-89836-598-7

[4] http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_1199.html (29.9.11)

[5] Udo Backhaus, Klaus Lindner: Astronomie plus, Cornelsen Verlag

[6] http://de.wikipedia.org/wiki/Mars_(Planet) (28. 9. 2011)

Mars und Erde im Vergleich

Alicia Rohnacher, Ronja Geppert (Planetologen)

Wenn wir eine Mission auf den Mars planen und dort eine Raumstation bauen wollen, müssen wir uns auch über die physikalischen und „geographischen“ Voraussetzungen des Mars im Klaren sein. Wir sollten wissen, wo ein geeigneter Ort zum Landen und zum Wohnen ist und welchen Anforderungen die Astronauten und die Marsstation gerecht werden müssen.

Was machen Planetologen?

Planetologen sind Wissenschaftler, die sich mit Systemen nichtstellarer Objekte im Umkreis von Sternen im Allgemeinen und mit den Eigenschaften dieser Objekte (vor allem der Planeten) im Besonderen befassen. Dabei stützen sie sich oft auf die Erkenntnisse von anderen Forschern des interdisziplinären Teams, wie Geologen, Geophysikern oder Mineralogen.

Die Planetologen nutzen zur Fernerkundung Teleskope auf der Erde, in der Erdumlaufbahn, auf interplanetaren Sonden bei Vorbeiflügen oder sogar im Orbit verschiedener Objekte, um Detailinformationen über die Oberflächen zu erhalten. Ein solches Teleskop ist z. B. das Hubble Space Telescope in der Erdumlaufbahn. Inzwischen werden auch Untersuchungen vor Ort, wie die Suche nach Wasser, mit speziell entwickelten Landern und Rovern vorgenommen.

Mars und Erde – Ein Vergleich

Planetenaufbau

Um sich die Eigenschaften eines fremden Planeten besser vorstellen zu können, führen die Planetologen oft Vergleiche zur Erde durch. Die Methoden der Geologie kommen auf dem Mars zum Einsatz und finden dabei ihre Verallgemeinerung und evt. Erweiterung. Bei der Untersuchung des Mars lernen wir gleichzeitig etwas über die Erde.

Sowohl die Erde als auch der Mars gehören zu den Gesteinsplaneten, d. h., sie besitzen beide eine feste Oberfläche. Eine weitere Gemeinsamkeit besteht in dem ähnlichen Schalenaufbau. Wie die Erde besteht der Mars vermutlich auch aus einer Kruste, einem Mantel und einem Kern, der überwiegend aus Eisen besteht (siehe Abb. 6).

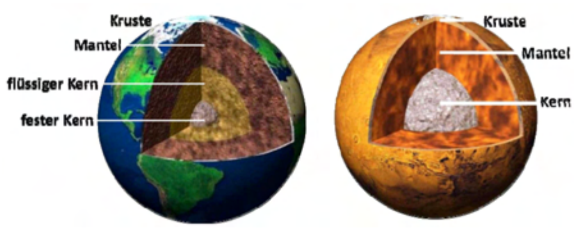


Abbildung 6: Der Schalenbau von Erde und Mars im Vergleich. (Quelle: WIS)

Allerdings ist der Mars nur etwa halb so groß wie die Erde (siehe Abb. 7) und seine Masse beträgt mit $0,64 \cdot 10^{24}$ kg nur knapp ein Zehntel der Erdmasse. Dadurch bedingt herrscht auf dem Mars auch eine geringere Schwerkraft.

Abbildung 7: Erde und Mars im Größenvergleich (Quelle: NASA/JPL)

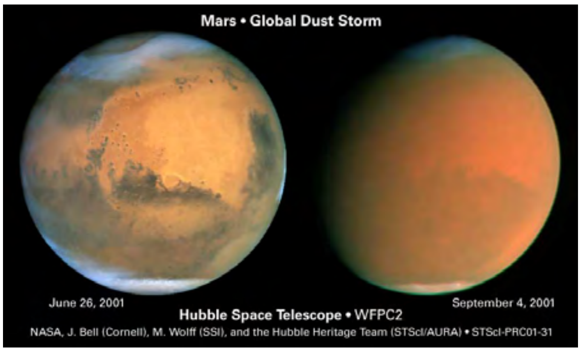


Abbildung 8: Globaler Staubsturm 2001 (Quelle: NASA, J. Bell, M. Wolff, Hubble Heritage Team)

Vergleichsaspekt	Mars	Erde
Durchmesser	6794 km	12756 km
Masse	$0{,}64 \cdot 10^{24}$ kg	$5{,}97 \cdot 10^{24}$ kg
Fallbeschleunigung	$3{,}71\ m/s^2$	$9{,}81\ m/s^2$
Atmosphärendruck	6 mbar	1013 mbar
mittlere Dichte	$3{,}9\ g/cm^3$	$5{,}5\ g/cm^3$
Vulkanismus	ja	ja

Eigenschaften von Mars und Erde im Vergleich.

Planetenoberfläche

Auch bei der Betrachtung der Marsoberfläche fallen Gemeinsamkeiten mit der Erde auf. So lassen sich zum Beispiel auf dem Mars ebenso wie auf der Erde zwei Hemisphären finden. Die Nordhalbkugel, die aus flachen Ebenen besteht und die Südhalbkugel, welche durchschnittlich 6 km höher liegt, als die nördliche Hemisphäre und sehr stark verkratert ist. Außerdem herrschen auf dem Mars extrem hohe Schwankungen der Oberflächentemperaturen von $-140\,°C$ bis $20\,°C$. Diese entstehen, weil der Mars nur eine sehr dünne Atmosphäre besitzt, die demensprechend wenig Wärmestrahlung zurückhalten kann.

In der Zeit, in der der Mars der Sonne am nächsten ist (Perihel), können riesige Staubstürme mit Geschwindigkeiten bis über 300 km/h entstehen. Da die Gravitationskraft nur 1/3 der Erdgravitation beträgt, fliegen die Staubpartikel viel höher und weiter und können so beinahe den gesamten Globus einhüllen. 2001 fand der letzte globale Sandsturm statt, der über 100 Tage den Mars bedeckte.

Die Oberflächenstrukturen

Charakteristisch für den Mars ist eine rote, kahle Gesteinswüste, die den Großteil seiner Oberfläche bedeckt. Die rote Farbe stammt vom Roststaub, der sich auf der Oberfläche abgelagert hat. Er entstand vermutlich bei der Oxidation des im Marsgestein vorhandenen Eisens. Kürzlich fanden Forscher bei Experimenten im Labor eine weitere Erklärungsmöglichkeit. Danach kann Magnetit (eine im häufig auf dem Mars zu findenden Basalt enthaltene Eisenoxidverbindung) in das rote Mineral Hämatit allein durch mechanische Beanspruchung (durch Staubstürme) umgewandelt werden [4].

Die Marsoberfläche besitzt zwei offensichtliche Extreme. Zum Einen ist das Schluchtensystem Valles Marineris mit rund 4000 km die längste Schlucht des Sonnensystems. Zum Anderen stellt der Vulkan Olympus Mons (siehe Abb. 9) mit 25 km Höhe die größte Erhebung im Sonnensystem dar. Sein Ausmaß ist zu vergleichen mit der Größe Deutschlands.

Abbildung 9: Olympus Mons (Quelle: NASA/JPL)

Die Oberfläche des Mars besitzt viele Krater, da diese nicht, wie auf der Erde, durch tektonische Prozesse und Erosion abgetragen werden. Außerdem gelangen Meteoroide viel leichter durch die dünne Atmosphäre des Mars als durch die Erdatmosphäre.

Wasser auf dem Mars

Um herauszufinden, ob jemals Leben auf dem Mars möglich war, ist auch die Frage nach flüssigem Wasser wichtig, da die uns bekannten Lebensformen nicht aktiv ohne dieses leben können. Nach Wasser zu suchen, war auch die Hauptaufgabe der Phoenix-Mission.

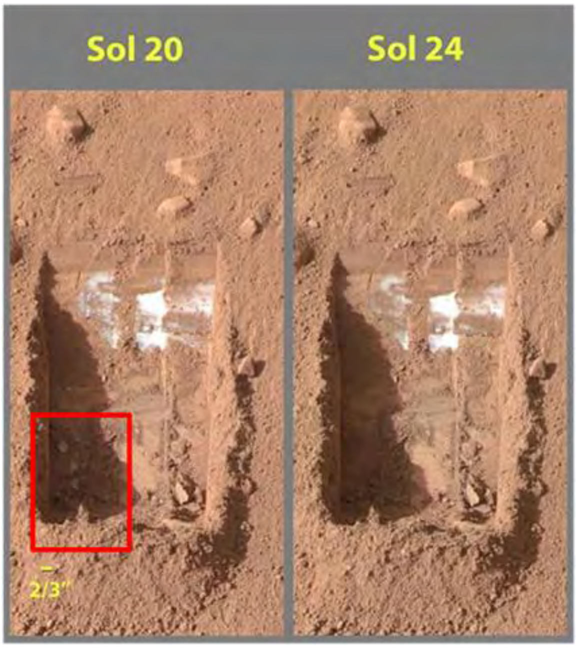


Abbildung 10: Bild der Phoenix-Mission 2008 (Quelle: NASA, University of Arizona/Texas A&M University)

Am 15.6.2008 (Sol 20) und 19.6.2008 (Sol 24) nahm die Sonde ein Bild von einer frisch gegrabenen Mulde auf (siehe Abb. 10). Auf dem linken Bild sind mehrere Eisklumpen (im roten Rahmen) zu sehen, die beim rechten Bild verschwunden sind. Das Eis ist aufgrund der Temperaturerhöhung durch die Sonne sublimiert (vom festen direkt in den gasförmigen Zustand übergegangen).

Forscher gehen davon aus, dass es in der Vergangenheit flüssiges Wasser auf der Oberfläche des Mars gegeben hat, da es Strukturen auf dem Mars gibt, die vertrockneten Flussbetten sehr ähnlich sehen (s. Abb. 11).

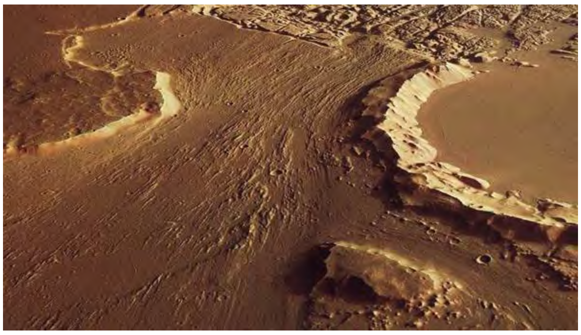


Abbildung 11: Kasei-Tal (Quelle: ESA/DLR/FU Berlin, G. Neukum)

Ein weiteres Indiz für ehemalige Wasservorkommen sind Hämatitkügelchen (s. Abb. 12), die in dieser Form als Konkretionen (Körper, bestehend aus ausgefällten Mineralsubstanzen) nur mit flüssigem Wasser entstehen können.

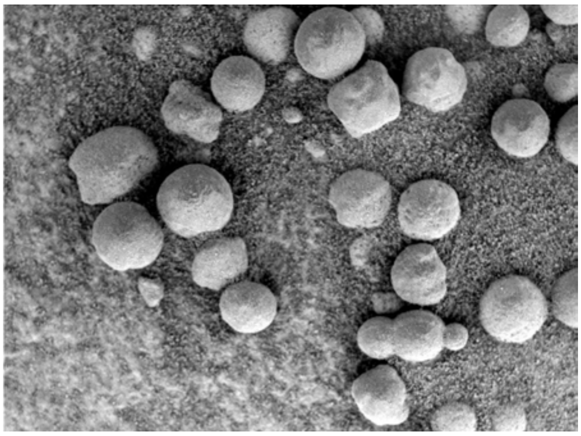


Abbildung 12: Hämatitkonkretionen (Quelle NASA/JPL)

Zum Phänomen der Sublimation führten wir ein Experiment durch, das den geringen Druck in der Atmosphäre des Mars in einer Vakuumglocke etwas annähert. Es zeigte sich, dass bei geringem Druck Wasser schon bei Raumtemperatur siedet.

Quellen

[1] http://www.jpl.nasa.gov

[2] http://www.wissenschaft-schulen.de/sixcms/media.php/1308/WiS-Mars.pdf

[3] http://www.dlr.de

[4] Jonathan P. Merrison: beim Kongress „European Planetary Science“, Potsdam, 2011

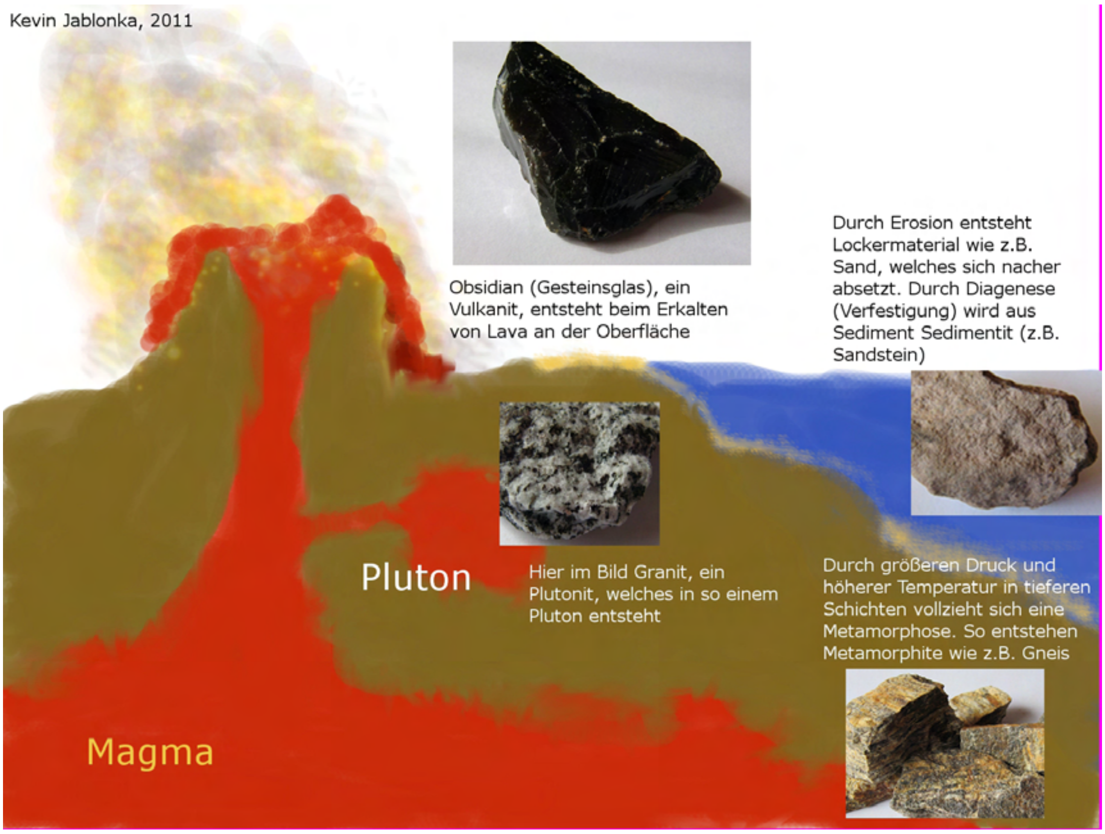


Abbildung 13: Wo entstehen welche Gesteine? – Ein stark vereinfachter Gesteinskreislauf zur Übersicht.

Gesteine überall – auf der Erde und auf dem Mars

Kevin Jablonka, Carolin Kimmig (Geologen)

Geologen auf dem Mars? Ja! Zwar erforschen Geologen normalerweise die Erde, ihren Aufbau, ihre Entstehung und Zusammensetzung. Bei unserem interdisziplinären Projekt jedoch erforschen die Geologen die Oberfläche, die Entstehung und den Aufbau des roten Planeten.

Was macht ein Geologe überhaupt?

Auf der Erde verbringen die Geologen viel Zeit im Gelände: Sie sammeln Steine, machen Bohrungen und schauen sich die Umgebung an. Aber der größte Teil der Arbeit geschieht im Labor, denn dort werden die Steine untersucht (z. B. per Dünnschliff unter dem Mikroskop) und auch klassifiziert. Mit diesen Ergebnissen kann der Geologe dann Schlüsse ziehen und Gutachten, geologische Karten, sowie wissenschaftliche Veröffentlichungen erstellen. Heutzutage ist die Arbeit der Geologen wichtiger denn je, da die Fragen nach neuen Rohstoffen und sicheren Lagerplätzen für Atommüll nur von Geologen beantwortet werden können. Auch, um eine Mission zum Mars erfolgreich zu planen, braucht man Geologen, denn diese liefern die Kenntnisse über die Umstände über und unter der Marsoberfläche.

Gesteine und ihre Klassifizierung

Einen großen Teil seiner Zeit verbringt der Geologe mit Gesteinen. Was ist Gestein überhaupt? Gesteine setzen sich aus Mineralien zusammen. Und Mineralien wiederum sind natürliche, meist anorganische Verbindungen in Form von Kristallen. Sowohl auf der Erde, als auch auf dem Mars gibt es sehr viele Arten von Gesteinen.

Sie unterscheiden sich in Gefüge (räumlicher Anordnung der Kristalle), Struktur, mineralischer Zusammensetzung und Farbe. Diese Faktoren werden maßgeblich durch die Entstehung der Gesteine beeinflusst. Grundsätzlich werden die Gesteine in drei große Gruppen eingeteilt: die Magmatite, die Sedimentite und die Metamorphite. (Die nachfolgende Erklärung lässt sich mit Abb. 13 besser verstehen) Die Magmatite entstehen, wie der Name schon sagt, durch Erkalten von Magma. Allerdings werden die Magmatite noch in zwei weitere Gruppen eingeteilt; nämlich in Plutonite und Vulkanite.

Plutonite (z. B. Granit) entstehen in einem Pluton (Magmakammer, die nach dem griechischen Gott der Totenwelt benannt ist) und haben dort viel Zeit zum Erkalten. Daher lässt sich auch die vollkristalline Struktur mit großen Kristallen erklären, denn so haben sie viel Zeit sich auszubilden. Bei Vulkaniten jedoch gelangt das Magma an die Oberfläche und erkaltet schnell. Darum sind Vulkanite, wie z. B. Basalt, nicht richtig auskristallisiert und besitzen nur kleine Kristalle.

Abbildung 14: Was ist das jetzt für ein Stein? Großes Rätseln bei der Gesteinsklassifizierung.

Wenn Festmaterial durch Erosion abgetragen wird, entsteht Lockermaterial. Durch Diagenese (Verfestigung) kann so aus Lockermaterial unter geringem Druck und niedriger Temperatur ein Sedimentit entstehen. So wird z. B. aus Sand Sandstein. Charakteristisch für Sedimentite ist die Schichtung und der Fossilienreichtum.

In tieferen Schichten werden die Gesteine hohem Druck und großer Temperatur ausgesetzt. Deshalb ändert sich das Gefüge – eine Metamorphose vollzieht sich – und es entsteht ein Metamorphit wie z. B. Gneis. Metamorphite weisen oft eine Schieferung oder eine „unechte Schichtung“ in Längsachse auf. Desweiteren sind sie auch gut auskristallisiert.

Aktivitäten

Um das neu erworbene Wissen zu verfestigen, gab es auch bei uns Geologen Aktivitäten wie das Klassifizieren von Gesteinen (Abb. 14), das Legen des Gesteinskreislaufes oder die „ultimative Quizshow der Gesteine“.

Abbildung 15: Übergabe der Fernbedienung während der „ultimativen Quizshow der Gesteine“.

Der Mars rostet! Zur Geologie des Mars

Wer die Geschichte des Mars verstehen will, um die Möglichkeit von Leben auf diesem Planeten zu beurteilen, muss sich mit den Gesteinen auf dem Mars beschäftigen. Da der Begriff „Geologie“ nur die Gesteine auf der Erde einbezieht, wird die Erforschung der Steine auf dem Mars und auf anderen Planeten „Aerologie“ genannt.

Wachsende Vulkane

Die Vergangenheit des Mars ist geprägt durch starke vulkanische Aktivität, wovon der Vulkanberg Olympus Mons zeugt. Man unterscheidet zwei verschiedene Arten von Vulkanismus: Durch den basischen Vulkanismus entstehen die sogenannten „Schildvulkane“, denen auch der Olympus Mons angehört. Sie entstehen durch flüssige Lava, die konstant aus dem Planeteninneren austritt und daraufhin erkaltet. Dadurch wächst der Vulkan stetig weiter nach oben. Beim sauren oder explosiven Vulkanismus hingegen entstehen Feuerfontänen, da die Lava mit Druck aus dem Planeteninneren herausbricht.

Marsgestein
Es ist äußerst verwunderlich, dass die Steine auf dem Mars relativ gleichmäßig angeordnet sind. Eine Erklärung dafür gibt die sogenannte „Steinwanderungs-Theorie", wonach starke Winde den Sand unter den Steinen wegblasen, sodass sie langsam der Windrichtung entgegen rollen. Viele Steine auf dem Mars haben erdähnliches Gepräge. Es finden sich wie auf der Erde Magmatite, Sedimentite und Metamorphite. Sehr häufig vorkommend sind Kalzitgesteine und Basalt. Letzterer ist ein vulkanisches Gestein, das durch Erkalten säurearmer Lava entsteht. Auch wurde Sedimentgestein entdeckt, das sich in den Tiefen eines Meeres gebildet haben könnte.

Steine aus der Ferne
Steine kann man auch analysieren, wenn man sie nicht direkt in der Hand hält. Grundsätzlich bieten sich für die Gesteinsforschung auf dem Mars drei Möglichkeiten: 1. Lander auf dem Planeten, die Gesteinsproben vor Ort untersuchen, 2. Meteoriten, welche durch Kleinkörpereinschlag auf dem Mars in den Raum geschleudert wurden und durch Zufall in die Erdatmosphäre eingedrungen sind (s. Abb. 16) und 3. die Spektralanalyse, mit deren Hilfe man von der Erde oder von Sonden aus gesteinsbildende Elemente (z. B. Eisen, Calcium, Silizium, Nickel) identifizieren kann.

Gibt es lebensfeindliche Stoffe auf dem Mars?
Der Marsrover Opportunity entdeckte vor wenigen Jahren in einer Bodenprobe Perchlorat. Auf der Erde ist dieser Stoff eine gefährliche Verbindung. Er wird z. B. für Raketentreibstoff und in Sprengstoffen verwendet. Sind damit alle Hoffnungen auf Leben zerstört? Die Frage ist nicht leicht zu beantworten, da die Spuren von Perchlorat nicht zwangsläufig repräsentativ für den ganzen Planeten sind und zudem auch aus dem Treibstoff der Rakete stammen könnten. Das Projekt Mars bleibt spannend!

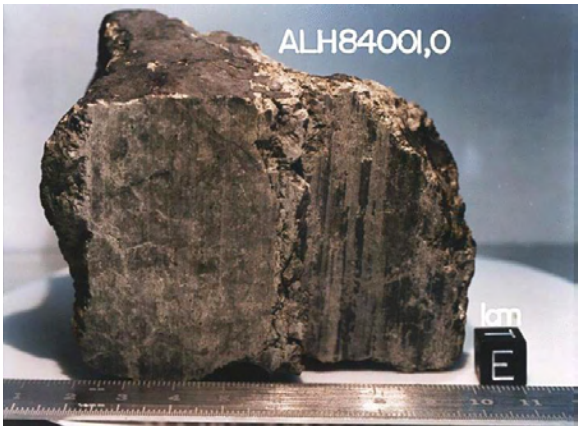


Abbildung 16: Der Meteorit ALH84001, der von dem Planeten Mars stammt.
Quelle: http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2001/ast28feb_1.)

Quellen

[1] Comins: Astronomie, 2011, S. 177-195
[2] Murray: Mars – Expedition zum Roten Planeten, 2005, S. 28-49
[3] Lorenzen: Mission: Mars, 2004, S. 34-45
[4] Spektrum der Wissenschaft. Sterne und Weltraum 05/2011 S. 24-32
[5] http://www.spiegel.de/wissenschaft/natur/0,1518,600738,00.html
[6] http://www.uni-bonn.de/~uzsrcj/index/Geologie/Arbeiten/Mars/Mars-Referat.htm

Der Flug zum Mars

DANIEL KIRCHHOFF, LEON KLING
(ASTRONAUTIKER)

Die Erforschung des Mars wäre am ergiebigsten, wenn der Mensch diese vor Ort durchführen könnte. Im Folgenden geht es um die Geschichte und Zukunft, Probleme und Lösungsansätze des bemannten und unbemannten Marsfluges.

Geschichte der Marsexploration

Unbemannte Missionen
Die ersten Versuche der UdSSR, zum Mars zu gelangen (Anfang der 1960-er Jahre) und nah an ihm vorbei zu fliegen, scheiterten. Vier Jahre später startete die USA ihre ersten Sonden

zum Mars (Mariner 3 und 4), wobei letzterer der erste erfolgreiche Vorbeiflug gelang. Weitere Vorbeiflüge und Bildübertragungen gelangen 1969 mit Mariner 6 und 7. Daraufhin verkündete die UdSSR, eine Marslandung anzustreben, obwohl nicht eine ihrer anderen Missionen geglückt war. 1971 starteten die beiden Sonden Mars 2 und 3, die beide erfolgreich in eine Marsumlaufbahn einschwenkten. Bei Mars 2 verglühte der Lander, doch mit Mars 3 schaffte die UdSSR die erste weiche Marslandung. Jedoch brach der Funkkontakt zum Lander schon 20 Sekunden nach der Landung ab. 1975 zogen die USA nach, indem sie die beiden Viking-Sonden 1 und 2 weich auf dem Mars landen ließen. Diese sendeten tausende Bilder der Marsoberfläche und Daten über Atmosphäre und Oberfläche.

Nach 15 Jahren Pause startete 1988 die UdSSR die Missionen Phobos 1 und 2 zum gleichnamigen Marsmond, gingen aber während des Fluges verloren. 1996 landete der erste Rover, Sojourner, auf dem Mars. Trotz technischer Probleme konnte der US-amerikanische Roboter Bilder aufnehmen und Gestein analysieren. Japan stieg 1998 auch in den Marsflug ein, die Sonde Nozomi ging jedoch nach diversen Problemen verloren. Im Jahr 2000 waren von 32 Missionen gerade einmal 9 geglückt. Die ESA sandte 2003 ihre erste Sonde zu unserem Nachbarplaneten: Mars Express. Der Lander ging zwar zu Bruch, der Orbiter aber sendet immer noch sehr detaillierte Bilder des Mars [1].

Abbildung 17: Der Rover Spirit (Quelle: NASA)

Als 2003 dann die Zwillingsrover Spirit (Abb. 17) und Opportunity Hinweise auf Wasser fanden, waren die Fachleute begeistert. Den endgültigen Beweis erbrachte der Lander Phoenix, der 2008 Wassereis auf dem Mars fand.

Bemannte Missionen

Ein bemannter Marsflug wurde bereits 1987 in das Programm der NASA aufgenommen (Ride Report). Man plante eine Mission für 2010, und 10 Jahre später sollte dann eine dauerhafte Marsbasis errichtet werden. 1989 forderte G. W. H. Bush einen Kostenvoranschlag, der als 90–Day–Study bekannt werden sollte. Um genug Treibstoff für die Reise zum Mars an Bord zu haben, wollte man das Marsraumschiff entweder im Erdorbit oder auf dem Mond zusammenbauen. Dies wurde mit rund 500 Milliarden Dollar veranschlagt, was zur Ablehnung des Programms führte.

Kritik äußerte auch Robert Zubrin 1990, der für die Umsetzung seines eigenen Projekts Mars Direct plädierte. Darin schlug er vor, 2016 ein Raumschiff für den Rückflug (ERV) zu schicken. Dieses sollte auf dem Mars mithilfe eines Atomreaktors aus dem Kohlenstoffdioxid der Marsatmosphäre und Wasserstoff, der von der Erde mitgebracht würde, Methan und Sauerstoff produzieren, welche als Treibstoff und zum Atmen benötigt werden. Nach 2 Produktionsjahren würde die eigentliche Crew mit einer Wohnanlage (HAB) zum Mars gebracht. Zur Erzeugung künstlicher Schwerkraft während des Flugs würden das HAB und die letzte ausgebrannte Raketenstufe, verbunden durch ein Seil, um den gemeinsamen Schwerpunkt kreisen. Zum Schutz vor tödlicher Strahlung hätte man eine Kammer, in der sich die Astronauten während einer Sonneneruption verschanzen könnten. Dort würden auch die Lebensmittel gelagert. Nach 6 Monaten würde das HUB neben dem ERV landen, und nach einem eineinhalbjährigen Aufenthalt auf dem Mars würde die Besatzung wieder zurück fliegen.

Das 55 Milliarden Dollar teure Projekt fand zunächst großen Anklang bei der NASA. Da die Abteilung für Raumstationen jedoch fürchtete, an Bedeutung zu verlieren, überzeugte sie die NASA-Direktion, das Projekt abzulehnen.

Als die Führung wechselte, versuchte Zubrin erneut, die NASA zur Umsetzung seines Projekts zu bewegen und hatte Erfolg. Jedoch die Explosion der Raumfähre Columbia bedeutete das vorläufige Ende aller bemannten Raumfahrtprojekte der NASA [2].

Die Hohmannbahn

Welchen Weg wählt man, wenn man von einem Planeten zu einem anderen reisen möchte? Mit dieser Frage beschäftigte sich bereits der Physiker Walter Hohmann. In seinem Buch „Über die Erreichbarkeit der Himmelskörper"(1925) schildert er die nach ihm benannte Hohmannbahn. Diese beschreibt den energetisch günstigsten Übergang zwischen zwei Planetenbahnen. Man kann nicht einfach den kürzesten Weg nehmen, da dieser starke Brems- und Beschleunigungsmanöver benötigen würde, was sehr energieaufwendig wäre. Stattdessen nutzt man die Geschwindigkeit des Erdumlaufs aus und kommt sehr treibstoffsparend in die Marsbahn.

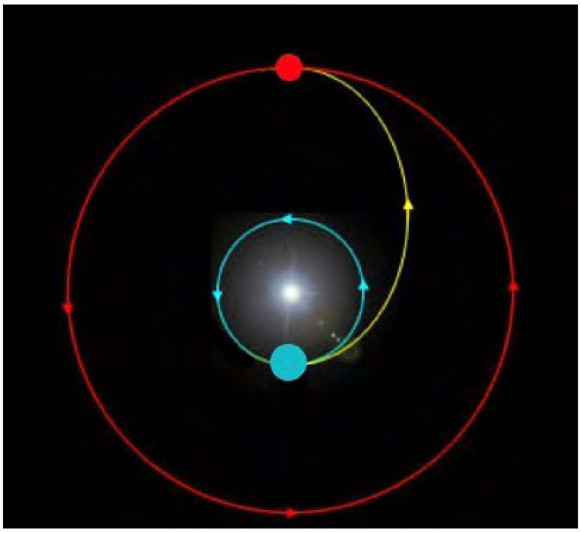


Abbildung 18: Die Hohmannbahn zwischen Erd- und Marsbahn (Quelle: Wikimedia, Rlandmann)

Die Hohmannbahn hat aber den Nachteil, dass der Flug zum Mars 11 Monate dauert. Daher verkürzt man die Flugzeit, indem man mehr beschleunigt und so schneller zur Marsbahn gelangt und statt 11 Monaten nur noch 6–7 Monate Flugzeit benötigt. [3]

Gesundheitliche Risiken

Nahezu alle Raumfahrer leiden in den ersten Tagen ihres Weltraumaufenthaltes an der Raumkrankheit, einer Form der Kinetose (Bewegungskrankheit) im All. Die Symptome äußern sich durch Übelkeit, Erbrechen, Schweißausbrüche und Schwindel. Ursache ist, dass das vestibuläre System (Gleichgewichtsorgan), dessen Funktion eng an die Schwerkraft gekoppelt ist, durch deren Fehlen stark gestört wird. Das Vestibularorgan dient dazu, Beschleunigungen und die Lage des Körpers im Raum wahrzunehmen und die Augenbewegung an diese Faktoren anzupassen.

Kopfschmerzen wurden bis vor Kurzem auch den Symptomen der Raumkrankheit zugeordnet; nun wird aber vermutet, dass ihre Ursachen beim Blutandrang im Gehirn und beim chronischen Sauerstoffmangel zu suchen sind. Durch die Schwerelosigkeit entfällt die natürliche Belastung der Muskeln, Knochen und Gelenke. Dies führt u. a. zu Muskelatrophie, einer Abnahme von Muskelmasse, bei der sich der Durchmesser oder die Zahl der Muskelfasern vermindern. Auch Osteoporose, eine Erkrankung, bei der Strukturänderung und Substanzabnahme der Knochen auftreten, ist eine Folge der fehlenden Belastung.

Das Fehlen der Schwerkraft führt auch zu dem falschen Signal, dass der Körper ein zu hohes Maß an Blutvolumen enthält, woraufhin über die Nieren ein Teil des Blutplasmas ausgeschieden wird. Das blutbildende Hormon kann dies nicht ausgleichen, da seine Bildung unter der Schwerelosigkeit reduziert ist. Dadurch entsteht die sogenannte Weltraumanämie. Der durch diese Blutarmut hervorgerufene Sauerstoffmangel beeinflusst den Stoffwechsel. Dies und andere Faktoren wie Stress und kosmische Strahlung, die noch ungenügend erforscht sind, führt zu einer Schwächung des Immunsystems und dadurch zu einer erhöhten Anfälligkeit für Bakterien und Viren; die Wahrscheinlichkeit von Tumorerkrankungen steigt. [4]

Aufgaben der Weltraummediziner

Eine Aufgabe der Weltraummediziner ist es, die Astronauten nach medizinisch-psychologischen

Kriterien auszuwählen. Das heißt, sie müssen über einen guten gesundheitlichen Zustand verfügen, „fit“ sein und dürfen keine Vorerkrankungen gehabt haben. Außerdem wird darauf geachtet, dass möglichst wenige Tumorerkrankungen in ihren Familien vorliegen.

Weltraummediziner haben außerdem die Aufgabe, die Astronauten vor, während und nach ihrem Raumflug zu betreuen. Vor dem Weltraumaufenthalt werden die gesundheitlich relevanten Werte ermittelt, um später Vergleichsdaten zu haben. Im All wird der Gesundheitszustand der Astronauten mittels Sensoren permanent überprüft. Bei der Landung werden sie von Medizinern in Empfang genommen, die das Ausmaß der Gesundheitsbeeinträchtigung untersuchen und sie in der Regenerationsphase unterstützen.

Abbildung 19: Auf der ISS werden die Kreislauffunktionen mit Hilfe des Geräts „Pneumocard“ gemessen. (Quelle: MHH)

Um Osteoporose und Muskelatrophie entgegenzuwirken, müssen die Astronauten täglich 2 bis 2,5 Stunden trainieren, zum Beispiel auf einem Laufband oder einem Fahrradergometer. Weltraummediziner entwickeln Trainingsprogramme und kontrollieren deren Einhaltung. Doch allein durch diese Trainingsmaßnahmen können Muskel- und Knochenschwund nicht ausreichend bekämpft werden. Zurzeit läuft daher eine Studie, bei der die präventive Wirkung von Vibrationsplatten beim Training evaluiert wird. Es wird angenommen, dass deren Effekt bei gleicher Trainingszeit um ein Wesentliches höher ist. [5]

Quellen

[1] http://mars.jpl.nasa.gov/programmissions/missions/log/ (25.7.2011)

[2] http://www.marssociety.org/home/about/mars-direct (25.7.2011)

[3] http://de.wikipedia.org/wiki/Hohmannbahn (25.7.2011)

[4] Pschyrembel: Klinisches Wörterbuch, 258., neu bearbeitete Auflage. Berlin, 1998. siehe jeweilige Stichwörter

[5] http://www.dlr.de/me/desktopdefault.aspx/tabid-1752/2384_read-30229/ (18.09.2011)

Ernährung und Kontrolle der Körpermasse im Weltraum

Johanna Kroll, Julian Danzer
(Ernährungswissenschaftler)

Es ist allseits bekannt, dass die richtige Ernährung maßgeblich für die Erhaltung der Gesundheit ist. Dies gilt noch stärker für den Aufenthalt im Weltraum. Aber wer hat bei dem Gedanken an Weltraumnahrung keine Tuben mit püriertem Essen im Kopf? Hier wollen wir uns den Themen „Weltraummenü“ und „Bestimmung der Körpermasse bei Schwerelosigkeit“ zuwenden.

Was machen Ernährungswissenschaftler?

Ernährungswissenschaftler erforschen die Grundlagen, die Zusammensetzung und die Wirkungen von richtiger und falscher Ernährung. Sie beschäftigen sich mit der täglichen Nahrungsaufnahme, die in mehreren Hinsichten ausgewogen sein sollte, aber auch mit der Ernährung, die besondere Ansprüche mit sich bringt, z. B. der eines Sportlers oder eines Astronauten.

Grundsätzliches zur Ernährung

Wir ernähren uns, um dem Körper „Baumaterial“ und Energie zuzuführen. Um beiden Zwecken optimal gerecht zu werden, muss die Nahrung richtig zusammengesetzt sein. Der Körper muss mit der Nahrung verschiedene Stoffe aufnehmen: Kohlenhydrate (ca. 55 % der Kalorien), Fette (ca. 30 %), Eiweiß (ca. 15 %), Vitamine, Mineralstoffe, Ballaststoffe, Spurenelemente und Wasser.

Abbildung 20: Ernährungspyramide

Die sogenannte Ernährungspyramide hilft dabei, die grundlegenden Erkenntnisse in die Ernährungspraxis umzusetzen. Die Pyramide (siehe Abb. 20) ist so aufgebaut, dass an ihrer Basis die Nahrungsbestandteile stehen, von denen der Körper am meisten benötigt. In der Spitze findet man die Dinge, die man nur in Maßen essen sollte. Wenn man dies einhält, ist die Ernährung gesund und ausgewogen.

Abbildung 21: Vortrag über Astronautennahrung

Wie man in Abbildung 20 sieht, stellt Wasser die Basis der Ernährung dar. Immerhin besteht der menschliche Körper zu ca. 70 % aus Wasser. Da wir täglich Körperflüssigkeit verlieren, muss der Mensch pro Tag 1,5 bis 2 Liter Flüssigkeit zu sich nehmen. Weitere wichtige Ernährungsbestandteile sind Stärkeprodukte sowie Obst und Gemüse. Stärkeprodukte (Kartoffeln und Teigwaren wie Nudeln und Brot) haben viele Kohlenhydrate, die satt und leistungsfähig machen. Obst und Gemüse liefern dem Körper Vitamine, Mineralstoffe sowie sekundäre Pflanzenstoffe. Das sind chemische Verbindungen, die die Pflanze selbst nicht braucht, dem Menschen aber helfen. So nützt uns zum Beispiel die Phenolsäure aus Früchten bei der Bekämpfung von Bakterien. Etwas weiter oben in der Pyramide stehen Fleisch und Fisch, die dem Körper Proteine als Baustoff liefern und Milchprodukte, die Kalcium für den Knochenaufbau enthalten. In der Spitze stehen Fette, Öle und Süßigkeiten, von denen man weniger essen sollte, die aber schnell viel Energie liefern.

Ernährungsnotwendigkeiten im Weltraum

Weltraumnahrung muss zusätzlichen Anforderungen an die Gesunderhaltung sowie an Transport, Lagerung, Zubereitung und Aufnahme gerecht werden. Gewicht und Größe der Nahrung und ihrer Verpackung sind möglichst gering zu halten, um Transportenergie und Lagerplatz zu sparen. Die Nahrung muss lange haltbar und leicht zuzubereiten sein. Auch darf das Essen während der Zubereitung und dem Verzehr nicht frei herumschweben, weil Krümel und Flüssigkeiten die elektrischen Geräte verschmutzen und verstopfen könnten.

Um der bereits erwähnten Osteoporose vorzubeugen, müssen Astronauten vermehrt Kalcium zu sich nehmen. Oft sind Astronauten trotz sorgfältig geplanter Ernährung nach ihrem All-Aufenthalt mangelernährt, weil Astronauten im All das Essen fad schmeckend empfinden und deshalb weniger Hunger haben. Das kommt zum einen daher, dass den Astronauten wegen mangelnder Schwerkraft viel mehr Blut als auf der Erde in den Kopf steigt. Dadurch bedingt schwellen die Geschmacksknospen der Zunge zu. Zum anderen gelangt der Geruch des Essens durch fehlende Konvektion nicht in die Nase.

Arten von Weltraumnahrung
Den zuvor genannten Kriterien entsprechend kommen für einen Marsflug vier verschiedene Arten von Weltraumnahrung in Frage:

1. Rehydrierbare Nahrung, d. h. Nahrung, der all ihr Wasser entzogen wurde, so dass man zur Zubereitung nur noch Wasser hinzufügen muss. Das beste Beispiel dafür sind Getränke wie Kaffee, die dann als Pulver ver-

packt ins All transportiert werden.

2. Hitzebehandelte Nahrung (meistens Obst- und Fischsorten in Dosen), die nach einer Hitzebehandlung bei Raumtemperatur lagerbar sind.
3. Mit ionisierender Strahlung behandelte Lebensmittel: Ionisierende Strahlung setzt sich aus freien Protonen, Elektronen und anderen geladenen Teilchen zusammen und hat eine sterilisierende Wirkung. Meist wir dieses Verfahren bei Rindfleisch angewandt.
4. Nachwachsende Weltraumnahrung, also essbare Pflanzen, die direkt in der Raumstation gezüchtet werden. Dieses Verfahren, Weltraumnahrung herzustellen, ist aber noch nicht ausreichend entwickelt und wird derzeit erforscht. Hierzu führten wir ein Experiment durch, welches man in Abb. 22 sehen kann.

Abbildung 22: In diesem Experiment haben wir versucht, nachwachsende Weltraumnahrung herzustellen. Als essbare Pflanze nahmen wir Kresse, weil sie nur Luft, Licht und Wasser zum Leben braucht. Auf einen Joghurtdeckel legten wir Watte und Kressamen, welche wir mit einem Netz am Deckel fixierten, damit die Samen in der Schwerelosigkeit nicht wegschweben. Nach ein paar Tagen (Gießen nicht vergessen!) keimte die Kresse durch das Netz hindurch und konnte geerntet werden.

Massebestimmung ohne Schwere

Zur Gesunderhaltung der Astronauten ist es extrem wichtig, ihre Masse zu kennen. Da es in der Schwerelosigkeit keine Gewichtskraft gibt, kann man die Massebestimmung nicht mit einer gewöhnlichen Waage vornehmen. Jedoch hängt nicht nur die Gewichtskraft, sondern auch die Trägheit von der Masse ab. Sprich: Bei größerer Masse wird mehr Kraft benötigt, um eine bestimmte Beschleunigung zu erreichen, bzw. bei gleicher Kraft wird eine weniger starke Beschleunigung erreicht.

Abbildung 23: Astronautin auf einer Schwingungswaage im Raumlabor Skylab (Bild: NASA)

Daher lässt sich das Gewicht bestimmen, indem man den Astronauten auf einen Stuhl schnallt, der an zwei Federn hin und her schwingt (siehe Abb. 23). Je mehr der Astronaut wiegt, desto langsamer beschleunigen ihn die Federn, und desto länger braucht er, um einmal hin und her zu schwingen. Wir stellten uns das Ziel, ein Modell einer derartigen Schwingungswaage im Rahmen der Gruppenarbeit aufzubauen und zu testen.

Quellen

[1] http://www.vitalingo.com/news/allgemein/ernaehrungspyramide-lebensmittelpyramide/ (28.09.11)

[2] http://www.esa.int/esaMI/Lessons_online/SEM8PS3KV5G_2.html (28.09.11)

[3] http://www.beikost.de/grund1.shtml (4.10.2011)

Architektur für den Weltraum

Leon Schmid, Josias Old
(Raumfahrtarchitekten)

Einmal angekommen auf dem Mars stellt sich die Frage nach dem Überleben. Wie muss die Unterkunft aussehen, damit sie den harten Bedingungen trotzen kann? Welche weiteren Faktoren spielen bei der Konzeption der Raumstation eine Rolle? Die Raumfahrtarchitekten *haben sich mit diesen und weiteren Fragen auseinandergesetzt und eine Raumstation geplant.*

Was macht ein Raumfahrtarchitekt?

Ein Raumfahrtarchitekt erstellt bewohnbare Raumstationen, die entweder auf einem Planeten oder in der Schwerelosigkeit eingesetzt werden. Bei der Gestaltung muss er die jeweiligen Gegebenheiten beachten. Die Raumfahrtarchitekten müssen sich Gedanken über die Wohn- und Arbeitsstätten der Astronauten machen, wie z. B. für den Flug und den Aufenthalt auf dem Mars. Einige der dabei zu beachtenden Gesichtspunkte werden im Folgenden angesprochen.

Psyche

Die Reise zum Mars dauert mindestens 15 Monate. Diese lange Zeit stellt hohe Anforderungen an die Psyche der Astronauten. Der Raumfahrtarchitekt muss dementsprechend gute psychologische Kenntnisse besitzen und bei seinen Planungen dafür sorgen, dass die psychische Belastung der Astronauten durch die Umgebung möglichst gering ist. Mit Privaträumen ist den Astronauten ein Rückzugsort gegeben, durch den auch Lebens- und Arbeitsbereich getrennt werden. Diese Trennung garantiert, dass die Astronauten nicht in Versuchung kommen, in ihrer Freizeit zu arbeiten. Bei der Innengestaltung der Raumstation muss der Architekt beachten, dass die Astronauten für 15 Monate aus ihrem gewohnten Umfeld gerissen werden. Deshalb sollte die Raumstation erdähnlich ausgestattet sein.

Anforderungen

Wenn man eine Raumstation auf dem Mars plant, muss man sich bewusst machen, dass dort ganz andere Bedingungen herrschen als auf der Erde. Die Marsstation muss vor der kosmischen Strahlung schützen, da diese aufgrund der dünnen Atmosphäre und des fehlenden Magnetfelds des Mars nahezu ungehindert auf die Oberfläche auftrifft. Dasselbe gilt für Meteoriten. Natürlich muss die Station auch den Temperaturunterschieden, dem Unterdruck und den auf dem Mars herrschenden Staubstürmen gewachsen sein.

Abbildung 24: Ungünstige Innenarchitektur der ISS, Lebens- und Arbeitsraum sind nicht getrennt. [1]

Der Raumfahrtarchitekt muss sich auch überlegen, wie man alltägliche Aufgaben bei Schwerelosigkeit erledigen kann. Dabei wird er mit neuen Problemen konfrontiert, wie z. B. dem Duschen. Die Wassertropfen fallen im Weltraum nicht herunter, sondern sie schweben herum und können so auch in die Elektronik gelangen. Früher haben sich die Astronauten deshalb mit feuchten Tüchern abgewischt. Für die Haare haben sie Trockenshampoo verwendet.

Heute gibt es in der ISS eine sogenannte Duschkammer, in die sich die Astronauten stellen. Dann wird Wasser eingesprüht, welches sich auf der Haut des Astronauten in kleinen Tröpfchen ablagert. Dieser kann sie dann abwischen und sich auf diese Weise reinigen. Danach werden die verbleibenden Schwebetröpfchen abgesaugt, und der Astronaut trocknet sich ganz normal ab. Da sich die Wassertröpfchen überall ablagern können, also auch in den Augen oder Ohren, ist das Duschen im Weltraum lange nicht so angenehm wie auf der Erde. Um noch effizienter zu duschen (Wasserverbrauch etc.), wollen die Forscher in Zukunft die Wassertröpfchen durch ein elektromagnetisches Feld gezielt auf den Körper lenken.

Autarkie

Betätigt man auf der Erde einen Lichtschalter, geht das Licht an. Dreht man den Wasserhahn auf, strömt sofort Wasser heraus. Hat man Hunger, geht man in den Supermarkt. Eine solche Versorgung funktioniert auf dem Mars jedoch nicht.

Dort spielt es eine wichtige Rolle, dass die Station autark ist. Das bedeutet, sie muss sich selbst mit elektrischer Energie, Wasser, Sauerstoff und Nahrung versorgen können, also unabhängig sein. Unser Experte hat sich bei der Stromversorgung für eine Kombination aus Solar- und Atomenergie entschieden. Eine Solaranlage ist zwar sicherer, jedoch ist diese bei Staubstürmen nutzlos. Deswegen ist der Einsatz eines kleinen Atomkraftwerks als zusätzliche Energiequelle wichtig.

Wie bereits erwähnt, gibt es auf dem Mars Vorkommen von gefrorenem Wasser, mit dem die Marsstation ihren Bedarf decken könnte. Der nötige Sauerstoff ließe sich durch Elektrolyse von Wasser oder der Aufspaltung von CO_2, das zu 95 % in der Marsatmosphäre vorkommt, gewinnen. Die Nahrung würde ein Gewächshaus produzieren, in dem Pflanzen CO_2 und Wasser mithilfe von Chlorophyll und Sonnenlicht in Glukose umwandeln. Nebenbei entstünde nützlicher Sauerstoff.

Aktivitäten

Unser Innenarchitekt wollte eine möglichst genaue Vorstellung davon vermitteln, wie es später in der Marsstation aussehen sollte. Deshalb entschied er sich dazu, mit dem Programm Google SketchUp ein Modell der Inneneinrichtung zu entwerfen. Die Aufgabe der Kursteilnehmer war, ihre eigene Inneneinrichtung zu zeichnen und sich zu überlegen, welche Aspekte beachtet werden müssen.

Abbildung 25: Eine Arbeitsgruppe stellt ihren Entwurf zur Raumgestaltung der Marsstation vor.

Die selbst entworfene Marsstation

Der Experte für die Außenarchitekur baute in seiner Freizeit ein Modell einer Raumstation auf dem Mars, das er sich selber ausgedacht hatte. Dieses Modell (siehe Abb. 26) stellte er uns im Kurs vor und erklärte uns, wie er in seinem Modell die Anforderungen an die Station umgesetzt hatte. Einige seiner Überlegungen sind im Folgenden dargelegt.

Abbildung 26: Der Außenarchitekt stellt seine selbst entworfene Raumstation vor.

Entwurf

Was beim Modell (Abb. 26) sofort ins Auge sticht, ist die große Glaskuppel. Unter dieser befindet sich der Garten. Einzelne Metallgerüste, die Bäumen nachempfunden sind, tragen die Glaskuppel. An diesen „Bäumen“ befestigt sind die einzelnen Wohnmöglichkeiten, die kugelförmig gestaltet sind, da solche Strukturen platzsparend und leicht mit einer Rakete zu transportieren sind. Unter jedem Baum gibt es ein sogenanntes Unterhaltungszentrum, in dem die Forscher ihre Freizeit mit verschiedenen Aktivitäten verbringen können. Um die Glaskuppel verläuft ein Ring, in dem Büros und Werkstätten untergebracht sind. Einzelne fahrbare Forschungsstationen sind um die Raumstation verteilt angeordnet. Diese können bei Bedarf an den Ring andocken und sich gegebenenfalls auch im Boden verankern.

Psyche
Beim vorgestellten Modell wird besonders auf die Trennung des Arbeits- und des Privatraums der Astronauten Wert gelegt. So befinden sich unter der Kuppel der Privat- und Unterhaltungsbereich, während im Ring und in den Forschungsstationen der Arbeitsbereich vertreten ist. Die Forscher jeder Station wohnen in einem gemeinsamen „Baum“, sodass sie immer beisammen sind. Die Wohnmöglichkeiten sind im Sinne von WGs organisiert. Die Unterhaltungszentren unter jedem Baum dienen der Stärkung des Teamverhaltens in den einzelnen Forschungsgruppen. Da in einer Raumstation Forscher aus verschiedenen Ländern leben, sollten sie sich auch mit den anderen Kulturen auseinandersetzen. Damit sich die einzelnen Forschergruppen nicht distanzieren, sollte es mindestens einmal im Monat ein größeres Programm geben, bei dem eine der Gruppen Gastgeber für alle anderen ist. Das Gewächshaus, das zur Erzeugung von Nahrung gebraucht wird, soll auch als eine Art Garten dienen. Die Astronauten haben so „ein Stück Erde“ auf dem Mars.

Forschungsstationen
Dadurch, dass es mehrere Forschungsstationen gibt, kann jedem Team eine einzelne zugeteilt werden. So kann man individuelle Forschungsgruppen zusammenstellen. Entweder können verschiedene Forscher ein Team bilden oder Wissenschaftler eines Fachgebiets teilen sich eine Station. Ein weiterer Vorteil der gesonderten Labors ist die Mobilität; d. h., man kann mit den Stationen auch Expeditionen durchführen oder, wenn kein Bedarf besteht, einfach am Ring angedockt bleiben.

Quellen

[1] http://www.acclaimimages.com/_gallery/_free_images/0124-0611-0118-1136_astronaut_jeffrey_n_williams_floating_in_the_destiny_laboratory_s.jpg (14.11.2011)

[2] http://de.wikipedia.org/wiki/Mars_(Planet) (14.11.11)

[3] M.Widter, Ulrike Schmitzer: 3sat-Dokumentation „Space Architecture“, 2007

Leben auf dem Mars

Julio Magdalena, Laura Viegas, Alicia Grupp
(Astrobiologen)

Bis jetzt haben wir uns nur damit auseinandergesetzt, welche Bedingungen auf dem Mars herrschen und wie sich diese auf die Astronauten auswirken. Doch nun stellen wir uns die Frage, ob es unter den genannten Bedingungen auf dem Mars auch Leben geben kann. Dies ist die Aufgabe der Astrobiologen.

Astrobiologie

Die Suche nach extraterrestrischem Leben beschäftigt die Menschheit seit einigen Jahrzehnten. Wenn es so viele Sterne (100 bis 200 Milliarden) im Milchstraßensystem gibt, und bis heute mehr als 690 Planeten entdeckt wurden, die um andere Sterne kreisen, warum sollte es also nur Leben auf der Erde geben?

Laut den Astrobiologen gibt es drei Faktoren, die die Entstehung von Leben ermöglichen: a) Eine Energiequelle (z. B. ein Stern), b) Kohlenstoffchemie und c) flüssiges Wasser. Da es viele Sterne im Milchstraßensystem als Energiequelle gibt, und Kohlenstoff ein häufiges Element ist, bleibt nur die Frage nach dem flüssigen Wasser. Dieses kann in flüssiger Form wegen der mäßigen Temperaturen, die dort herrschen, nur in der Lebenszone (habitable Zone) eines Sonnensystems existieren.

In unserem Sonnensystem befinden sich Venus, Erde und Mars innerhalb beziehungsweise am Rand der Lebenszone. Obwohl nicht auf all diesen Planeten die optimalen Lebensbedingungen wie auf der Erde herrschen, hätte trotzdem dort Leben entstehen können. Dies zeigen Organismen, die auf unserer Erde unter sehr extremen Bedingungen leben.

Extremophile – No limits for life!

Auch dort, wo man gar kein Leben erwartet, gibt es welches. Diese Lebewesen (in der Regel Mikroorganismen) nennt man Extremophile. Je nach Lebensraum werden sie in verschiedene Gruppen eingeteilt.

Hyperthermophile
Ihr Name bedeutet so viel wie „hitzeliebend“. Sie leben in der nächsten Nähe von Black Smokern. Das sind Tiefseevulkane, aus denen heiße Gase und erhitztes Meerwasser ausgestoßen werden. Dort können Temperaturen über dem Siedepunkt von Wasser entstehen. Hyperthermophile können nur unter solch hohen Temperaturen (400 °C) überleben. Sinkt die Temperatur stark, sterben sie.

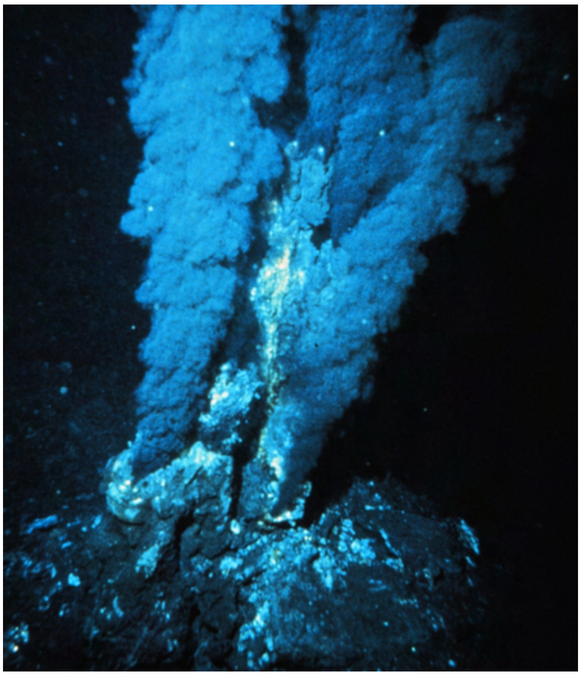


Abbildung 27: Ein Black Smoker – Lebensraum für Hyperthermophile.

Psychrophile
Ein anderes Beispiel für ein Extremophil ist das Psychrophil („kälteliebend“). Sie leben im arktischen Eis. Dort herrschen Temperaturen um −15 °C. Psychrophile benötigen dies, um zu überleben.

Halophile
Auch in Salzseen existieren Extremophile. Diese sind an die hohe Salinität (Salzkonzentration) angepasst. Sie nennen sich Halophile (Salz liebend) oder halotolerante Organismen. Allerdings gibt es hier eine Unterscheidung zwischen schwach, moderat (mittel) und extrem halophil.

Wichtig ist, dass es sich hier nicht nur um Kochsalz handelt, sondern auch um jedes andere Mineralsalz. Bei zu niedriger Salinität (ca. unter 9 %) sterben die Organismen oder stellen ihr Wachstum ein. Der Vergleich mit Meerwasser (ca. 3,4 %) zeigt, dass der Lebensraum der Halophile eine sehr hohe Salinität besitzt.

Bärtierchen – Überlebenskünstler

Extremophile sind allerdings nicht sehr komplexe Lebewesen, sondern meist nur kleine Einzeller. Gibt es auch etwas komplexere Lebewesen, die unter für uns lebenswidrigen Bedingungen überleben können? Ja, es gibt sie! Sie nennen sich Bärtierchen und können verschiedenste Extremsituationen überleben.

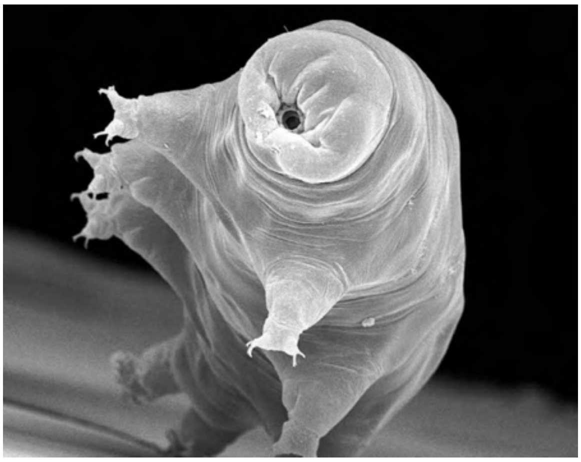


Abbildung 28: Bärtierchen unter dem Mikroskop [4].

Körperaufbau
Bärtierchen sind zwischen 0,2 und 1,2 mm große Tiere und haben einen plumpen, zylindrischen, bauchseitig abgeflachten Körper. Dieser besteht aus fünf, und der leicht abgetrennte Kopf aus drei verwachsenen Segmenten.

Zur Fortbewegung besitzen Bärtierchen acht Stummelbeine, welche gelenklose Ausstülpungen des Rumpfes sind. An jedem Bein sitzen jeweils 4 bis 13 Klauen (siehe Abb. 29). Des Weiteren besitzt das Bärtierchen keine Knochen. Seine Haut ist 0,5 µm dick und besteht aus der Epidermis (untere Hautschicht) und der Cuticula (Außenhaut). Sie ist ein Sekretionsprodukt der Epidermis.

Die Muskeln der Bärtierchen sind dünne Längs-

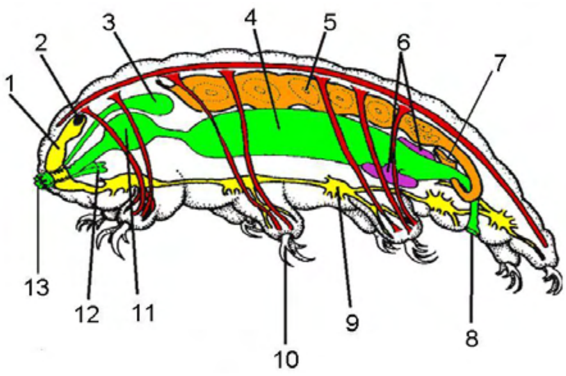


Abbildung 29: Anatomie des Bärtierchens: 1 Gehirn, 2 Auge, 3 Speicheldrüse, 4 Mitteldarm, 5 Eierstöcke, 6 Ausscheidungsorgane, 7 weibl. Geschlechtsorgane, 8 After, 9 Strickleitersystem, 10 Füße, 11 Speiseröhre, 12 Kiefer, 13 Mund, [3].

muskeln, welche meistens nur aus einer Muskelzelle bestehen und an der Haut befestigt sind. Sie brauchen für ihre Arbeit Sauerstoff, welcher durch die Haut diffundiert. Um zu atmen, muss die Haut mit einem dünnen Wasserfilm bedeckt sein. Jegliche Nahrung, die das Bärtierchen zu sich nimmt, muss verdaut werden. Dazu hat es einen Verdauungstrakt, einen von vorn nach hinten durchlaufenden Schlauch, welcher in Mund, Schlund, Speiseröhre, Mitteldarm, Enddarm und After aufgeteilt wird. Der Mund befindet sich endständig oder etwas bauchseitig kurz vor dem Ende des Kopfes.

Das Bärtierchen hat des Weiteren zwei Stiletten (Kiefer) und eine Speicheldrüse (sekretiert Verdauungssäfte), die in den Mund münden und die Verdauung unterstützen (siehe Abb. 29). Nach der vollständigen Verdauung wird die Nahrung auf verschiedene Weise ausgeschieden. Die Epidermis kann Schadstoffe in die Cuticula einbauen, sodass sie bei der nächsten Häutung abgegeben werden, und sie durch den After über spezialisierte Ausscheidungsorgane (malphigische Gefäße) abgeben (siehe Abb. 29).

Um seine Umgebung wahrzunehmen und sich zu Recht zu finden, besitzt das Bärtierchen verschiedene Sinnesorgane. Es hat zwei Augen am Kopf und andere offene Nervenenden auf dem Körper, welche zum Beispiel chemisch gelöste Stoffe in der Luft wahrnehmen. Die Sinnesreize werden über das Strickleiternervensystem weitergeleitet.

Verbreitung

Das Bärtierchen ist weltweit verbreitet und wird anhand des Lebensraums in drei große Gruppen geteilt. Meeres- (marine), Süßwasser- (limnische) und landlebende (terrestrische) Arten. Egal wo sie leben und wie austrocknungsresistent sie sind, zum aktiven Leben müssen sie von einem Wasserfilm umgeben sein. Die Verbreitung der Bärtierchen erfolgt meist passiv. Zum Beispiel werden sie vom Wind oder von Wasserströmungen mitgenommen. Die landlebenden Arten können sich mit ihren Beinen auch aktiv fortbewegen.

Resistenzstadien

Man unterscheidet zwischen sechs Resistenzstadien: die Cyclomorphose, Zysten, Anoxybiose, Osmobiose, Kryobiose und das wohl bekannteste Resistenzstadium, die Anhydrobiose (Überbegriff: Kryptobiose).

Die Anoxybiose schützt – wie der Name schon sagt (an – kein; Oxygen – Sauerstoff) – die kleinen Tierchen gegen Sauerstoffmangel. Diese Situation kann zum Beispiel in großen, ruhenden Wassermassen in einem der Weltmeere auftreten. Sobald die Sauerstoffkonzentration im Umfeld des Bärtierchens sinkt, nimmt es Wasser auf und bläht sich auf. Da kein Sauerstoff vorhanden ist, muss der Stoffwechsel, um zu überleben, anaerob (ohne Nutzung von Sauerstoff) funktionieren. Deshalb wird der Stoffwechsel des Tierchens umgestellt. In diesem Zustand kann ein Bärtierchen bis zu 5 Tage überleben. Die Umwandlung in den Normalzustand – die sogenannte Restitution – dauert einige Minuten bis einige Stunden. Mit dieser Eigenschaft sind Bärtierchen evolutionstechnisch die ersten Organismen, die Sauerstoffmangel ohne, auf lange Sicht gesehen, gesundheitliche Schäden davon tragen.

Die Kryobiose lässt Bärtierchen niedrige Temperaturen (bis zu $-272\,°\mathrm{C}$) überleben. Dabei muss die Temperatur so langsam abfallen, dass sich der Stoffwechsel ideal an die Bedingungen anpassen kann. Die Umstellung des Stoffwechsels besteht hauptsächlich darin, dass das Wasser, welches gefrieren könnte, durch die zuvor freigesetzte Zucker-Trehalose ersetzt wird. Auf diese Weise wird der Stoffwechsel beim Unterschreiten des Gefrierpunkts von Wasser nicht durch das gefrierende Wasser gestoppt. Erst durch diese Methode, sich niedrigen Temperaturen anzupassen, konnten die Bärtierchen Polargebiete und Hochgebirge besiedeln.

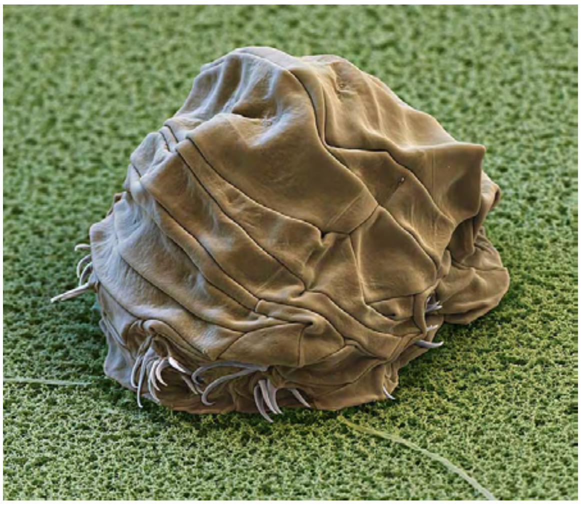


Abbildung 30: Bärtierchen im Tönnchenstadium [1]

Das bekannteste und wissenschaftlich interessanteste Resistenzstadium ist die Anhydrobiose, oder auch Kryptobiose. Sie schützt ein Bärtierchen vor Austrocknung. Sobald das Tierchen realisiert, dass Wasser verloren geht, werden die Beine eingezogen und die Körperfläche auf ein Minimum verkleinert (siehe Abb. 30). Gleichzeitig werden fettlösliche Stoffe ausgeschieden, was die Wasserverdunstung verhindert und welches den Austrocknungsprozess verlängert. Nun wird auch bei diesem Resistenzstadium Trehalose ausgeschüttet, um hauptsächlich dem Verlust wichtiger Stoffe, die an das Wasser gebunden sind, vorzubeugen. Dieser Bildungsprozess des sogenannten Tönnchenstadiums dauert circa 5 h bis 7 h. Neben Austrocknung können die Tierchen in diesem Resistenzstadium viele andere lebenswidrige Situationen, wie zum Beispiel radioaktive Bestrahlung, zum Teil überleben. Während des Tönnchenstadiums liegt der Sauerstoffverbrauch des Tierchens bei Null, und man kann keinen Alterungsprozess bemerken. Sie sind folglich scheintot. Sobald wieder Wasser vorhanden ist, erfolgt innerhalb von 10 Minuten bis zu einigen Tagen die Restitution. Die Dauer hängt von der im Tönnchenstadium verbrachten Zeit ab.

Das Deutsche Zemtrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) hat ein Experiment bezüglich der Bärtierchen durchgeführt. Leiter dieses Experiments waren Dr. Ralph O. Schill und sein schwedischer Kollege Dr. Ingemar Jonsson. Außerdem arbeiteten deutsche Forscher vom DLR und schwedische Forscher von der Uni Stockholm an diesem Experiment. Dieses bestand darin, dass man zwei verschiedene Bärtierchenarten für 10 Tage in der Kryptobiose in eine Höhe von ca. 270 km geschickt hat. Alle Tierchen waren dem Vakuum und der Kälte ausgesetzt, die im Weltraum herrschen. Zusätzlich gab es einige Versuchsgruppen: Eine war außerdem der energiereichen UV-Strahlung des Weltraums, eine andere nur der ionisierenden Strahlung und eine Weitere der Gesamtstrahlung des Weltraums ausgesetzt. Außerdem betrachtete man eine Vergleichsgruppe auf der Erde, um das Ergebnis zum Schluss bewerten zu können. Man hat zwischen den Bärtierchen, die nur dem Vakuum und der Kälte ausgesetzt waren, keine großen Unterschiede zu der Vergleichsgruppe auf der Erde feststellen können. Von denen, die der UV-Strahlung ausgesetzt waren, haben ca. 50 % überlebt. Deren Kinder waren zum größten Teil gesund. Wissenschaftlich von größter Bedeutung war, dass 2 % der Tierchen sogar die kosmische Strahlung überlebten. Kein anderes Lebewesen hätte dies geschafft.

Abbildung 31: Die Astros sind aktiv: Bärtierchenanatomie lernen.

Doch was bringt uns dieses Ergebnis für unser Kursthema, den Mars? Durch die Forschung an diesen Überlebenskünstlern können wir uns besser als zuvor vorstellen, dass es extraterrestrisches Leben geben kann.

Wichtig für die Marsforschung

In der fernen Vergangenheit erfüllte Mars sehr wahrscheinlich die zu Beginn genannten Faktoren, die die Lebensbildung ermöglichen. Es gibt jedoch bisher keine Anzeichen für Leben auf seiner Oberfläche. Dafür ist unter anderem die kosmische Strahlung, die nicht, wie auf der Erde, durch ein Magnetfeld abgeschirmt wird, zu stark. Allerdings vermutet man, dass sich unter der Oberfläche Leben entwickeln konnte, da dort flüssiges Wasser vermutet wird (siehe Beitrag der Planetologen). Um herauszufinden, ob es wirklich flüssige Wasservorkommen oder sogar Leben unter der Oberfläche gibt, wurde die Mission Exo-Mars geplant. Ein Rover soll dabei einige Meter unter die Oberfläche bohren und dort nach möglichen Lebenszeichen suchen.

Quellen

[1] http://www.geo.de/div/image/63774/baertierchen-tot-zusammengefaltet-toennchen-ferntransport-wind-gross.jpp

[2] http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6f/Blacksmoker_in_Atlantic_Ocean.jpg

[3] http://www.plingfactory.de/Science/Atlas/KennkartenTiere/Tardigrada/TardigradaMorph/TardigradaMorph4.gif

[4] http://ais.badische-zeitung.de/piece/00/4e/c5/d2/5162450.jpg

Quellen entnommen am 24.09.2011

Miniforschung in Gruppen

Das durch die Vorträge erworbene Wissen sollte nun auch praktisch angewandt werden. Daher wurden drei Teams aus unterschiedlichen Spezialisten gebildet, die sich mit den folgenden Forschungsaufgaben befassten: Ernährung im Weltall, Bärtierchenforschung und der Massebestimmung in Schwerelosigkeit. Ein wichtiger Aspekt dabei war die interdisziplinäre Arbeit, bei der Teamfähigkeit und Organisationstalent gefordert waren bzw. gefördert wurden.

Ernährung im Weltraum

Daniel Kirchhoff, Alicia Rohnacher

Ziel unserer Gruppenarbeit war zum einen das Herstellen eines Speiseplans für Astronauten. Dabei musste beachtet werden, dass an das Essen im All andere Anforderungen gestellt werden als auf der Erde, sowohl an die Inhaltsstoffe als auch an die Verpackung. Zum anderen sollten die Mahlzeiten, die der Speiseplan enthält, auch von uns hergestellt werden.

Der Nährstoffbedarf eines Menschen

Der tägliche Energiebedarf des Menschen berechnet sich aus Grund- und Leistungsumsatz. Der Grundumsatz beschreibt die Menge an Energie, die ein Mensch ohne Bewegung braucht. Er ist abhängig von seiner Masse (m in kg), seinem Alter (t in Jahren) und seiner Größe (h in cm) und berechnet sich wie folgt in kcal/Tag:

$$66,47 + 13,7 \cdot m + 5 \cdot h - 6,8 \cdot t$$

Ein durchschnittlicher Astronaut von 27 Jahren, 180 cm Größe und einer Masse von 80 kg hat am Tag daher einen Grundumsatz von 1879 kcal. Diesen muss man anschließend mit einem arbeitsabhängigen Faktor multiplizieren (Leistungsumsatz), um den Gesamtenergiebedarf zu erhalten. Für die Tätigkeiten eines Astronauten beträgt er 1,6. Mit diesem Faktor kommt man auf einen Gesamtenergieumsatz von ca. 3000 kcal.

Schmecken in Schwerelosigkeit – ein Experiment

Den Effekt des nachlassenden Geschmacksvermögens bei erhöhtem Blutdruck im Kopf wollten wir nachprüfen und führten dazu das in Abb. 32 sichtbare Experiment durch, welches im Folgenden beschrieben wird: Zu Beginn wird der Mund mit Wasser ausgespült, sodass keine Geschmacksverfälschung stattfindet. Daraufhin essen die Probanden ein Stück Schokolade und prägen sich den Geschmack ein. Anschließend wird der Mund erneut mit Wasser ausgespült. Jetzt machen die Probanden drei Minuten lang einen Kopfstand, um die stärkere Durchblutung des Kopfes zu simulieren. Zur

	Gewicht [g]	Energie [kcal]	Proteine [g]	Kohlenhydrate [g]	Fett [g]	Ballaststoffe [g]
Tagesbedarf		3000	100	420	90	>10
Frühstück						
getrocknete Aprikosen	55	140,8	2,75	26,4	0,275	
Joghurt	200	145	10	12,4	3,6	10
Haferflocken	50	200	7	33	3,5	3,5
Mittagessen						
Terrine	189	663	20,1	100	18,9	12
Paradiescreme	90	108	3,42	15,66	3,42	1,17
Abendessen						
Kartoffelpüree	200	212	6	32	6	6
Fleischbällchen	100	280	14	11	20	0
Karotten	100	29	1	6	0	3
Snack						
Apfelringe	75	223,5	1,275	51,3	1,5	10,35
Studentenfutter	75	371,25	8,25	28,5	24	0
Gummibärchen	100	343	6,9	77,4	0,1	0
Gesamt	1236 (ohne Wasser)	3104	109	510	108	49

Die Angaben beziehen sich auf einen 27-jährigen, 1,80 m großen und 80 kg schweren Mann.

Polsterung des Kopfes werden Kissen verwendet. Dann wird ein weiteres Stück Schokolade gegessen.

Abbildung 32: „Geschmacksexperiment“

Alle Probanden waren der Meinung, dass die Schokolade nach dem Kopfstand „wie durch Glas geschmeckt“ habe. Einige weitere Folgeerscheinungen waren Kopfweh und ein eingeschränktes Hörvermögen. Man sollte dieses Experiment also nicht zu lange ausdehnen...

Das Tagesmenü für einen Astronauten – Theorie

Beim Erstellen eines Speiseplans muss auf strenge Ernährungsrichtlinien geachtet werden. Nun müssen Lebensmittel ausgewählt werden, aus denen drei schmackhafte Mahlzeiten und 2 Snacks hergestellt werden können, die einigermaßen gut haltbar sind und gleichzeitig den täglichen Normen entsprechen. Im Großen und Ganzen ist das nichts weiter als ein großes Puzzlespiel, das es zu lösen gilt.

Abbildung 33: Erstellen des Speiseplans.

Das Tagesmenü für einen Astronauten – Praxis

Zum Herstellen unserer Mahlzeiten durften wir die Leiterküche benutzen (die danach bestimmt noch viel sauberer aussah als zuvor). Zuerst wurde das Frühstück zubereitet. Die Aprikosen wurden zerschnitten und mit Joghurt und Haferflocken in einer Tüte vermischt.

Astronauten im All könnten sich das Essen nun direkt aus der Tüte in den Mund drücken. Danach stellten wir noch das Mittagessen und das

Abbildung 34: Herstellen des Astronautenfrühstücks.

Abendessen her. Für das Abendessen wurden Karotten und Hackfleisch püriert und mit Kartoffelbrei vermischt. Diese festere Masse könnte ein Astronaut auch mit einem Löffel essen, da das Essen am Löffel kleben bleiben würde, so dass es gefahrlos gegessen werden kann.

Im Vergleich zu dem theoretischen Zusammenstellen des Speiseplans, war dieser Teil unserer Gruppenarbeit abwechslungsreicher, da man nun praktisch arbeiten konnte und vor allem auch ausprobieren konnte, wie Astronauten im All ihre Mahlzeit im All zu sich nehmen könnten.

Die richtige Verpackung

Ein weiteres Problem war nun, eine richtige Verpackung für unsere Mahlzeiten zu finden.

Bei Schwerelosigkeit kann man z. B. nicht einfach aus einem offenen Glas (saugend) trinken, da die Gefahr groß ist, dass die Flüssigkeiten mehr oder weniger fein verteilt durch den Raum schweben können. Deshalb müssen Getränke, wie unser Kaffee, mit einem Röhrchen aus einem geschlossenen Gefäß getrunken werden. Das lose Kaffeepulver könnte man auch in einem leeren Teebeutel verpacken. Dann muss der Beutel (z. B. innerhalb des Gefäßes) nur noch mit heißem Wasser in Kontakt gebracht werden und schon kann man einen einigermaßen schmackhaften Kaffee genießen. Auch die Paradiescreme kann nicht einfach so verrührt werden. Das Vermischen von Pudding- und Milchpulver mit Wasser muss ebenso innerhalb eines geschlossenen Behälters erfolgen (oder, wie bei uns, durch Schütteln in einer kleinen Tüte). Wie das Frühstück kann man den Pudding nun direkt aus der Tüte in den Mund drücken.

Abbildung 35: Das Team der „Weltraumcaterer“ mit den hergestellten Mahlzeiten

Quellen

[1] http://www.novafeel.de/ernaehrung/kalorientabelle/kalorientabelle.htm

Bärtierchenforschung

Kevin Jablonka

Wir machten uns auf die Suche nach lebenden Bärtierchen. Unser erklärtes Ziel war es, sie in das Tönnchenstadium zu versetzen. Allerdings stießen wir dabei auf einige Probleme …

Die Suche nach Bärtierchen – Bärtierchen ins Labor holen

Da Bärtierchen bevorzugt in feuchtem Moos (auf Kalkstein) leben, begaben wir uns auf die Suche nach diesem. Allerdings machte uns die Trockenheit einen Strich durch die Rechnung – unsere Suche wurde sehr erschwert.

Wir weichten das gefundene Moos ein, um die Tierchen „hinauszuspülen“. Später nahmen wir mit der Pipette Tropfen des „Bärtierchen–Elexiers“ und brachten diese auf einen Objektträger mit Mulde auf, welche wir dann mit einem Deckglas abdeckten. Nun konnte die Bärtierchensuche unter dem Mikroskop beginnen.

Bärtierchen unter dem Mikroskop

Auch die Bärtierchen selbst machten uns die Forschung nicht sehr leicht. Zum Einen kamen sie in unserem Moos nicht sehr zahlreich vor und zum Anderen „versteckten“ sie sich unter Moosstückchen. Zum Glück sind die Bärtierchen relativ groß und konnten so schon mit einer geringen Vergrößerung entdeckt werden. So suchten wir die Probe Reihe für Reihe ab und wurden schließlich fündig.

Abbildung 36: Die fleißigen und unermüdlichen Bärtierchenforscher auf der Suche nach Bärtierchen.

Die gefundenen Bärtierchen wollten wir dann genauer kennenlernen. Zum Bestimmen der Größe verwendeten wir eine Millimeterpapier-Folie. Diese legten wir über den Objektträger und fotografierten durch das Okular. Anschließend konnten wir auf dem Foto die Länge des 1-mm-Balkens und des Bärtierchens messen (siehe Abb. 37) und dann mittels einer Verhältnisgleichung ausrechnen, wie groß das Bärtierchen ist.

Wir beschäftigten uns nicht nur mit der Größe, sondern auch mit dem Verhalten dieser Lebe-

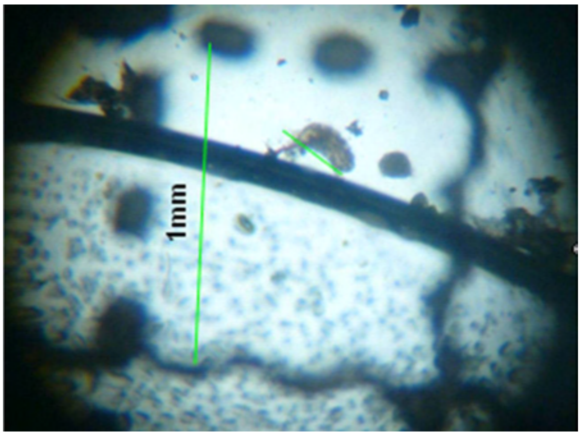


Abbildung 37: Die Millimeterpapier-Folie und das Bärtierchen durch das Okular fotografiert. Der 1-mm-Balken ist grün markiert. Die Länge des Bärtierchens (oben rechts) wurde so zu 0,22 mm bestimmt.

wesen. Dabei fiel uns auf, dass Bärtierchen ihre Pfoten als „Multifunktionswerkzeuge“ verwenden. Sie halten mit ihnen ihre Nahrung (Moos und andere kleinere Mikroorganismen) und bewegen sich auch damit fort.

Abbildung 38: Zum Studium des Verhaltens der Bärtierchen wurde fotografiert und gefilmt, wie es in der Abbildung zu sehen ist. Am Ende konnten wir deshalb eine stattliche Sammlung an Bildmaterial vorweisen.

Wie schon genannt, war unser größtes Ziel, die Bärtierchen dazu zu bringen, dass sie verschrumpeln, also in das Tönnchenstadium kommen. Um sie in dieses Stadium zu bringen, wollten wir das Wasser langsam verdunsten lassen. Die Objektträger, die wir verwendeten, hatten eine Mulde – so wurden die Bärtierchen während des Austrockens nicht an das Deckglas gepresst. Aber auch hier mussten wir einen Rückschlag erleiden, denn die Bärtierchen waren über die Nacht verschwunden.

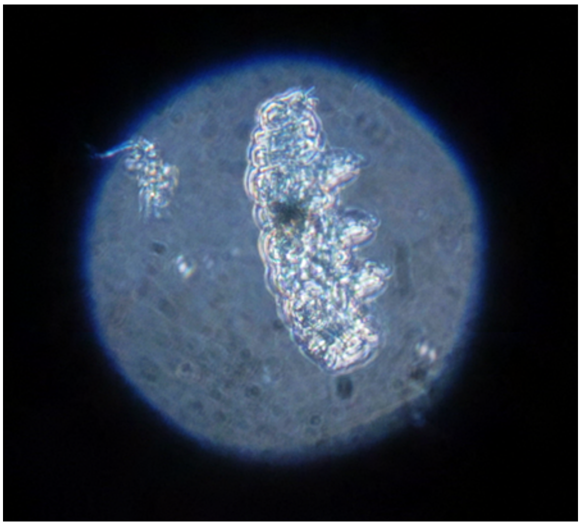


Abbildung 39: Lynton Tardigradus – das nach unserem Schülermentor benannte Bärtierchen.

Im Nachhinein...
können wir empfehlen, Moos vom Heidelberger Königstuhl, das wir bei der Exkursion zum MPIA sammelten, zu verwenden. Dieses erwies sich bei uns als besonders ergiebig. Man sollte auch ziemlich viel Zeit und Geduld haben, da man nie weiß, auf was man stößt, oder ob man überhaupt auf etwas stößt. Wir haben gesehen, dass Forschung sehr frustrierend sein kann, man aber trotzdem nicht aufgeben darf. Wahrscheinlich hatten wir einfach nur Pech und zu wenig Zeit und konnten deshalb nicht alle Ziele erreichen. Aber eins ist ganz klar: Bärtierchen sind wirklich faszinierende Lebewesen!

Schwingungswaage – Wiegen in Schwerelosigkeit

Julio Magdalena, Josias Old, Julian Danzer

Auf der Erde bestimmt man die Masse eines Körpers in der Regel durch die Messung der Gewichtskraft. Das ist durch die Schwerkraft der Erde möglich. In der Schwerelosigkeit funktioniert dies natürlich nicht. Doch wie bestimmt man die Masse der Astronauten während des Aufenthalts im Weltraum? Dieser Frage ist eine Teilgruppe unseres Kurses auf den Grund gegangen. Mit Hilfe eines Spezialisten unseres Teams sind wir zu einer auch auf der Erde nutzbaren Lösung gekommen: einer Schwingungswaage (auch Federwaage genannt). Das Prinzip einer solchen Waage besteht darin, das zu messende Objekt in Schwingung zu versetzen, die Periodendauer zu messen und daraus die Masse zu errechnen. Wir fertigten mit einfachen Mitteln das Modell einer Schwingungswaage an und testeten es.

Versuchsaufbau
Aus der Physiksammlung des Eckenberg-Gymnasiums konnten wir uns Federn, ein Versuchswägelchen, Massestücke, eine Waage, Stoppuhren und etwas Stativmaterial ausleihen. Außerdem benötigten wir Klebeband zur Befestigung der Massestücke auf dem Wägelchen.

Abbildung 40: Die Gruppe beim ersten Test der endgültigen Waage (im Hintergrund).

Nachdem wir wussten, dass wir eine Schwingungswaage bauen sollten, machten wir uns Gedanken, wie man diese auf der Erde am besten nachstellt. Uns wurde schnell klar, dass wir das Massestück waagerecht schwingen lassen müssen. So kamen wir zunächst zu der Idee, das Gewicht frei hängend zwischen zwei Federn schwingen zu lassen. Bereits beim ersten Test merkten wir jedoch, dass das Gewicht auch vertikal schwingt und sich nicht gleichmäßig genug bewegt. Daher mussten wir diese Version verwerfen. Schließlich stellten wir das Gewicht mit dem Wägelchen auf einen Tisch und befestigten es an beiden Enden an je einer Feder zwischen zwei Stativstangen. So bewegte sich das Massestück sehr gerade und gleichmäßig (siehe Abb. 41). Zwar kommt nun zur Masse noch die des Wagens hinzu. Diese kann man jedoch vom Ergebnis abziehen.

Abbildung 41: Physik macht Spaß!

Funktionsweise
Das zentrale Element der Schwingungswaage ist die Schraubenfeder. Durch einmalige Krafteinwirkung in Richtung der Federachse wird diese in Verbindung mit dem Massestück in Schwingung versetzt, d. h. sie zieht sich periodisch zusammen und dehnt sich wieder aus. Die Dauer einer Periode (T) hängt zum einen von der Härte der Feder (D) ab. Diese gibt an, mit welcher Kraft man die Feder ziehen muss, um eine bestimmte Auslenkung zu erreichen. Zum anderen hängt die Schwingungsdauer von der gesuchten Masse m ab. Die Größen T, D und m stehen in einem gewissen Zusammenhang, mit dem wir anfangs unsere Probleme hatten. Es stellte sich schließlich heraus, dass der uns gegebene Zusammenhang ($m = D \cdot T^2$) nur eine Proportionalität und keine Gleichung war. Korrekt ist also: $m \propto D \cdot T^2$. Uns fehlte noch die Proportionalitätskonstante, die wir schließlich herausfanden: $1/4\pi^2$ Damit hatten wir die Gleichung zur Bestimmung der gesuchten Masse:

$$m = \frac{D \cdot T^2}{4\pi^2}$$

Anwendung
Um die Messung zu starten, lenkt man mit der Hand den Wagen in eine Richtung aus und lässt ihn los. Daraufhin schwingt der Wagen mehrere Perioden lang, deren Dauer man mit einer Stoppuhr messen kann. Die Periodendauer der Federschwingung verlängert sich bei steigender Masse aufgrund der Masseträgheit. Die Genauigkeit der Massebestimmung steigt mit der Präzision der Messung der Periodendauer. Da die relativ kurze Zeitdauer einer Schwingung (in unserem Fall ca. 2/3 Sekunde) mit einer Stoppuhr nicht sehr genau messbar ist, überlegten wir uns zwei Wege zur Steigerung der Genauigkeit. Einmal maßen wir die Zeit über 10 Perioden hinweg und teilten diese durch zehn. Zum anderen nahmen wir ein Video auf. Da dieses aus 25 Einzelbildern in der Sekunde besteht, konnten wir anschließend mit Hilfe eines Filmschnittprogramms die Zeit einer Periode auf 1/25 Sekunde genau messen. Beide Methoden erwiesen sich als sehr genau und wir konnten die Messungenauigkeiten auf weniger als 3 Gramm reduzieren!

Abbildung 42: Vorversuche zur Kalibration der Federwaage: Bestimmung der Härte verschiedener Schraubenfedern.

Kalibration der Schwingungswaage
Zuerst muss die Federhärte bestimmt werden, indem man verschiedene bekannte Massen an

die Federn hängt und misst, wie weit diese heruntergezogen werden.

Massebestimmung
Mit der fertig gestellten Schwingungswaage konnten wir nun mit den ersten Testmessungen beginnen. Zunächst wurde die Masse des Wagens ermittelt. Diese beträgt 272 g und muss am Ende vom Ergebnis subtrahiert werden.

Abbildung 43: Die fertige Schwingungswaage.

Test 1:
Wir legten ein Massestück mit der Masse m_{Test1} auf den Wagen und maßen eine Periodendauer von 0,80 s.

$$m = \frac{D \cdot T^2}{4\pi^2} = \frac{35{,}04\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}} \cdot (0{,}8\,\mathrm{s})^2}{4\pi^2} \approx 0{,}568\,\mathrm{kg}$$

$$m_{\text{Test1}} = 0{,}568\,\mathrm{kg} - 0{,}272\,\mathrm{kg} = 0{,}296\,\mathrm{kg}$$

Die tatsächliche Masse betrug 250 g, die Messungenauigkeit lag somit bei 46 g Abweichung. Wir führten die große Abweichung auf die ungenaue Zeitmessunmg (über zu wenige Perioden) zurück.

Test 2:
Wir legten nun ein zweites Massestück mit der Masse m_{Test2} auf den Wagen. Die Periodendauer bestimmten wir nun aus dem Mittel von 10 Perioden. Sie betrug 0,65 s.

$$m = \frac{D \cdot T^2}{4\pi^2} = \frac{35{,}04\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}} \cdot (0{,}65\,\mathrm{s})^2}{4\pi^2} \approx 0{,}375\,\mathrm{kg}$$

$$m_{\text{Test2}} = 0{,}375\,\mathrm{kg} - 0{,}272\,\mathrm{kg} = 0{,}103\,\mathrm{kg}$$

Die tatsächliche Masse betrug 100 g. Damit lag der absolute Fehler bei nur 3 g. Ein erster Schritt der Verbesserung der Messgenauigkeit war getan.

Exkursion zum Max-Planck-Institut für Astronomie (MPIA) und zur Landessternwarte Heidelberg

Daniel Kirchhoff, Alicia Rohnacher

Am Montag, den 5. 9. 2011 unternahm der Astronomiekurs zusammen mit dem Physikkurs eine Exkursion zum MPIA in Heidelberg. Eigentlich war für den Astro-Kurs eine Exkursion nach Stuttgart geplant, aber diese musste leider abgesagt werden. Deshalb entschädigten uns Cecilia und Olaf mit einem tollen Tag am Max-Plank-Institut für Astronomie auf dem Königsstuhl in Heidelberg. Direkt nach dem Frühstück machten wir uns auf den Weg nach Osterburken. Dort stiegen wir in einen Zug nach Heidelberg. Nach 1,5 Stunden Zugfahrt durch das schöne Neckartal kamen dort an und fuhren dann mit der Bergbahn auf den Königsstuhl. Allein das war eigentlich schon die Reise wert gewesen.

Abbildung 44: Tor der Landessternwarte Heidelberg.

Weiter ging es zur Landessternwarte, wo Cecilia und Olaf etwas über deren Entstehungsgeschichte und später über einige Teleskope, die wir besichtigen durften, erzählten. Nach einer Pause, während der wir die hart erkämpften Brötchen vom Frühstückstisch verzehrten, gingen wir weiter zum eigentlichen Institut. Dort hörten wir einen Vortrag über Infrarotastronomie (siehe Physikkurs), bevor wir uns von den Physikern trennten. Olaf erzählte uns nun einiges über die Teleskope, an denen das MPIA mitgearbeitet hatte, zum Beispiel das Large Binocular Telescope und denen des Calar-Alto-Observatoriums.

Nachdem uns Olaf und Cecilia ihr Büro gezeigt hatten, machten wir uns auf zum nächsten Vortrag. Hier ging es um die Suche nach Exoplaneten und extraterrestrischem Leben, zwei wichtige Ziele des MPIA. Exoplaneten sind Planeten, die um einen anderen Stern kreisen. Man sucht diese auf verschiede Weisen. Z. B. kann man nach winzigsten Helligkeitsschwankungen des Sterns suchen, die dadurch entstehen, dass der Planet vor dem Stern vorbeizieht und dieser dadurch minimal dunkler wird. Diese Helligkeitsschwankngen misst man mit den Satelliten, die für die Exoplanetensuche gebaut sind, CoRoT und Kepler, oder mit großen Teleskopen auf der Erde. Diese Methode hat allerdings den Nachteil, dass man nur Planeten entdeckt, die von uns aus gesehen direkt vor dem Stern vorbeilaufen. Darum bedient man sich einer zweiten Methode, bei der man überprüft, ob der Stern leicht wackelt. Der Exoplanet muss schließlich auch den Stern anziehen, und da er sich um den Stern herum bewegt, schwankt dessen Position ein wenig.

Mit viel Glück kann man einen Exoplaneten auch fotografieren, aber das ist so, als wolle man ein Glühwürmchen aus mehreren Kilometern Entfernung neben einem Flutlichtmasten erkennen. Daher muss man das Licht des Sterns abdunkeln. So sind aber nur sehr wenige der inzwischen knapp 700 bestätigten Exoplaneten entdeckt worden. Hat man nun einen Exoplaneten gefunden, will man wissen, ob Leben dort möglich wäre. Hier geht man von den Bedingungen aus, die Leben auf der Erde benötigt, da man sonst auf jedem Planeten Leben vermuten könnte. Uns bekanntes Leben benötigt flüssiges Wasser, und somit muss der Planet in der sogenannten habitablen Zone liegen. Dies ist der Bereich, in dem an der Oberfläche dauerhaft flüssiges Wasser existieren kann. Nimmt man diese Bedingung an, sind nur noch sehr wenige der bestätigten Exoplaneten in der Lage, Leben zu beherbergen. Trotzdem glauben wir und die Wissenschaftler fest daran, dass außerirdisches Leben existiert.

Abbildung 45: Das Haus der Astronomie auf dem Königstuhl in Heidelberg.

Bevor wir das MPIA verließen, machten wir noch eine Pause auf dem Dach des Instituts. Eigentlich wollten wir anschließend die Baustelle des Hauses der Astronomie besichtigen, doch dazu fehlte uns leider die Zeit. Darum gingen wir sofort weiter in die Redaktion der Zeitschrift „Sterne und Weltraum“ (SuW), wo uns der Geologe Dr. Tilmann Althaus einige Fragen beantwortete. Wir wollten zum Beispiel wissen, ob die rote Farbe des Mars wirklich nur vom Eisen-III-Oxid stammt, oder ob es Grundwasser auf dem Mars gibt. Es ist tatsächlich so, dass die Farbe des Mars vom Eisen-III-Oxid stammt und es ist sehr wahrscheinlich, dass es früher flüssiges Wasser auf dem Mars gab. Bevor wir Heidelberg verließen, durften wir uns noch ein paar alte SuW-Ausgaben aussuchen, die wir dann auch gleich auf der Heimfahrt durchlasen. Ein toller Tag war zu Ende.

Nachthimmel über dem LSZU in Adelsheim

Laura Viegas, Alicia Grupp

Fast jeden Abend gegen 21:15 Uhr versammelte sich der Astronomiekurs auf dem Sportplatz des LSZU, um den Sternenhimmel über Adelsheim zu erkunden. Olaf und Cecilia zeigten uns einige hilfreiche Tricks, mit denen man die Sternenbilder einfacher finden kann. Hierfür gibt es mehrere Beispiele:

Wenn man die Achse durch die beiden hinteren Kastensterne des Großen Wagens um ihr Fünffaches verlängert, gelangt man zum Polarstern, welcher den Himmelsnordpol markiert (siehe Abb. 46). Um diesen kreisen alle Sternbilder, Jene, die das ganze Jahr zu sehen sind, nennt man zirkumpolar.

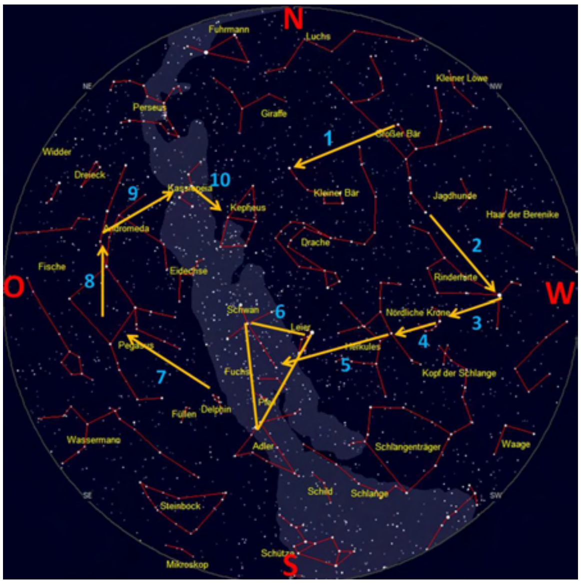


Abbildung 46: Auf der Sternkarte sind die folgenden Sternbilder des Sommerhimmels zu sehen (die Pfeile zeigen die im Text genannten Verbindungen zwischen verschiedenen Sternbildern an): 1. Große Bärin → Polarstern, 2. Große Bärin → Rinderhirte, 3. Rinderhirte → Nördliche Krone, 4. Nördliche Krone → Herkules, 5. Herkules → Sommerdreieck, 6. Sommerdreieck, 7. Delfin → Pegasus, 8. Pegasus → Andromeda, 9. Andromeda → Kassiopeia, 10. Kassiopeia → Kepheus.

Verlängert man hingegen den Bogen der Deichsel des Großen Wagens, so findet man Arktur, den hellsten Stern des Sternbildes Bärenhüter bzw. Rinderhirte (Bootes; siehe Abb. 46). Zieht man von diesem Stern eine Linie nach Osten, erreicht man Gemma, den hellsten Stern des Sternbilds Nördliche Krone (Corona Borealis). Dieses ist ein Halbkreis aus sieben noch gut sichtbaren Sternen.

Verlängert man die Linie von Arktur zu Gemma weiter nach Osten, entdeckt man das Sternbild Herkules. Es liegt damit zwischen der Leier und der Nördlichen Krone (siehe Abb. 46). Ein Trapez aus Sternen bildet seinen Körper, aber zur Frage, wie die Arme und Beine angeordnet sind, findet man von Quelle zu Quelle sehr verschiedene Angaben. Außerdem handelt es sich um kein zirkumpolares Sternbild; man kann Herkules nur am Sommerhimmel finden.

Schaut man weiter nach Südosten erreicht man die Mitte des markanten Sommerdreiecks (siehe Abb. 46). In jeder Jahreszeit gibt es ein augenfälliges Vieleck am Himmel, das das Auffinden von Sternbildern erleichtern soll. Neben dem eben genannten Sommerdreieck (Deneb, Wega und Atair) gibt es auch das Frühlingsdreieck (Regulus, Arktur und Spika), das Herbstviereck (Algenib, Scheat, Markab und Sirrah) und das Wintersechseck (Kapella, Aldebaran, Rigel, Sirius, Prokyon und Kastor). Das Herbstviereck wird auch als Pegasusviereck bezeichnet, da sich alle Sterne bis auf Sirrah im Sternbild Pegasus befinden.

Am nördlichen sehr hellen Stern des Sommerdreiecks, Wega, befindet sich die Leier mit vier weiteren etwas schwächeren Sternen an den Eckpunkten ein kleinen Parallelogramms. Der Stern Deneb bildet die mitten in der Milchstraße gelegene Ecke des Dreiecks. Er ist die Schwanzfeder des Schwans (Cygnus), einer kreuzförmigen Sternenformation. Der Schwan scheint entlang der Milchstraße zu fliegen. Sein Kopf wird von dem hellen Doppelstern (zwei eng beieinander stehenden Sternen) Albireo geprägt. Atair ist der südliche Stern des Sommerdreiecks und der hellste Stern im Sternbild Adler (Aquila), welcher leicht aufzufinden ist. Atair liegt in einer kleinen Dreierreihe von Sternen. Diese deuten die Schwanzfedern des Adlers an.

Durch das Sommerdreieck verläuft die Milchstraße, die „Innenansicht“ unserer Heimatgalaxie. Sie ist als milchiges, trübes Band am Himmel zu erkennen. Zwischen Deneb und Atair befindet sich der Pfeil, ein eher kleines Sternbild. Er besteht aus vier Sternen und zeigt in Abbildung 46 in Richtung Osten. Ein weiteres Stück östlich ist das kleine aber auffällige Sternbild Delfin (Delphinus). Es besteht aus einer kleinen Raute und einem kurzen Schwanz, der in Abbildung 46 in Richtung Süden zeigt. Das Sternbild erinnert an einen Papierdrachen.

In Richtung Osten erkennt man in den Sommermonaten über dem Horizont ein quadratähnliches Viereck, das den Körper des Sternbildes Pegasus darstellt. Im Herbst ist das Pegasusviereck weiter im Süden. An den nordöstlichen Stern des Herbstvierecks schließt sich in Abbildung 46 weiter in Richtung Osten das Sternbild Andromeda an. Am Gürtel der Andromeda sieht man einen kleinen, milchigen Fleck, die Andromedagalaxie (M 31), unsere Nachbargalaxie. Im Nordwesten erkennt man das auffällige „Himmels-W“ – das Sternbild Kassiopeia. Weiter nördlich befindet sich das fünfeckige Sternbild Kepheus. Es erinnert an das „Haus vom Nikolaus“, dessen Spitze Richtung Norden zeigt.

Am Anfang zeigten und erklärten uns Olaf, Cecilia und Lynton die Sternbilder noch mit einem Laserpointer. Danach teilten wir uns in fünf Gruppen zu je drei Kursteilnehmern auf, um das Präsentieren der Sternbilder und das Erzählen der griechischen Mythen für die Nachtwanderung zu üben. Wir hielten aber nicht nur nach gewöhnlichen Sternbildern Ausschau, sondern auch nach einigen speziellen Objekten am Himmel. Der mittlere Stern Mizar in der Deichsel des großen Wagens ist beispielsweise ein Doppelstern (wenn auch nur ein scheinbarer), d. h. man sieht bei genauem Hinsehen zwei dicht nebeneinander liegende Sterne. Auch die ISS (Internationale Raumstation) sahen wir einige Male über unsere Köpfe fliegen.

Abbildung 47: Beobachten durch das Schulteleskop

Einige andere Objekte lassen sich dagegen nur mit dem Teleskop auffinden. Zum Ausrichten des Teleskops müssen zwei Sterne angepeilt werden. Nach dieser Justierung war es möglich, mit dem Teleskop andere Objekte am Himmel aufzusuchen und zu beobachten, wie z. B. den Hantelnebel im Sternbild des Füchschens. Dies ist ein planetarischer Nebel, in dessen Mitte ein Weißer Zwerg liegt. Auch die Andromedagalaxie im Sternbild Andromeda sahen wir als verschwommenen Fleck am Himmel. Sie ist das fernste noch mit bloßen Augen sichtbare Objekt am Nachthimmel.

Quellen

[1] http://www.sternenhimmel-aktuell.de/Sternhaufen-Herkules.htm

[2] http://www.sternenhimmel-aktuell.de/Sommerdreieck.htm

[3] Martin Rees, das Universum, Dorling Kindersley Verlag GmbH, Starnberg 2006

Wir vom Astrokurs

„Bärtierchen!“ war der Schlachtruf unseres Kurses, der unseren Zusammenhalt ausdrückte. Wie das Bärtierchen haben wir alle Extremsituationen als Gemeinschaft ohne bleibende Schäden überstanden. Teamarbeit war immer selbstverständlich. Das ist unser Kurs:

Alicia Grupp Alicia war unsere absolute Bärtierchenspezialistin. Mit ihrem Wissen half sie uns allen, im Dschungel der biologischen Fachbegriffe zurechtzukommen und auch bei der Gruppenarbeit war sie mit vollem Körpereinsatz dabei. Neben dem Kurs war Alicia vor allem in der Theater-KüA aktiv, in der sie ihre schauspielerischen Talente unter Beweis stellen konnte.

Alicia Rohnacher Alicia beeindruckte uns mit ihrer konzentrierten und ruhigen Arbeitsweise immer wieder aufs Neue. Egal, ob bei den Vorbereitungen für die Nachtwanderung oder in der Küche beim Kochen von Astronautennahrung, auf Alicia war immer Verlass. Auch in der Jogging-KüA war sie jeden Morgen mit viel Power dabei, Spontanität zeigte sie auch im Theater als sie kurzerhand vor der Aufführung noch eine weitere Rolle übernahm, deren Schauspielerin ausfiel.

Carolin Kimmig Carolin, mit ihrer stets freundlichen Art, war begeistert von der Astronomie. Das merkte man nicht nur an ihrem spannenden Vortrag über die Geologie des Mars, sondern auch, wenn es darum ging, die Sternbilder am Sternenhimmel zu finden und ihre Geschichten zu erzählen. Auch bei der Bärtierchensuche war sie sofort mit dabei und suchte solange, bis sie eins gefunden hatte.

Daniel Kirchhoff Klein aber oho! Daniel haben wir unsere geniale Abschlusspräsentation zu verdanken! Ohne seine Überstunden hätten wir es nie geschafft, alle einzelnen Folien in einer gesamten Präsentation zu zeigen. Seine Kenntnisse über Raketen und die orangenen Flecken in seinen Augen faszinierten nicht nur uns. Wenn man Daniel abends während der KüA-Schiene suchte, gab es eigentlich nur zwei Möglichkeiten: Entweder er machte Überstunden oder er war beim Bärenzählen, denn Daniel war der Erste der Akademie, der die Prüfung bestand.

Johanna Kroll Obwohl es sich herausstellte, dass unsere Hockeyspielerin aus dem Glottertal kiwisüchtig ist, hat der unfreiwillige Kiwientzug ihre gute Laune und ihre hilfsbereite Art in keiner Weise beeinträchtigt. Auch bei unserem Nahrungsprojekt war sie mit vollem Eifer dabei und hat mit Freude eine sehr leckere Frühstückspampe hergestellt. Auf jeden Fall sind wir froh, dass sie den weiten Weg aus dem tiefen Schwarzwald auf sich genommen hat, um mit uns zusammenzuarbeiten.

Josias Old Josias war nicht nur immer gut gelaunt, sondern munterte oftmals auch den ganzen Kurs auf, unter anderem mit seinen Gesangseinlagen. Er glänzte nicht nur mit seinem Fachwissen zur Innenarchitektur und der Schwingungswaage, sondern warf in manchen Situationen auch die springende Idee in den Raum.

Julian Danzer Wenn man eine Frage zu Raketen und Raumfahrt hatte, war Julian immer der richtige Ansprechpartner. Aber auch zum Thema Schwingungswaage kannte er sich sehr gut aus und brachte erstklassige Beiträge ein. Auch bei KüAs wie Scotland Yard oder Werwolf war er mit vollem Einsatz dabei.

Julio Carlos Magdalena de la Fuente Durch seine offene und interessierte Art bereicherte Julio Carlos Magdalena de la Fuente unseren Kurs ungemein. Als Astrobiologe präsentierte er mit viel „Rumgefuchtel“ seine Forschungsergebnisse. Seine sportlichen Fähigkeiten stellte er regelmäßig in der Sport-KüA und beim morgendlichen Joggen unter Beweis. Mit seinem langen Namen wurde er nicht nur schnell bekannt, sondern nahm auch als einziger zwei Zeilen auf den Akademie-Shirts ein.

Kevin Jablonka Kevin war unser Experte für Geologie, und was für einer! Während seines Vortrags steckte er uns mit seiner lebendigen Art an und wir wurden allesamt zu Geologen. Das schaffte wirklich nur Kevin. Auch außerhalb des Kurses und in den Gruppenarbeiten war er immer fröhlich, und so konnte er ganz schnell eine langweilige Aufgabe in einen Riesenspaß verwandeln.

Leon Kling Unser kleiner Professor Leon Kling wusste stets sich auszudrücken. Streng nach dem Motto „Erst denken, dann reden“ teilte er uns seine Beiträge bedächtig, präzise und sachlich mit. Gegenüber den anderen Kursteilnehmern war er offen, nett und hilfsbereit. Auch als Moderator gab er eine gute Figur ab und lockerte bei seiner sportlichen Aktivität unsere Muskeln und die Atmosphäre im Kurs auf.

Leon Schmid Leons fantasievolle Ideen bei unserer Gruppenarbeit waren in der Praxis zwar manchmal schwer umzusetzen, aber immer gut durchdacht. Er konnte sich die griechischen Mythen schnell einprägen und hatte immer gute Laune.

Laura Viegas Laura hatte immer brilliante Ideen in der Gruppenarbeit und konnte sich dort wunderbar einbringen. Es machte viel Spaß mit ihr zu arbeiten, da sie immer lachte und für gute Laune sorgte. Im Präsentieren der Ergebnisse war sie einsame Spitze. Auch ihre kreative Seite kam beim Theaterspielen zur Geltung als sie uns alle mit ihrem Talent umhaute.

Ronja Geppert Ronja war immer freundlich, gut gelaunt und hilfsbereit. Innerhalb der Gruppenarbeiten sorgte sie auch immer wieder für Spaß. Doch sie konnte auch sehr konzentriert arbeiten und bei Fragen hatte sie stets ein offenes Ohr für uns alle. Auf jeden Fall werden wir sie nicht vergessen.

Sophie Klett Sophie war immer sehr engagiert. Mit ihrer aufgeweckten Art war sie ein sehr wichtiges Kursmitglied und brachte den Kurs voran. Sie glänzte beim Orientieren am Himmel und gab ihr Wissen mit leuchtenden Augen und strahlendem Lächeln an uns weiter.

Tobias Münchow Tobias war während des Kurses eher zurückhaltend. Gingen wir abends jedoch nach draußen, erkannte er sofort die meisten Sternbilder und Sterne. Auch das Teleskop bediente er meisterhaft und bescherte uns somit tolle Beobachtungen.

Cecilia, Olaf und Lynton Unsere Leiter waren das Herz und die Seele unseres Kurses. Sie unterstützten uns bei den Vorbereitungen für unseren Vortrag, aber auch während des Kurses waren sie immer für uns da. Auch bei den Gruppenarbeiten und beim Lernen von Vortragstechniken boten sie immer eine helfende Hand an. Doch nicht nur das Vortragen brachten sie uns bei. Cecilia erklärte uns zum Beispiel alle Sternbilder und die Mythen dazu, Olaf stellte uns die verschiedenen Himmelskörper vor, und auch Lynton brachte uns viel bei, in dem er uns bei allem unterstützte, was wir vorhatten. Außerhalb des Kurses in den KüAs schoss er gerne Raketen in die Luft und erklärte jedem, wie man mehr aus seiner Kamera rausholen konnte.

Projekt Nachtwanderung

Johanna Kroll, Alicia Grupp

Der Astronomiekurs beschäftigte sich abends mit den Sternen, Sternbildern und anderen Objekten am Himmel. Um dieses scheinbare Durcheinander an Objekten auch den anderen Akademieteilnehmern näherzubringen und sie für die Sterne zu begeistern, organisierte der Astronomiekurs eine Nachtwanderung.

An einem Nachmittag sind wir den Weg einmal abgewandert. Die Strecke verlief hauptsächlich durch den Wald. Um sich an den kritischen Punkten nicht zu verlaufen, zeichneten einige eine Wegskizze oder filmten den Weg mit ihren Kameras. Wir trafen uns auch an den Abenden vor der Nachtwanderung, um alles noch einmal gemeinsam durchzugehen, aber auch, um jeder Gruppe zu ermöglichen, noch einmal zu üben.

Wir planten, dass je drei Astros eine kleinere Gruppe aus den anderen Kursen zu einer Wiese mit guter Rundumsicht führen. Jede Gruppe bereitete sich individuell vor und machte sich mit den griechischen Mythen, die es zu den verschiedenen Sternbildern gibt, vertraut. Wenn man Geschichten zu einem Sternbild hört, kann man es sich oft besser merken und vorstellen. Es wurden Skizzen von Sternbildern angefertigt, um sie der Gruppe zuerst auf dem Papier und dann am Himmel zu zeigen. Damit konnten die Teilnehmer die Sternbilder leichter finden.

Abbildung 48: Wir lernten die Hierarchie der kosmischen Objekte kennen.

Es war soweit

Am Abend der Nachtwanderung trafen sich die Gruppenführer aus dem Astrokurs mit den anderen Teilnehmern vor der Mensa. Der Marsch zur Wiese dauerte eine gute halbe Stunde. Keine einzige Gruppe verlief sich bei der diesjährigen Nachtwanderung, womit wir eine jahrelange Tradition brachen. Als wir an der Wiese ankamen, machten wir es uns auf einer der großen, vorbereiteten Planen gemütlich und entführten unsere Zuhörer in die Weiten des Universums und die griechische Mythologie. Wir erzählten Geschichten von Göttern, Nymphen oder, wie die Milchstraße entstanden sein soll, zeigten die dazugehörigen Sternbilder mit einer Taschenlampe am Himmel. Eine Geschichte erzählt, wie das Sternbild Leier an den Himmel kam:

Der Mythos der Leier

Es war einmal ein Sänger namens Arion. Er konnte wunderschön singen und Leier spielen und hatte auf seinen Reisen mit seinem Gesang viel Geld verdient. Nun sehnte er sich aber nach Hause und bestieg ein Schiff. Sobald aber das Ufer außer Sichtweite war, umringten habgierige Seeleute den Sänger, die von seinen Reichtümern wussten. Sie wollten ihn gerade töten als er bat, noch ein letztes Lied vor seinem Tod singen zu dürfen. Die Seeleute ließen ihn gewähren. Das Lied, das er nun anstimmte, erinnerte an den Gesang eines sterbenden Schwans und zog die Seeleute so in seinen Bann, dass sie für kurze Zeit nicht aufmerksam waren. So konnte Arion ins Meer springen. Er hatte Angst, er würde ertrinken, doch wundersamerweise war er auf dem Rücken eines Delfins gelandet, der seinen traurigen Gesang gehört hatte. Voller Dankbarkeit spielte er auf seiner Leier, selbst das Meer lauschte seinem wunderschönen Gesang, bis der Delfin ihn an Land brachte. Zur Erinnerung an seine außergewöhnliche Kunstfertigkeit und an die wundersame Rettung erhoben die Götter Arions Leier, den Delfin und einen Schwan sinnbildlich für seinen traurigen Gesang an den Himmel.

Am Teleskop vorbei nach Hause

Am Anfang war der Himmel noch leicht bewölkt und man konnte nicht alle Objekte am Himmel erkennen. Gegen Ende wurde es aber immer klarer, und man sah die Sterne und andere Objekte sehr deutlich, wie beispielsweise Jupiter – den größten Planeten unseres Sonnensystems. Nach unserem Vortrag und den Fragen gingen wir zu den Teleskopen, die von Georg und unseren Gruppenleitern Olaf und Cecilia aufgebaut worden waren. Durch die Teleskope sah man die großen Monde des Jupiter und den Doppelstern Albireo im Sternbild Schwan.

Nach ein bis eineinhalb Stunden machten wir uns auf den Rückweg durch den stockfinsteren Adelsheimer Wald zum Akademiegelände. Wir fanden die Nachtwanderung interessant und spannend, weil sich jeder so vorbereiten musste, dass er in der Lage war, die Dinge auch „Unwissenden“ zu erklären. Faszinierend war es auch, in diesem „Durcheinander“ andere Objekte, wie Planeten, Nebel und Sternenformationen am Himmel zu finden.

Abbildung 49: Die Astros zeigen den Teilnehmern Sternbilder und Objekte am Himmel.

Kurs 2 – Alles logisch? Mit Mathematik und Philosophie dem Denken auf der Spur

Einleitung

Shathya Theivendrarajah

Haben Sie sich schon einmal überlegt, was wahr und was falsch ist? Was ist eigentlich Wahrheit? Haben Sie sich schon einmal Gedanken darüber gemacht, dass alles was wir wahrnehmen nur eine Täuschung sein könnte? Wie gelangt man eigentlich zu Erkenntnis?

Mit Fragen wie diesen haben wir uns im Logikkurs beschäftigt und mit Hilfe von philosophischen und mathematischen Ansätzen die Logik näher beleuchtet. Doch was ist Logik eigentlich? Das Wort Logik (griechisch: Logos – „Kunst des Denkens“) bezeichnet die Wissenschaft des folgerichtigen Denkens. Als Begründer der Logik gilt der aus Griechenland stammende Philosoph Aristoteles, der ein Schüler Platons war. Weitere berühmte Philosophen und Logiker, mit denen wir uns im Kurs näher beschäftigt haben, waren René Descartes, Leonard Euler, Immanuel Kant, Ludwig Wittgenstein und Kurt Gödel.

In unserem Kurs haben wir einerseits über philosophische Fragen diskutiert und versucht, Antworten darauf zu finden, andererseits haben wir uns auf mathematische Weise mit der Logik befasst. Hier war unser Ziel, zu beweisen, dass alle wahren Aussagen der Aussagenlogik beweisbar sind.

Die Mathematik und die Philosophie scheinen auf den ersten Blick wenig verwandte Wissenschaften zu sein. Dennoch sind uns einige grundlegende Gemeinsamkeiten aufgefallen. Zu Beginn unseres Kurses befassten wir uns mit den Prinzipien der klassischen Logik nach

Aristoteles, die nicht nur maßgebend für die Philosophie, sondern auch für die mathematische Logik sind. Diese Regeln sind elementar für logisches Denken und lassen sich sowohl auf mathematische Weise in Form von Formeln als auch philosophisch in Form von Sprache formulieren. Daher ist es möglich, Sachverhalte, wie beispielsweise verschiedene Schlussfolgerungsmöglichkeiten, auf verschiedenen Abstraktionsebenen zu betrachten.

Im philosophischen Teil unseres Kurses beschäftigten wir uns mit der philosophischen Wissenschaft der Erkenntnis – der Erkenntnistheorie. Diese befasst sich mit dem Erlangen von Erkenntnis und ist damit auch mit dem Erkennen von Wahrheit verbunden. Um verschiedene Methoden zum Erlangen von wahrer Erkenntnis kennenzulernen, haben wir uns mit den widersprüchlichen Ansätzen von Rationalismus und Empirismus und der Schlichtung des Streits durch Immanuel Kant befasst. Zudem behandelten wir das Problem der Sprache als Ausdruck für eigene Erkenntnis.

Ausgehend von den Prinzipien der klassischen Logik beschäftigten wir uns im mathematischen Teil unseres Kurses mit der Aussagenlogik. Hierbei definierten wir, was Wahrheit im aussagenlogischen Sinne bedeutet und wie ein Beweis innerhalb der Aussagenlogik aufgebaut ist. So konnten wir beweisen, dass diese Begriffe in der Aussagenlogik zusammenfallen, also dass genau alle wahren Aussagen der Aussagenlogik beweisbar sind.

In unserem Kurs herrschte allgemein ein nettes und freundliches Klima. Während der Kursphasen hatten wir auf der einen Seite zwar intensive Arbeitsperioden, bei denen es wichtig war, sich zu konzentrieren, auf der anderen Seite haben unsere Kursleiter Daniel, Lea und Patricia aber auch lockerere Gruppenarbeitsphasen mit anschließenden kurzen Präsentationen ermöglicht, so dass ein gutes und erfolgreiches Arbeiten möglich war. Besonders bei der Rotation und der abschließenden Präsentation zeigten sich die hart erarbeiteten und positiven Resultate unserer Arbeit.

Doch neben dem inhaltlichen Wissen war es möglich, in unserem Kurs auch methodische Kompetenzen zu erlernen und zu verbessern. Zum einen war unser Bestreben darauf gerichtet, Aussagen philosophischer Art kritisch zu hinterfragen. Des Weiteren bot sich uns die Möglichkeit, wissenschaftliches Recherchieren für uns noch unbekannte Theorien oder Begriffe zu vertiefen. In der Mathematik hingegen erwies sich das Abstraktionsvermögen als sehr wichtig, da man sich unter den Formeln manchmal erst auf den zweiten Blick etwas Konkretes vorstellen konnte. Bei der Vorbereitung und Durchführung der abschließenden Präsentationen verbesserten wir unsere Teamfähigkeiten und natürlich auch das Präsentieren selbst.

Andererseits war unser Bestreben natürlich auch darauf gerichtet, Inhaltliches zu erlernen. Wozu diese zwei Wochen intensiver Arbeit geführt haben, werden Sie nach der folgenden Vorstellung der Kursteilnehmer und Kursleiter erfahren.

Unsere Kursteilnehmer

Lalita Braun, Viola Munzert

Anna, die mit 13 Jahren jüngste Teilnehmerin unseres Kurses, verblüffte uns alle mit ihrem ausgezeichneten mathematischen Denkvermögen und brachte uns bei vielen Beweisen auf den entscheidenden Schritt. Was mathematische Formeln anging, schien sie nie müde zu werden und auch in der Philosophie diskutierte sie gerne mit.

Giulia zeigte ihre Stärken vor allem im mathematischen Teil, in welchem sie mit ihrer schnellen Auffassungsgabe glänzte. Das Grübeln über Übungen und das Vorstellen ihrer Ergebnisse bereitete ihr viel Freude. Sie war mit Leidenschaft bei der Akademie dabei und zauberte viele Verbesserungsvorschläge hervor.

Gregor war im Kurs immer aktiv am Geschehen beteiligt, auch wenn er von grundlegend ruhiger Natur ist. Er hat die Fähigkeit, seine Meinung klar zum Ausdruck zu bringen, sowie sie anschaulich zu erklären und brachte uns durch seine produktiven Vorschläge stets weiter. Seine Mischung aus Dialekt, Reife und Humor ist die eines wahren Denkers.

Hannah, die ebenfalls zu den Ruhigen im Kurs gehörte, charakterisierte sich durch Disziplin und Aufnahmefähigkeit. Ihre Gedanken konnte sie klar und präzise formulieren und brachte uns mit ihrer Ehrlichkeit und Zielstrebigkeit auf dem Weg zur Erkenntnis voran. Im Kurs war sie sehr beliebt und half allen gerne weiter.

Lalita legte eine große Aufgeschlossenheit und ein selbstbewusstes Auftreten an den Tag. Mit ihrer fröhlichen, aufgeweckten und netten Art bereicherte sie unseren Kurs in vielerlei Hinsicht. Ihr quirliges Wesen kam besonders im philosopischen Teil unseres Kurses zum Vorschein, wo sie nie um ein Wort verlegen war und ihre Meinung und Kritik offen äußerte.

Lennard war der Rationalist unseres Kurses. Egal, ob sich die Diskussion um Empirismus oder den Aufbau unserer Abschlusspräsentation drehte, argumentierte er enthusiastisch mit. Er zeigte eine immer konzentrierte Mitarbeit und ein gutes Durchsetzungsvermögen und brachte uns mit seinen Formulierungen täglich zum Lachen. Beim Sportfest feuerte er uns alle mit seinem begeisterten Optimismus lautstark an.

Lisa ist von zurückhaltender und ruhiger Natur und war die wohl konzentrierteste Zuhörerin unter uns. Sie ließ sich durch nichts ablenken, arbeitete stets zielstrebig und aufmerksam und war so als Erste mit ihrem Dokumentationstext fertig. Im Kurs wurde sie aufgrund ihrer Hilfsbereitschaft und Teamfähigkeit sehr geschätzt.

Lorenz brachte sich vor allem in der Mathematik mit großer Begeisterung ein. Gegen Ende der Akademie erfuhren wir von seinem Origami-Talent, nachdem er eine Menge wunderschöner Papierschildkröten angefertigt hatte. Er zeichnete sich außerdem durch seine gute Teamfähigkeit und sein lautes Organ beim Anfeuern unserer Gruppe beim Sportfest aus und ist eine Person, die einfach mit jedem gut arbeiten und auskommen kann.

Maurice war unser Fachmann für Physik und half uns dabei, einige Themen aus einer anderen Perspektive zu sehen. Außerdem führte er die ersten „Meinungskarten“ ein, welche im Verlauf der Kurses übernommen und weiterentwickelt wurden. Statements wie „Dito“, „Veto“ oder „?!“ waren in Diskussionen sehr beliebt und lockerten die Atmosphäre zusätzlich auf. Von ihm stammt auch unser Kursmaskottchen, die selbstgebastelte Papierraupe Wittgenstein.

Der Logikkurs beim Sportfest.

Pia ist politisch stets auf dem neuesten Stand, diskutiert gerne und scheut sich nie, ihre Gedanken und Einwände auszusprechen. Nur beim Erörtern ihres vorzeitigen Todeszeitpunkts durch eine Sraßenbahn – ein beliebtes Kurspausenthema – hielt sie sich belustigt zurück. Des Weiteren übernahm sie bald die Leitung der Tanz-KüA und fand sich in allem wieder, was Organisation angeht.

Sebastian besitzt eine Ausstrahlung, die bezeichnend für unser Kursthema ist: Die eines grübelnden, nachdenklichen Menschen. In der Kursarbeit äußerte er sich dementsprechend und führte uns oft mit seiner Zielstrebigkeit zum Thema zurück. Trotz seines ernsthaften Arbeitens stimmte er stets in unser herzhaftes Lachen ein und war ein sehr guter Zuhörer.

Sharina war das Kunsttalent unseres Kurses. Überall, wo es um Kreativität ging, hatte sie die Finger im Spiel: Ob Zitatliste, Powerpoint, Deko oder Akademie-Pulli-Design – an Energie, Elan und Freude fehlt es ihr nie. Zudem konnte sie in kürzester Zeit komplexe Gedankengänge aussprechen. Sie war der Sonnenschein im Kurs und für jede Diskussion zu haben – egal ob in der

Philosophie oder der Mathematik – denn begeistern kann man sie mit fast jedem Thema.

Shathya macht einen seriösen Eindruck und bereicherte unsere Diskussionen mit seiner empirischen Sichtweise in vielerlei Hinsicht. Zudem versteht er es, seine Position klar zum Ausdruck zu bringen. Auch dank seiner Sportlichkeit schaffte es der Logikkurs, der roten Laterne beim Sportfest zu entgehen.

Thaddäus wirkt auf den ersten Blick ruhig, bald erkannten wir aber die Stimmungskanone in ihm. Im Gegensatz zu seinem Namensvetter aus Spongebob Schwammkopf ist er immer für einen Spaß zu haben. In Mathematik und logischem Denken ist er ebenfalls ungleich stärker als dieser. Seine Einführung des Gutelaunelieds „Always look on the bright side of life“ entwickelte sich in kürzester Zeit zum Hit der Akademie und begleitete uns noch lange als Ohrwurm.

Viola zeichnete sich durch ihre Diskussionsfreudigkeit und ihr fröhliches Wesen aus. Sie hatte immer Ideen und Anregungen parat und vertiefte so die Diskussionen um die verschiedenen Themengebiete. Ihre Skepsis und ihr gezieltes Nachfragen halfen dabei, Problemen weiter auf den Grund zu gehen. Den Mathematikteil des Kurses bevorzugte sie wegen seiner Klarheit und Eindeutigkeit. Außerdem waren sowohl ihre Rittersport-Ohringe als auch ihre „sozialen Kekse“ bei allen heiß begehrt.

Unsere Kursleiter

Pia Bauspiess, Viola Munzert

Daniel Jungblut lässt sich äußerlich wohl am besten mit den Worten jung, dunkelhaarig, sommersprossig und motiviert beschreiben. In unserem Kurs kümmerte er sich auf bewundernswerte Weise um den Mathematikteil: Er erklärte anspruchsvolle Beweise einleuchtend und wurde selbst nach vielfachem Nachfragen nicht ungeduldig, sondern schaffte es immer wieder, die Denkknoten in unseren Köpfen zu finden und zu lösen. Außerdem lockerte er die Atmosphäre gerne mit seinen Kommentaren oder dem legendären „Hunger in 15 [10, 5, 0, -5] Minuten“-Schild vor der Mittagspause auf. Nicht nur das Mittagessen, sondern auch die Kekse und andere Süßigkeiten, die im Kurs umhergingen, hatten es ihm angetan. Noch eindrücklicher in Erinnerung geblieben ist uns allerdings sein „Mathe macht glücklich!“-T-Shirt – ein Statement, das er jederzeit gerne anbringt und mit Begeisterung vertritt. Wäre Daniel nicht schon längst Referendar, hätten wir ihm spätestens nach diesem Kurs ans Herz gelegt, Lehrer zu werden!

Lea Götz ist jung, sommersprossig, rothaarig und gleichermaßen motiviert. Die Biologie-Studentin aus Cambridge erfand den Begriff der „sozialen“ Süßigkeiten, also Kekse oder Gummibärchen, die für den ganzen Kurs gedacht waren und uns während der Kurseinheiten energetischen Nachschub für unsere Diskussionen lieferten. Im Philosophieteil forderte uns Lea immer wieder dazu auf, selbst zu denken und uns nach kritischer Auseinandersetzung mit philosophischen Texten eine eigene Meinung zu bilden. Schließlich wirft die Philosophie oft mehr Fragen auf, als sie beantwortet. So erarbeiteten wir uns mit ihr auch methodische Fähigkeiten, vom schnellen eigenständigen Mitschreiben – was wir nicht zur Vollendung brachten – bis zu der von ihr hoch geschätzten Eigenschaft, sich klar und deutlich auszudrücken. An dieser Stelle muss nun ihr Lieblingszitat und unser Kursmotto von Ludwig Wittgenstein aufgegriffen werden: „Alles, was sich sagen lässt, lässt sich klar sagen.“

Patricia Keppler war unsere Schülermentorin und Sonnenschein des Kurses. 2009 saß sie selbst noch unter den Teilnehmern des damaligen Astronomiekurses. Sie hat aus ihrer Akademiezeit viel mitgenommen und es geschafft, uns das zu vermitteln und auf unseren Weg mitzugeben. Immer fröhlich und für jeden Spaß zu haben, war sie als Mentorin des Logikkurses überall aktiv mit dabei: Sowohl im Philosophie- als auch im Mathematikteil brachte sie sich mit ihren Präsentationen ein und übernahm die Leitung von Diskussionen. Patricia erklärte uns komplexe Inhalte und hatte immer ein offenes Ohr für uns, unsere Fragen und unsere Anliegen. Außerdem muss an dieser Stelle erwähnt werden, dass die Plakate an den Wänden unseres Kursraumes, die den Weg zu unserem mathematischen Kursziel zusammenfassen, einzig und allein Patricias unermüdlichem Mitschreiben zu verdanken sind. In die Kursgeschichte eingegangen ist in diesem Kontext ihr „Mitschreiben?!?!"-Schild, das Daniel des Öfteren während seiner Mathevorträge zu sehen bekam. Nach der Schule will sie Medizin studieren und wir wünschen ihr viel Erfolg dabei!

Klassische Logik

Lorenz Mattes

Aristoteles

Um uns möglichst schnell in die Kursmaterie einzufinden, lasen wir gleich zu Beginn des Eröffnungswochenendes einen Text von Aristoteles. Das half uns ein Gefühl für philosophische Texte zu entwickeln und diese zu interpretieren. Aristoteles, der von 384 bis 322v.Chr. in Griechenland lebte, erklärt in seinem Hauptwerk *Organon* (griechisch für Werkzeug) u. a., was die Grundbausteine der Sprache sind. In dem anspruchsvollen Text, der unsere Köpfe zum Rauchen brachte, befasst er sich mit den Begriffen *Hauptwort*, *Zeitwort* und *Aussage*.

Ein Hauptwort ist demnach eine Verbindung von Lauten oder Zeichen, die einen Begriff oder eine Sache bezeichnet, z. B. Baum, Stuhl, Hoffnung. Es kann weder wahr noch falsch sein. Die Zeit und damit auch die Existenz wird durch ein sogenanntes Zeitwort ins Spiel gebracht. Im Deutschen verwenden wir dazu das Wort „sein", um eine Beziehung zur Gegenwart darzustellen, z. B. „[. . .] ist gesund". Hier trifft also die Bezeichnung Zeitwort nicht zu – im Lateinischen bzw. Griechischen stolpern wir aber nicht über dieses Problem: So heißt lat. „valet" beispielsweise genau „[. . .] ist gesund".

Verbindet man Haupt- und Zeitworte, so formuliert man eine Aussage. Diese ist entweder wahr oder falsch. Solche Aussagen haben wir später in der Aussagenlogik durch Aussagevariablen abgekürzt. Eine Aussage kann einem Gegenstand entweder etwas zusprechen, so ist sie eine Bejahung, z. B. „Der Baum ist gesund", oder sie spricht ihm etwas ab, so ist sie eine Verneinung, z. B. „Der Baum ist nicht gesund". Aristoteles hat für die Wahrheitswerte von solchen Aussagen die folgenden *Prinzipien der klassischen Logik* formuliert:

1. Es gibt genau die zwei Wahrheitswerte wahr und falsch.
2. Jede Aussage hat höchstens einen Wahrheitswert (Satz vom Widerspruch).
3. Jede Aussage hat mindestens einen Wahrheitswert (Satz vom ausgeschlossenen Dritten).

Aus diesen drei Sätzen ergibt sich das Bivalenzprinzip: Jede Aussage ist entweder wahr oder falsch.

Die vier Modi

Mit den vier Modi lernten wir verschiedene Arten kennen, richtige logische Schlüsse zu ziehen. Durch diese Modi kann man aus wahren Voraussetzungen und einem gültigen Schluss eine wahre Schlussfolgerung ableiten. Die Voraussetzungen werden als Prämissen bezeichnet, die Schlussfolgerung als Konklusion.

Als Beispiel für den ersten Modus, den *Modus ponendo ponens* (setzender Modus), betrachten wir folgende Prämissen: „Wenn es regnet, ist die Straße nass" und „Es regnet". Daraus lässt sich folgende Konklusion ableiten: „Die Straße ist nass." Unter der Voraussetzung, dass die erste Prämisse wahr ist, wird durch das

Bejahen (setzen) der zweiten Prämisse auch die Konklusion bejaht.

Die logische Umkehrung des Modus ponendo ponens ist der *Modus tollendo tollens* (aufhebender Modus). Die zweite Prämisse lautet jetzt „Die Straße ist nicht nass“, folglich gilt: „Es regnet nicht“. Unter der Voraussetzung, dass die erste Prämisse wahr ist, wird durch das Verneinen (aufheben) der zweiten Prämisse die Konklusion verneint.

Der dritte Modus ist der *Modus ponendo tollens*. Unter der Voraussetzung, dass die erste Prämisse wahr ist, wird durch das Bejahen der zweiten Prämisse die Konklusion verneint. Ein Beispiel dazu ist: „Entweder ich bin gesund oder ich trinke Kamille-Tee“ und „Heute morgen habe ich zwei Liter Kamille-Tee getrunken.“ Daraus lässt sich die Aussage „Ich bin nicht gesund“ schließen. Das *entweder oder* in der ersten Prämisse stellt sicher, dass nicht beide Aussagen gleichzeitig gelten können.

Aus den Prämissen „Entweder ich mache meine Hausaufgaben oder ich schreibe diese Dokumentation“ und „Ich mache meine Hausaufgaben nicht.“ kann man folgern: „Ich schreibe an dieser Dokumentation.“ Das ist der *Modus tollendo ponens*, der vierte und letzte Modus: Unter der Voraussetzung, dass die erste Prämisse wahr ist, wird durch das Verneinen der zweiten Prämisse die Konklusion bejaht.

Mit Hilfe der Aussagenlogik haben wir die vier Modi mathematisch bewiesen. Als Beispiel ist der Beweis des Modus ponendo ponens (kurz: Modus ponens) im Abschnitt über Beweisbarkeit aufgeführt. Über diese vier Modi hinaus gibt es aber noch weitere Schlussmöglichkeiten, die beispielsweise in den „Eulerschen Briefen“ niedergeschrieben sind. Sie lassen sich unter dem Begriff der Prädikatenlogik zusammenfassen.

Prädikatenlogik

In der Zeit zwischen Eröffnungswochenende und Sommerakademie beschäftigten wir uns mit einigen der Logischen Briefe von Leonard Euler, welche er im Jahr 1761 verfasst hatte. Er beschreibt vier Arten von Sätzen, die jeweils aus zwei Begriffen bestehen: Einem Subjekt und einem Prädikat. Im Satz „Der Baum ist grün“ wird dem Subjekt „Baum“ das Prädikat „grün sein“ zugeordnet. Leonard Euler unterscheidet, wie schon Aristoteles, bejahende und verneinende Sätze. Darüber hinaus unterscheidet er auch allgemeine und besondere Sätze. Ein Satz ist nun zum einen entweder bejahend oder verneinend und zum anderen entweder allgemein oder besonders.

So gibt es allgemein bejahende Sätze, z. B. „Alle Menschen sind sterblich.“ Ihre allgemeine Formel lautet *Alle A sind B*. Ferner gibt es die allgemein verneinenden Sätze, wie „Kein Mensch ist gerecht“, mit der allgemeinen Formel *Kein A ist B*. Die dritte Art von Sätzen ist die der besonders bejahenden Sätze, z. B. „Einige Menschen sind klug“. Allgemein: *Einige A sind B*. Als letztes gibt es noch die besonders verneinenden Sätze, wie „Einige Menschen sind nicht weise.“ Ihre allgemeine Formel lautet *Einige A sind nicht B*. Aus zwei wahren Sätzen, von denen mindestens einer allgemein und einer bejahend ist, kann man also etwas Wahres ableiten. So gibt es u. a. folgende Schlüsse:

- Alle Logiker sind Akademieteilnehmer. Kein Kindergartenkind ist Logiker. Daraus folgt: Einige Akademieteilnehmer sind keine Kindergartenkinder.
- Alle Akademieteilnehmer haben im LSZU II geschlafen. Alle Logiker sind Akademieteilnehmer. Daraus folgt: Alle Logiker haben im LSZU II geschlafen.
- Alle Logiker kommen aus Baden-Württemberg. Einige Akademieteilnehmer sind Logiker. Daraus folgt: Einige Akademieteilnehmer kommen aus Baden-Württemberg.
- Kein Logiker ist im Medizinkurs. Einige

Akademieteilnehmer sind Logiker. Daraus folgt: Einige Akademieteilnehmer sind nicht im Medizinkurs.

- Alle Logiker sind Akademieteilnehmer. Einige Logiker sind keine Mädchen. Daraus folgt: Einige Akademieteilnehmer sind keine Mädchen.

Aus zwei besonderen oder zwei verneinenden Sätzen aber kann man nichts Sicheres folgern: So kann man nichts schließen, wenn man weiß, dass einige Akademieteilnehmer Vegetarier sind und dass einige Akademieteilnehmer morgens Joggen gehen. Wenn man weiß, dass kein Akademieteilnehmer unter dreizehn Jahren alt ist und dass einige Akademieteilnehmer nicht aus Baden kommen, so kann auch daraus nichts geschlossen werden.

Auch über die Art der Konklusion können Regeln aufgestellt werden: Wenn eine der Prämissen verneinend ist, muss auch die Folgerung verneinend sein und ist einer der Sätze besonders, muss auch der Schlusssatz besonders sein. Sind beide Prämissen bejahend, so ist auch die Konklusion bejahend. Es gibt aber nicht nur Sätze, die eine Aussage über eine Gruppe von Individuen trifft, sondern auch so genannte einzelne Sätze, die von einem einzelnen Individuum ausgehen, wie beispielsweise „Patricia ist Schülermentorin“ oder „Lea studiert Biologie“. Daher müssen einzelne Sätze wie allgemeine Sätze angesehen werden, weil man aus zwei besonderen Sätzen nichts schließen kann.

Eine (sehr) kurze Geschichte der abendländischen Erkenntnistheorie

Hannah Pillin

Damit wir zu Beginn der Sommerakademie nicht blindlings ins Neuland Philosophie stolperten, begannen wir damit, uns einen groben Überblick über die Arbeit unserer philosophischen Vorgänger zu verschaffen. Diesen sehr kurzen Überblick über die Geschichte der abendländischen Philosophie und insbesondere der Erkenntnistheorie wollen wir hier als Einführung in die Philosophie erläutern.

Im Großen und Ganzen begann die Geschichte der Philosophie in der Antike mit Sokrates, schriftlich überliefert durch dessen Schüler Platon, welcher von ca. 427v.Chr. bis 347v.Chr. lebte. Als die Menschen begannen, sich erste philosophische Fragen zu stellen, war eine der wichtigsten Fragen, wie man eigentlich wahre Aussagen treffen kann, bzw. wie man sie erkennen kann. Dies war dann auch die philosophische Frage, mit der sich unser Kurs sehr lange und ausgiebig beschäftigt hat: *Wie gelangt man zu wahrer Erkenntnis?* Schon Platon befasste sich mit dieser Frage und um sie zu beantworten, teilte er die Welt in zwei Kategorien auf. Demzufolge bestand die Welt aus dem sinnlich Wahrnehmbaren und den ewigen, übersinnlichen Ideen. Diese ewigen, übersinnlichen Ideen hatten es Platon angetan, sie waren für ihn die einzigen Dinge, die wirklich wahr sein können. Bewusst wertete er dadurch den Körper und somit die Sinneswahrnehmung ab und gilt so als der erste Begründer des Rationalismus, einer erkenntnistheoretischen Position, welche später noch genauer beleuchtet wird. Um den Einfluss, den Platon in der Philosophie hatte, deutlich zu machen, formulierte A. N. Whitehead: *„The safest general characterization of the European philosophical tradition is that it consists of a series of footnotes to Plato“* was soviel heißt wie „Alle abendländische Philosophie lässt sich als Fußnoten zu Platon verstehen“.

Von keiner geringeren Bedeutung war jedoch ein Schüler Platons: Aristoteles. In seinen philosophischen Gedanken hob Aristoteles den großen Spalt, den Platon zwischen dem sinnlich Wahrnehmbaren und den übersinnlichen Ideen gezogen hatte, wieder auf, indem er sowohl sinnliche Gegenstände als auch die sinnliche Wahrnehmung auf dem Weg zu Erkenntnis als zwingend ansah. Laut Aristoteles konnte es nicht sein, dass man allein mit übersinnlichen Ideen, also rein geistigen Inhalten zu Erkenntnis gelangen kann. Wir haben uns dafür im Kurs ein ganz passendes Beispiel ausgedacht: Betrachten wir einen Tisch aus aristotelischer Sichtweise. Dabei stellen wir fest, dass wir einen Tisch nicht anhand einer übersinnlichen Idee erkennen, sondern dadurch, dass unsere Sinne, da sie schon oft das Bild eines Tisches aufgenommen haben, den Tisch anhand von bestimmten Merkmalen abstrahieren. So legte Aristoteles einen wichtigen Grundbaustein für eine zweite erkenntnistheoretische Position, er beschreibt die Methode des Empirismus. Dieser beschreitet den Weg zur Erkenntnis durch die Sinneswahrnehmung und die Induktion.

Aristoteles war außerdem insofern für unseren Kurs besonders wichtig, als dass er die oben erwähnten Prinzipien der klassischen Logik aufstellte. Zusammen genommen besagen sie, dass eine Aussage entweder wahr oder falsch sein muss. Diese Prinzipien werden in der Aussagenlogik, mit der wir uns näher beschäftigt haben, auch als Axiome bezeichnet. Ein Axiom ist eine für jedermann unmittelbar ersichtliche Aussage, die daher nicht deduktiv begründet werden muss. Wir verwendeten Aristoteles' Prinzipien daher, um in der Mathematik und speziell in der Aussagenlogik korrekte Beweise zu führen. Doch woher können wir eigentlich sicher sein, dass diese Prinzipien unbezweifelbar wahr sind? Genau solche Fragen, wie die nach der Nicht-Beweisbarkeit der Prinzipien der klassischen Logik, zu beantworten, sowie den Weg zu untersuchen, auf dem diese Erkenntnisse entstanden sind, ist die Aufgabe der Erkenntnistheorie. Um bei der Beantwortung dieser Fragen voranzukommen, haben wir, aber auch frühe Philosophen, skeptisch nachgefragt. In der Antike unterscheidet man zwei Gruppen von Skeptikern (vom Griechischen „skepsis“ = prüfen, herumspähen), die sich auf verschiedene Arten ebenfalls mit der Frage, wie man zu wahrer Erkenntnis gelangt, beschäftigten. Auf der einen Seite postulierten Anhänger der von Platon gegründeten Akademie, einer Philosophenschule: „Vielleicht gibt es wahre Erkenntnis, doch dessen kann man sich nie sicher sein.“ Diese Aussage hat uns nachdenklich gestimmt. Man muss sich doch in irgendetwas Wahrem sicher sein können! Wir wollten, ja wir verspürten geradezu den Drang dazu, zu wahrer Erkenntnis zu gelangen und beschäftigten uns sehr lange damit. Auf der anderen Seite gab es eine Gruppe von Skeptikern, welche den Lehren des Phyrron von Elis folgte. Ihre grundlegende These hieß wiederum: „Der Weise enthält sich jeder Aussage, denn nur dann kommt er zu Seelenruhe.“ Im Kurs folgten wir der Herangehensweise der platonischen Akademie, weil uns ihre These einfach nicht losließ und wir etwas finden wollten, dass das Gegenteil bewies.

Der Logikkurs beim Sportfest.

Symbolisch für das Ende der Antike und den Anbruch des Mittelalters steht die Schließung der platonischen Akademie im Jahr 529. Die abendländische Philosophie war fortan stark christlich geprägt und auf ein christliches Weltbild hin ausgerichtet, da die allermeisten Philosophen Kleriker waren. Die Philosophie zweifelte nicht an Gott und Kirche, sondern Denkprozesse philosophischer Art und Argumentationsweise stützen oftmals die Kirche. Im Mittelalter scheint es, als ob den Philosophen die Ideen ausgingen, was natürlich so nicht ganz stimmt. Dies hängt mit der scholastischen Vorgehensweise zusammen: Man prüfte und untersuchte Texte älterer Philosophen und bildete sich mit der sogenannten „Sic et non“-Methode durch Sammeln von Pro- und Kontra Argumenten eine eigene Meinung zu dem Text. Selten finden sich in mittelalterlichen Werken daher neue Ansätze zur Beantwortung unserer erkenntnistheoretischen Frage. Aurelius Augustinus aber war einen Schritt weiter. Er sah einzig die Existenz als sicher und sagte: „Si fallor, sum – Wenn ich mich nämlich täusche, bin ich.“ Ganz ähnlich war später auch die Argumentationsweise von René Descartes. Doch bevor es dazu kommen konnte, kam es in der Renaissance sowohl in der Welt, als auch in der Philosophie zu gewaltigen Umbrüchen. Plötzlich kam Galileo Galilei, der ein ganz neues Weltbild aufstellte. Er verwarf das bisher gültige geozentrische Weltbild mit dem heliozentrischen Weltbild und verwies damit den Menschen aus dem Mittelpunkt des Universums. Dank der Erfindung des Buchdruckes konnte solches Gedankengut schnell und weit verbreitet werden – Bücher konnten fortan gedruckt werden, anstatt abgeschrieben werden zu müssen. Ebenso herrschte ein frischer Wind in der Philosophie, denn man kam von der Scholastik ab. Des Weiteren sahen Philosophen, dass die Naturwissenschaft viele neue Erkenntnisse mit ihrer wissenschaftlichen, klaren Methode erlangt, was man von der Philosophie nicht gerade behaupten konnte. Daher sehen wir seither eine zunehmende Orientierung der Philosophie an naturwissenschaftlicher, bzw. mathematischer Methodik. Ein Vorreiter in dieser mathematisch klaren Methodik der Erkenntnisgewinnung ist René Descartes, der wohl bekannteste Begründer des Rationalismus.

Der französische Philosoph René Descartes lebte vom 31. März 1596 bis zum 11. Februar 1650. Wie wir, machte er sich Gedanken, wie man zu wahrer Erkenntnis gelangen kann und befasste sich außer mit der Philosophie auch mit Mathematik und den Naturwissenschaften. Mit Descartes beginnt das Zeitalter der Aufklärung. Er war einer der ersten, die sich in der Philosophie nicht mehr mit der Kirche, sondern mit dem Dasein, der Existenz an sich beschäftigten. Im Zeitalter der Aufklärung kommt es nun zum offenen Widerspruch der beiden erkenntnistheoretischen Positionen, die wir schon angesprochen haben. Einmal die Schule des Empirismus, und zum anderen die Schule des Rationalismus. Diese beiden sind genau gegenteiliger Ansicht, wie man zu wahrer Erkenntnis gelangt. Die Rationalisten sind der Meinung, dass man durch Mathematik und Deduktion zu Erkenntnis gelangt, die Empiristen sagen, dass man durch Sinneswahrnehmungen zu wahrer Erkenntnis gelangt.

Doch was ist jetzt die bessere Methode? Das interessierte uns brennend! Wir hofften, mit Descartes der Lösung näher zu kommen und lasen daher die ersten beiden seiner Meditationen, in denen er den methodischen Zweifel einführte und nutzte. Das heißt, er verwarf alles, was ihm nicht unbezweifelbar erschien. Descartes realisierte, dass er in seiner Jugend oft von seinen Sinnen getäuscht worden war. Aber woher, fragte er sich, kann man sich sicher sein, dass man nicht immerzu getäuscht wird? Was, wenn alles, was wir wahrnehmen nur Trug ist? Er beschloss alles, was er bisher für wahr gehalten hatte, anzuzweifeln. Alles, was ihm den geringsten Grund zum Zweifeln gab, wollte Descartes verwerfen, um irgendwann auf unbezweifelbare Fundamente zu stoßen. Er stellte fest, dass vieles, was er bisher als unbezweifelbar angesehen hatte, durch Sinneswahrnehmung entstanden war. „Doch träume ich das alles vielleicht nur? Aber wie kann man denn Träumen von Wachen unterscheiden?“ Auf diese Frage fand Descartes keine plausible Antwort. Auch wir versuchten dies, scheiterten aber ebenfalls. Daher musste er die Sinneswahrnehmung als unwahr und trügerisch ansehen. Immerhin musste es etwas Wirkliches geben, denn sonst könnten wir uns auch im Traume nichts vorstellen. So stellte er fest, dass zwar die Naturwissenschaften, wie z. B. die Physik, die ihre Erkenntnisse durch Sinneseindrücke gewinnt, anzweifelbar sind, nicht aber Mathematik und Arithmetik, die nicht anzweifelbar sind, da beispielsweise $2 + 3$ immer 5 ergibt.

In seiner zweiten Meditation sucht Descartes erneut hartnäckig nach irgendetwas, das nicht anzweifelbar ist. Und das findet er nach langem Nachdenken auch: Körper, Gliedmaßen, Sinne, all das kann man von ihm abtrennen, doch eines bleibt, sein Verstand, der unbezweifelbar an ihn gekoppelt ist. Laut Descartes ist er selbst also ein denkendes Ding, denn selbst wenn er immerzu getäuscht wird, muss da etwas sein, das getäuscht wird. Das „Ich“ ist also ein denkendes, zweifelndes Ding. So gelangt Descartes zu seiner These:

„Cogito, existo“– „Ich denke, ich bin,“ was auch als „Ich denke, also bin ich“ bekannt ist.

Descartes postuliert ebenfalls, dass Erkenntnisse, die er durch seine Sinne zu treffen scheint, allein durch den Geist gewonnen werden. Wenn man nämlich einen Stoff beobachtet, welcher sich verändert, dann weiß man allein durch seinen Geist immer noch, dass es derselbe Stoff bleibt. Mit dieser Erkenntnis gilt Descartes als einer der ersten Begründer und Befürworter des Rationalismus, der die Sinneseindrücke als falsch ansieht und sich an der Methode der Mathematik orientiert. Dies war ein Meilenstein in der Beantwortung der Frage: „Wie gelange ich zu wahrer Erkenntnis?“

Rationalismus und Empirismus

Lisa Adams

Wie bereits angesprochen haben wir uns mit den zwei dominierenden Positionen zur Erkenntnistheorie im Zeitalter der Aufklärung beschäftigt: dem *Empirismus* und dem *Rationalismus*. Der wesentliche Unterschied zwischen diesen beiden erkenntnistheoretischen Positionen ist die Quelle der Erkenntnis, weshalb der Empirismus andere Methoden als der Rationalismus verwendet.

René Descartes gilt als einer der Begründer des Rationalismus. Er traut seinen Sinnen nicht, weil sie ihn schon im Traum getäuscht haben. Daher sieht der Rationalismus nur die Vernunft als Quelle wahrer Erkenntnis. Also sehen die Methoden folgendermaßen aus:

- Logik der Mathematik
- Intuition
- Deduktion

Die Logik der Mathematik wird verwendet, weil ihre Schlüsse zwingend sind. Inzwischen weiß man zwar, dass nicht alle wahren Sätze in der Mathematik beweisbar sind bzw. die Mathematik Widersprüche enthalten kann, doch zu Zeiten Descartes galten bewiesene mathematische Sätze als unanzweifelbar, was eine gute Voraussetzung dafür ist, wahre Erkenntnis zu erlangen. Bestimmte Sätze jedoch sind so grundlegend, dass man sie intuitiv als wahr erkennt, wie beispielsweise die Prinzipien der klassischen Logik. Für Rationalisten galten auch solche durch Intuition erkannte Prinzipien als wahr und mussten daher nicht bewiesen werden. Ein Beispiel für ein solches Prinzip (dem Bivalenzprinzip) ist: φ *oder nicht* φ. Wenn ein Rationalist herausfinden will, ob der oben genannte Satz wahr ist, dann hört er auf seine Intuition, die ihm sagt, dass der Satz wahr ist. Dann erkennt ihn der Rationalist auch als wahr an. Aus solchen intuitiv als wahr erkannten Axiomen lassen sich dann per Deduktion weitere wahre Aussagen erschließen. Die Deduktion ist ein zwingender Schluss, weil man von der Allgemeinheit auf etwas Besonderes schließt, das in der Allgemeinheit enthalten ist. Wenn man z. B. weiß, dass alle Zahnärzte dieser Welt diese Dokumentation lesen, dann wissen wir auch, dass alle Zahnärzte aus Berlin diese Dokumentation lesen. Mit dieser Methodik der Intuition und Deduktion trauen die Rationalisten ihrem Verstand also sehr viel zu. Trotzdem gibt es auch einige Probleme, wenn man nur durch den Rationalismus wahre Erkenntnis erlangen will. Woher wissen wir, dass wir uns auf unsere Intuition verlassen können? Beispielsweise kann man in der Mathematik Sätze beweisen, die man intuitiv für falsch hält und umgekehrt hat man sich jahrelang in der durch Intuition erlangten Erkenntnis: „Alle wahren Sätze der Mathematik sind beweisbar“ getäuscht. Auch ist es schwierig in allen Naturwissenschaften Erkenntnis zu erlangen, wenn man seinen Sinnen nicht vertraut. So kann man z. B. in der Chemie und der Physik keine Experimente machen, und in der Biologie die Natur nicht beobachten.

Das zuletzt genannte Problem der Rationalisten tritt bei den Empiristen nicht auf. Ihrer

Meinung nach sind die Sinne nämlich der einzige Weg, um Wissen und Erkenntnis zu erlangen. Ihre Methoden sind:

- Naturwissenschaftliche Beobachtung
- Induktion

Naturwissenschaftliche Beobachtung bedeutet natürlich nicht nur, dass man dem Gras beim Wachsen zusieht, auch Experimente und Versuche sind in dem Begriff mit eingeschlossen. Die Induktion ist ein nicht zwingender Schluss, d. h. man schließt von etwas Besonderem auf etwas Allgemeines. Um das zu verstehen, betrachten wir folgendes, alltägliches Beispiel: Wir sehen jeden Tag, dass die Sonne aufgeht, deshalb sind wir uns ziemlich sicher, dass die Sonne am folgenden Tag auch aufgehen wird. Aber es könnte ja sein, dass die Sonne in fünf Minuten verglüht, dann würde sie morgen nicht mehr aufgehen und unser Schluss wäre falsch. Damit haben wir das erste Problem des Empirismus erkannt: Die Induktion ist nicht zwingend und daher kann man sich über die Wahrheit der damit formulierten Schlüsse nie sicher sein. Außerdem braucht man als Empirist trotzdem den Verstand um zu wahrer Erkenntnis zu gelangen, weil man die Informationen die man über die Sinne erlangt, ja auf irgendeine Art und Weise verarbeiten und speichern muss.

In unserem Kurs haben wir den langjährigen Streit zwischen den Empiristen und den Rationalisten einmal selbst nachgestellt, indem wir uns zuerst nach Interessenlage in die zwei Gruppen aufgeteilt haben. Während sich die Rationalisten mit dem *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans les sciences* von René Descartes beschäftigten, lasen die Empiristen David Humes *Inquire concerning human understanding.* Danach prallten beide Positionen aufeinander und es entstand eine hitzige Diskussion darüber, ob Empirismus oder Rationalismus die richtige erkenntnistheoretische Position sei. Nach dieser Diskussion kamen wir zu dem Schluss, dass wir die beiden Wege zum Erlangen von Erkenntnis miteinander verknüpfen müssen, um eine „Bedienungsanleitung für das Denken“ zu schreiben, mit der alle zufrieden sind. Doch auf diese kamen wir erst später zurück, denn um unsere Bedienungsanleitung allgemein formulieren zu können mussten wir uns erst über die Art unseres Denkens klar werden – und dabei half uns Kant.

Immanuel Kant und die kopernikanische Wende

Giulia Dovico

Immanuel Kant hatte Lea schon in ihrer Einführung in die Geschichte der Erkenntnistheorie zu Beginn der Akademie erwähnt. Nun kamen wir auf ihn zurück, um die Begriffe *Wissenschaft* und *Metaphysik* zu klären. Sämtliche Vorschläge unserer Seite diese Begriffe zu definieren, stifteten eigentlich nur noch mehr Verwirrung. Im Bezug auf die Wissenschaft einigten wir uns auf: „Prozess methodisch betriebener Forschung.“ Außerdem hatten einige gelesen, dass die Metaphysik eine philosophische Disziplin sei. Doch um was es in der Metaphysik geht, konnten wir uns nur Stück für Stück wie ein Puzzle zusammenreimen. Die Metaphysik behandelt die letzten großen Fragen wie die nach dem Sinn der Welt, beschäftigt sich mit eher schwammigen Begriffen wie Freiheit, Unsterblichkeit und Gott oder sucht nach Grundstrukturen der Wirklichkeit. Wir waren alle etwas konfus, vor allem weil die Physik uns als Wissenschaft bekannt war, aber was hieß dieses *Meta*? Meta ist griechisch und bedeutet soviel wie „hinter, nach“. Oft wird die Entstehung des Begriffs auf eine bibliothekarische Ordnung der Bücher von Aristoteles zurückgeführt. Dort fanden die Bücher, die sich mit den oben genannten Themen befassten, ihren Platz hinter denen zur Physik. Allerdings ist Physik eine Wissenschaft und die Metaphysik schien die methodische Forschung, die jeder Wissenschaft zugrunde liegt, nicht zu besitzen. Tatsächlich war die Metaphysik vor Kant nur „ein bloßes Herumtappen“ und keine wissenschaftliche Disziplin. Der Königsberger Philosoph hatte sich mit der Frage beschäftigt, wie Metaphysik als Wissenschaft möglich ist. Er veröffentlichte 1781 die *Kritik der reinen Vernunft*, in der er die Metaphysik neu begründete. Denn seine Untersuchungen ergaben, dass die traditionelle Metaphysik, die nur auf Nachdenken basierte und damit subjektiv war, unmöglich zu einem allgemein akzeptierbaren Ergebnis kommen könne. Er wollte nun wissen, ob die Möglichkeit für eine wissenschaftliche Metaphysik besteht. Gibt es Gesetzmäßigkeiten für nicht physikalische Dinge wie den Verstand? Kant dachte über das Denken nach und zwar auf sehr überzeugende, weil methodische Art und Weise. Lea hatte uns einen Auszug aus der *Kleinen Geschichte der abendländlichen Metaphysik* von Jörg Disse mitgebracht, in dem er sich auf Kant bezog, den wir zusammen lasen.

Kant definiert Urteile, die die Wissenschaftlichkeit der Metaphysik garantieren sollen. Diese Urteile heißen *synthetische Urteile a priori*. Urteile *a priori* sind für Kant Urteile, die von allen Sinneseindrücken unabhängig und vor aller Erfahrung sind. Ein Beispiel für ein apriorisches Urteil ist $7 + 5 = 12$. Dagegen sind Urteile *a posteriori* Urteile, die ihren Ursprung in Sinneseindrücken haben. Ein Beispiel dafür ist: „Das Wasser gefriert bei 0 Grad Celcius." Aposteriorische Urteile sind nicht zwingend (es könnte ja sein, dass alle meine Beobachtungen, die mich auf den Gefrierpunkt des Wassers haben schließen lassen, nur zufällig immer null Grad ergeben haben) und daher für Kant unbrauchbar, denn er will gesicherte Erkenntnis erlangen. Ebenfalls ausgeschlossen werden *analytische Urteile*, das Gegenteil von synthetischen Urteilen. Analytische Urteile sind solche, deren Prädikat schon im Subjekt enthalten ist und die daher keine neuen Erkenntnisse liefern. Unser beliebtestes Beispiel war folgendes: „Ein Junggeselle ist ein unverheirateter Mann." In dem Begriff „Junggeselle" ist schon enthalten, dass es sich um einen unverheirateten Mann handelt.

Synthetische Urteile hingegen sind Urteile, die durch Verknüpfung entstehen und Erkenntnisse über das Subjekt zum Ausdruck bringen. Ein Beispiel ist: „Dieses Wasser enthält Bakterien." Nachdem diese Begriffe definiert worden waren, war uns die Sache aber kaum klarer. Stattdessen kamen wir nun zu dem Teil, für dessen Inhalt Kant vor allem berühmt ist: Er versöhnte die beiden gegensätzlichen Strömungen des Empirismus und des Rationalismus. Der Streit dieser Positionen ist für Kant in Anbetracht des Erfolges der Naturwissenschaften, die sich beider Quellen bedienen, schlicht unangebracht. Er erklärt, dass nicht nur dem Verstand, sondern auch den Sinneswahrnehmungen apriorische Strukturen zu Grunde liegen und dass wir beide „Stämme der menschlichen Erkenntnis", wie er sie nennt, brauchen, um neue Erkenntnisse zu erlangen. Die Sinne brauchen den Verstand, denn sonst können ihre Reize nicht verarbeitet werden und die Information geht verloren. Und der Verstand braucht die Sinnlichkeit, um zum Beispiel den Begriff „Stuhl" mit dem entsprechenden Gegenstand verbinden zu können. Aber welche apriorische Strukturen liegen der sinnlichen Wahrnehmung denn zu Grunde?

Hierzu ein Gedankenexperiment: Die Sinnlichkeit kann man mit einer Brille gleichsetzen, die man immer auf der Nase hat und nicht abnehmen kann. Nicht abnehmen deshalb, weil uns nicht die Möglichkeit gegeben ist, von einem Standpunkt außerhalb unserer Wahrnehmung auf diese zu blicken. Nun beobachten wir, welche Strukturen immer in unseren Wahrnehmungen vorkommen. Hat die Brille zum Beispiel rote Gläser, wird diese Farbe in allen unseren Wahrnehmungen auftauchen und wir können auf die Struktur der Brille schließen, nämlich dass sie rote Gläser hat. Nun überlegten wir uns, welche Strukturen immer in unserer Wahrnehmung auftauchen. Diese Strukturen sind Zeit und Raum.

Aber wie wirken sich diese apriorischen Strukturen auf unsere Vorstellung aus? Wenn wir uns eine Linie vorstellen, so stellen wir uns diese Linie innerhalb eines Raumes vor, zum Beispiel auf einem Blatt Papier. Wir stellen uns auch die Zeit vor, die wir brauchen, um zwei Punkte zu einer Linie zu verbinden. Jemand warf ein, dass man dann aber auch die Farbe hinzunehmen müsse, schließlich stellt sich doch wohl jeder die Linie in einer Farbe vor. Maurice argumentierte dagegen: Er begründete es physikalisch, indem er zu bedenken gab, dass die Voraussetzung für Farbe Licht sei und wenn es nur Zeit und Raum gebe, dann könne man ohne Licht nur alles schwarz sehen und schwarz sei keine Farbe.

Nachdem wir alle Unklarheiten beseitigt und uns noch einmal ins Gedächtnis gerufen hatten, was *synthetisch* und *a priori* bedeutet, wagten wir uns nach einer kleinen Pause an den letzten Teil mit dem verwirrenden Titel *Transzendentale Deduktion*.

Transzendental ist die Erkenntnis, die sich mit unserer Erkenntnisart von Gegenständen beschäftigt (nicht zu verwechseln mit *transzendent* also dem, was über unsere Erkenntnismöglichkeiten hinausgeht) und transzendentale Deduktion ist das Einordnen der Wahrnehmungen in den Verstand.

In diesem Teil lernten wir ein Begriffsmonstrum kennen, das bald zu unserem Lieblingswort wurde, die *transzendentale Einheit der Apperzeption*. Laut Kant gibt es in uns eine Einheit, die mehrere Urteile, die wir uns gebildet haben, mit verschiedenen Kategorien verbindet, sie also in eine Art Schubladen einordnet. Diese Kategorien sind die apriorischen Strukturen des Verstandes und damit auch die Voraussetzung für allgemeine und notwendige Erkenntnis. Ein Beispiel: Eine Kategorie ist die der Kausalität. Wenn man sagt: „Der Kaffee ist kalt, weil er schon so lange da steht“, dann können unsere Sinne den Kaffee und die Kälte erkennen und der Verstand erinnert sich daran, dass er schon lange da steht. Die kausale Verknüpfung der beiden Aussagen (das „weil“ im Satz, wenn man so möchte), hat aber irgendetwas jenseits der beiden Erkenntnisquellen eingefügt: die transzendentale Einheit der Apperzeption. Dann kann der Verstand erkennen, dass das lange Dastehen der Grund für das Kaltwerden des Kaffees war.

Und dann begriffen wir endlich, was synthetische Urteile a priori sind: Es sind durch unsere Sinneswahrnehmung entstandene synthetische Urteile, die durch die transzendentale Einheit der Apperzeption in die apriorischen Strukturen unseres Verstandes eingeordnet und somit allgemein und notwendig werden. *Allgemein* heißt, dass die transzendentale Einheit der Apperzeption nie an Gültigkeit verliert, weil sie sich niemals ändert. Heute wissen wir, dass unser *Wahrnehmungsapparat* sich im Laufe unserer Kindheit weiterentwickelt und keinesfalls von Anfang an vollständig ausgebildet ist. Kant wusste das noch nicht und ging davon aus, dass Menschen mit begrenzten Wahrnehmungsmöglichkeiten einfach Strukturen der Erkenntnis fehlen. *Notwendig* heißt, dass sie zwingend so sein muss und nicht anders sein kann.

Ein Beispiel für ein synthetisches Urteil a priori wäre somit das Urteil „Der Junggeselle ist hübsch.“ Dieses ist ein synthetisches Urteil, weil die Definition von Junggeselle nicht beinhaltet, dass er hübsch ist. Und es ist apriorisch, weil es wie jede andere Wahrnehmung in eine Struktur des Verstandes eingeordnet wurde (die der Qualität) und auch noch existiert, wenn die betreffende Person schon vorbei gelaufen ist.

Wir hatten durch den Text erfahren, dass die Kategorien des Verstandes die Bedingung der Möglichkeit für objektive Erkenntnis sind, es aber ohne die Sinne auch nicht geht. Nun versuchten wir, eine Art Bedienungsanleitung für das Denken aufzustellen. Wir kamen auf ein nicht besonders zufrieden stellendes Ergebnis, nämlich, dass es verteufelt schwer ist denkend herauszufinden, wie das Denken funktioniert. Hier unser erster Versuch:

1. Augen auf und Hirn einschalten.
2. Weitere Erkenntnisse durch Logik erschließen.
3. Lass Deine transzendentale Einheit der Apperzeption die Mannigfaltigkeit der sinnlichen Wahrnehmung zu Begriffen zusammenfassen und damit notwendige und allgemeine Urteile formen.

Aber als wir unsere Anleitung an Beispielen ausprobierten, kamen wir ziemlich schnell an eine unüberwindbare Grenze. Den dritten Punkt wollten wir nicht antasten, aber manchmal reichen die Augen allein nicht und manche logischen Schlüsse, wie die Induktion, sind subjektiven Ursprungs. Wie hat Kant das nur geschafft?

Kants *Kritik der reinen Vernunft*, wobei mit Kritik hier Untersuchung gemeint ist, war revolutionär. Durch sie wurde die sogenannte *kopernikanische Wende der Philosophie* ausgelöst. Nicht die Erkenntnis sollte sich nach den Gegenständen, sondern die Gegenstände nach den Strukturen unserer Erkenntnis richten. Diese 180-Grad-Wende in der Philosophie trägt deshalb den Namen des berühmten Astronoms, weil man die beiden Systeme gut miteinander vergleichen kann. So wie laut Kopernikus die Planeten um die Sonne kreisen, so kreisen bei Kant die erkannten Gegenstände um den Verstand, aber nur so, wie wir sie erkannt haben, sie müssen nicht wirklich so sein.

Es bleibt nur noch die Frage, wie man auf solche Gedanken kommt. Aber da müssten wir Kant, glaube ich, selbst fragen können.

Was ist Wahrheit?

Lennard Franz

Das Ziel aller Wissenschaften ist es, die Wahrheit zu finden. Die Religionen meinen, die Wahrheit bereits zu kennen. Zwischen Menschen spielt die Wahrheit auch eine sehr große Rolle. In unserem Kurs sind wir auf die Frage: „Was ist Wahrheit?“ gestoßen, als wir gerade über die wahre Erkenntnis diskutierten. Wir haben über diese Frage viel diskutiert, und wir kamen zu dem Schluss, uns mit verschiedenen Wahrheitstheorien beschäftigen zu wollen.

Jeweils zu dritt beschäftigten wir uns mit einer Wahrheitstheorie. Die Gruppen recherchierten und diskutierten intern, bis jede Gruppe ihre Wahrheitstheorie vorstellen konnte. Los ging es mit der *Korrespondenztheorie der Wahrheit*, die besagt, dass Aussagen genau dann wahr sind, wenn sie mit der Realität übereinstimmen (korrespondieren). Wenn also die Tatsache mit der Aussage übereinstimmt, dann ist die Aussage nach der Korrespondenztheorie wahr. Zum Beispiel: Die Aussage „Das Auto ist grün“ ist dann wahr, wenn das Auto grün ist. So weit so gut, aber in unserem Kurs kam dabei die Frage auf, was passiert, wenn jemand rot-grün blind ist. Dann würde er es doch nicht für die Wahrheit halten, dass das Auto grün ist. Die Aussage würde nicht mit seiner Realität übereinstimmen und er wäre der Meinung, dass sie falsch ist. Oder wenn zum Beispiel jemand sagt: „Sie liebt mich“ und davon überzeugt ist, dann hält er es auch für die Wahrheit, obwohl es vielleicht gar nicht stimmt. Wahrheit ist also ein subjektiver Begriff. Das löste eine lange Diskussion aus, an deren Ende wir zu dem Schluss kamen, dass Wahrheit objektiv sein sollte. Wir waren mit dem Ergebnis dieser Diskussion solange zufrieden, bis die nächste Gruppe eine weitere Wahrheitstheorie in den Raum stellte – *die sprachorientierte Wahrheitstheorie*.

Für sprachorientierte Wahrheitstheorien geht Wahrheit nicht aus dem Denken oder der Korrespondenz mit der Realität hervor, sondern Wahrheit ist eine Eigenschaft von sprachlichen Gebilden. Im Satz „Das Auto ist grün“ steht dann nicht die Farbe des Autos zur Debatte, sondern die Sprache mit der diese Aussage getroffen wird. Alfred Tarski gründete die einflussreichste unter den sprachlichen Wahrheitstheorien, die *semantische Wahrheitstheorie*: Damit man Aussagen mit Wahrheitswerten belegen kann, muss man die Sprache hierarchisieren. Man benötigt eine Sprache, mit der man über Sprache sprechen kann, deshalb trennte er die Sprache in *Metasprache und Objektsprache*. Nach der Vorstellung dieser Wahrheitstheorie waren viele unter uns ein wenig hilflos, was denn nun Wahrheit ist. Gerade eben waren wir uns darüber einig geworden, dass Wahrheit ein objektiver Begriff ist und jetzt merkten wir, dass man Wahrheit auch von einer ganz anderen Seite betrachten kann.

Die nächste Wahrheitstheorie brachte uns wieder ein Stück unserer Diskussionsfreudigkeit und der Überzeugung, der richtigen Meinung zu sein, zurück – *die Kohärenztheorie der Wahrheit*. Wenn eine Aussage Teil eines kohärenten Systems von Aussagen ist, dann ist sie nach der Kohärenztheorie wahr. Das heißt, dass ein Satz, wenn er in eine inhaltlich zusammenhängende Gesamtmenge von Sätzen widerspruchslos passt, wahr ist. Bei vielen von uns traf das auf Unverständnis, denn es kann sein, dass eine Aussage in der einen Theorie wahr, in der anderen aber falsch ist.

Daraufhin wurde uns von der nächsten Gruppe die *pragmatische Wahrheitstheorie* vorgestellt, deren Vertreter davon überzeugt sind, dass die Handlung das Kriterium ist, dem der Wahrheitsanspruch genügen muss. Im Klartext: Wenn das, was wir basierend auf der Satzaussage tun, etwas Brauchbares hervorbringt, dann ist es wahr. Ähnlich ist die Vorgehensweise in der Wissenschaft, weil Theorien solange als wahr angesehen werden, bis man sie widerlegt. Aber könnten dann nicht auch falsche Aussagen nützlich sein? Ja, und deshalb haben wir auch dieser Wahrheitstheorie nicht zugestimmt, da Nutzen für uns nicht gleichbedeutend mit Wahrheit ist.

Zu guter Letzt wurde uns die *Konsenstheorie der Wahrheit* vorgestellt. Eine Aussage ist ihr zufolge dann wahr, wenn ein Konsens über ihre Wahrheit besteht. Dieses Konzept funktioniert aber nur, wenn jedes Mitglied des Zusammenschlusses, der über die Wahrheit einer Aussage bestimmt, die jeweilige Sprache beherrscht, sich in dem entsprechenden Gebiet auskennt und auch den Willen hat, etwas Sinnvolles auszuarbeiten. Aber wieso sollte dieser Zusammenschluss Recht haben? Daraufhin bildeten sich in unserem Kurs zwei Meinungen heraus: Einerseits kann eine Aussage nicht per Abstimmung wahr gemacht werden, da die Menschen, die im Konsens über die Wahrheit einer Aussage sind, selbst vielleicht gar nicht wissen, was wahr ist oder nicht. Andererseits kann eine Aussage allgemein nachvollziehbar oder zumindest sehr wahrscheinlich sein und deshalb von vielen Menschen als wahr akzeptiert werden.

Insgesamt zeigte sich, dass die Wahrheit eher subjektiv geprägt ist und wir nicht mehr von einem objektiven Begriff ausgehen können. Nach einer letzten, ausführlichen Diskussion fanden viele von uns die Korrespondenztheorie am einleuchtensten und plausibelsten. Doch das warf eine neue Frage bei uns auf: Die Korrespondenztheorie sagt, dass Aussagen dann wahr sind, wenn sie mit der Realität übereinstimmen, doch wie können wir beweisen, dass das, was wir für die Realität halten, auch wirklich die Realität ist (vgl. grünes Auto)? Diese Frage wurde weiter oben bereits im Rahmen der Erkenntnistheorie aufgegriffen.

Mathematische Beweise

Gregor Englert

Neben dem Kennenlernen und der Einführung in die Philosophie von Aristoteles beschäftigten wir uns während des Eröffnungswochenendes mit verschiedenen mathematischen Beweistechniken, die uns im Sommer als Handwerkszeug für den mathematischen Teil unseres Kurses dienten. So lernten wir innerhalb weniger Kursstunden fünf unterschiedliche Verfahren kennen, mit denen wir sowohl einfache, als auch komplexe mathematische Sachverhalte beweisen konnten.

Der direkte Beweis

Beim *direkten Beweis* wird die zu zeigende Aussage durch Umformungen aus den Voraussetzungen und bereits bekannten Aussagen gewonnen.

Beispiel: Sind a und b ungerade natürliche Zahlen, so ist $a + b$ gerade.

Beweis: Da a und b ungerade sind, können wir auch schreiben

$$a = 2m + 1, b = 2n + 1,$$

wobei m und n natürliche Zahlen sind. Hieraus folgt

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

Folglich muss $a + b$ gerade sein, da man $2(m + n + 1)$ durch 2 teilen kann.

Der indirekte Beweis

Durch das Beweisen der logischen Umkehrung eines Satzes wird der Satz selbst bewiesen. Für einen Satz wie „Wenn es regnet, ist die Straße nass“ ist die logische Umkehrung „Die Straße ist nicht nass, also regnet es nicht“.

Beispiel: Eine vollkommene Zahl (das ist eine Zahl, die gleich der Summe ihrer echten Teiler ist, wie $6 = 1 + 2 + 3$) ist nicht prim.

Beweis: Wir zeigen die logische Umkehrung, also, dass eine Primzahl nicht vollkommen ist. Sei p eine Primzahl. Dann ist 1 der einzige echte Teiler. Da 1 aber keine Primzahl ist, ist p nicht vollkommen.

Der Widerspruchsbeweis

Beim *Widerspruchsbeweis* wird eine Aussage gezeigt, indem durch die Annahme ihres Gegenteils ein logischer Widerspruch abgeleitet wird.

Beispiel: $\sqrt{2}$ ist irrational.

Beweis: Angenommen $\sqrt{2}$ ist rational, also

$$\sqrt{2} = \frac{p}{q},$$

wobei p und $q \neq 0$ ganze und teilerfremde Zahlen sind (sonst kann man den Bruch kürzen). Es folgt

$$2 = \frac{p^2}{q^2} \quad \Rightarrow \quad 2q^2 = p^2.$$

Hieraus folgt, dass p^2 und somit auch p selbst eine gerade Zahl ist, also $p = 2k$. Es folgt

$$2q^2 = p^2 = 4k^2 \quad \Rightarrow \quad q^2 = 2k^2.$$

Somit ist q^2 und damit auch q gerade. Da aber p und q teilerfremd sind, folgt ein Widerspruch! Folglich ist $\sqrt{2}$ irrational.

Der Äquivalenzbeweis

Als viertes lernten wir den *Äquivalenzbeweis* kennen, mit dem ein Satz wie „Eine Zahl ist genau dann gerade, wenn ihr Quadrat gerade ist“ bewiesen werden kann. Bei solch einem Satz muss man nicht nur beweisen, dass, wenn eine Zahl gerade ist, auch ihr Quadrat gerade ist, sondern auch, dass, wenn das Quadrat gerade ist, auch die Zahl selbst gerade ist. Den Satz selbst kann man durch zwei einfache Überlegungen schnell beweisen.

Zu beweisen ist: n gerade $\Leftrightarrow n^2$ gerade. Jetzt sind beide Richtungen des Äquivalenzpfeils zu zeigen:

1) „$\Rightarrow$“: n gerade $\Rightarrow n^2$ gerade

$$\begin{aligned} n = 2m \;\Rightarrow\; n^2 &= (2m)^2 \\ &= 4m^2 = 2 \cdot 2m^2 = 2k, \end{aligned}$$

also ebenfalls eine gerade Zahl.

2) „$\Leftarrow$“: n gerade $\Leftarrow n^2$ gerade

Diese Aussage kann indirekt gezeigt werden: Sei $n = 2m + 1$ ungerade. Dann ist

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

also eine ungerade Zahl.

Die vollständige Induktion

Diese Beweisart war die anspruchsvollste, die wir in der kurzen Zeit des Eröffnungswochenendes kennen gelernt haben. Sie kann angewendet werden, wenn eine Aussage für alle natürlichen Zahlen n gezeigt werden soll. Beim Induktionsanfang wird die Aussage für das kleinstmögliche n gezeigt. Im Induktionsschritt nimmt man an, dass die Aussage für ein beliebiges n bereits gilt und folgert daraus, dass die Aussage auch für $n + 1$ wahr ist.

Beispiel: Die Summe der ersten n ungeraden Zahl ist n^2, also

$$1+3+5+\ldots+(2n-1)=n^2.$$

Induktionsanfang: $n=1$: $1=1^2$.

Induktionsannahme: Es gelte

$$1+3+5+\ldots+(2n-1)=n^2$$

für ein n.

Induktionsschritt:

$$1+3+5+\ldots+(2n-1)+(2(n+1)-1)$$

$$=n^2+(2(n+1)-1)=n^2+2n+1=(n+1)^2$$

Wie sich während der Sommerakademie herausstellte, waren die Beweistechniken, die wir am Eröffnungswochenende kennengelernt haben, die entscheidenden Werkzeuge für den Mathematikteil unseres Kurses. Daher bestand ein großer Teil der Aufgabenblätter, die wir zwischen dem Eröffnungswochenende und der Sommerakademie bearbeitet haben, aus verschiedenen Übungen zu diesen Beweisarten. Dieses Wissen wird uns aber sicherlich auch für unsere weitere Zukunft in der Schule von Nutzen sein, da dort die Beweise, die hinter den behandelten Sätzen und Regeln stehen, meist vernachlässigt werden. Während der Sommerakademie benötigten wir diese Beweistechniken für die Aussagenlogik und für unsere Überlegungen zur Unendlichkeit, die im nächsten Abschnitt vorgestellt werden.

Unendlichkeit

Sebastian Wößner

Gibt es eigentlich mehr ganze Zahlen oder mehr natürliche Zahlen? Beide Zahlenmengen haben unendlich viele Elemente, aber die ganzen Zahlen enthalten die natürlichen Zahlen und noch alle negativen ganzen Zahlen dazu. Trotzdem gibt es von beiden Mengen gleich viele Elemente. Das kann man zeigen, indem man jeder ganzen Zahl eine natürliche Zahl zuordnet und umgekehrt:

Natürliche Zahlen	Ganze Zahlen
0	0
1	1
2	-1
3	2
4	-2
5	3
6	-3
...	...

In diesem System wird garantiert jede ganze und jede natürliche Zahl genau einmal vorkommen. Folglich umfassen beide Mengen genau gleich viele Elemente. Eine solche unendliche Menge, bei der jedem Element genau eine natürliche Zahl zugeordnet werden kann, heißt *abzählbar unendlich.*

Auch die Menge der rationalen Zahlen ist abzählbar unendlich. Alle rationalen Zahlen sind als Brüche darstellbar. In dieser Tabelle wird nun von einem Bruch zum nächsten abgezählt, indem man in der oberen Zeile anfängt und dann diagonal nach links bis zum linken Rand durchzählt. Die Brüche, die in gekürzter Form bereits gezählt wurden, werden nicht mehr mitgezählt.

$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{1}$	$\frac{3}{1}$	$\frac{4}{1}$	$\frac{5}{1}$	...
$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{3}{2}$	$\frac{4}{2}$	$\frac{5}{2}$	...
$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{4}{3}$	$\frac{5}{3}$	...
$\frac{1}{4}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{5}{4}$	...
$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{5}$	...
...	...	...	...	...	...

Somit erhält man eine Abzählung aller positiven Brüche. Diese wird nun um die 0 und die jeweiligen Gegenzahlen der Brüche erweitert:

Natürliche Zahlen	Rationale Zahlen
0	0
1	$\frac{1}{1}$
2	$-\frac{1}{1}$
3	$\frac{2}{1}$
4	$-\frac{2}{1}$
5	$\frac{1}{2}$
6	$-\frac{1}{2}$
...	...

Die Menge der reellen Zahlen ist allerdings nicht abzählbar unendlich. Dies kann man beweisen, indem man zeigt, dass schon alle reellen Zahlen größer 0 und kleiner oder gleich 1 nicht abzählbar sind. Alle Zahlen zwischen 0 und 1 sind als Dezimalzahlen mit unendlich vielen Nachkommastellen darstellbar (z. B. $1 = 0{,}999999\ldots$ oder $0{,}25 = 0{,}249999\ldots$). In diesem Fall beginnen diese Zahlen alle mit einer 0 vor dem Komma. Angenommen, diese reellen Zahlen wären abzählbar, dann könnte man sie nacheinander auflisten:

$$a_1 = 0, a_{11}\, a_{12}\, a_{13}\, a_{14}\, a_{15} \ldots$$

$$a_2 = 0, a_{21}\, a_{22}\, a_{23}\, a_{24}\, a_{25} \ldots$$

$$a_3 = 0, a_{31}\, a_{32}\, a_{33}\, a_{34}\, a_{35} \ldots$$

$$\ldots$$

Es lässt sich aber eine reelle Zahl konstruieren, die in dieser Aufzählung nicht vorkommt und deshalb beweist, dass die Aufzählung unvollständig ist. Die Nachkommastellen der Zahl

$$b = 0, b_1\, b_2\, b_3\, b_4\, b_5 \ldots$$

werden so gewählt, dass die Ziffer b_1 ungleich der Ziffer a_{11} und ungleich 0 ist. Die Ziffer b_2 wird so gewählt, dass sie nicht der Ziffer a_{22} entspricht und ungleich 0 ist u. s. w. Es gibt jeweils mindestens 8 verschiedene Möglichkeiten die Ziffer b_n so zu wählen, dass sie nicht der Ziffer a_{nn} entspricht und von 0 verschieden ist. Somit unterscheidet sich die erste Nachkommastelle von b von der ersten Nachkommastelle von a_1 in der Auflistung und die n-te Nachkommastelle von b unterscheidet sich von der n-ten Nachkommastelle der Zahl a_n. Die Annahme, dass die Liste alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1 enthält, führt zu einem Widerspruch, folglich sind alle reellen Zahlen zwischen 0 und 1 nicht abzählbar. Wenn nun alle Zahlen zwischen 0 und 1 nicht abzählbar sind, kann die Menge der reellen Zahlen nicht abzählbar sein.

Um uns zu überlegen, welche Mengen ebenfalls abzählbar sind, betrachteten wir das Hilbertsche Hotel. Dieses Hotel hat unendlich viele Zimmer, genauer gesagt abzählbar unendlich viele Zimmer, die alle durchnummeriert sind. Eines Abends sind alle Zimmer belegt, doch ein weiterer Gast möchte noch ein Zimmer. Das Hotel ist zwar voll, kann den Gast aber trotzdem noch aufnehmen und zwar folgendermaßen: Jeder Gast zieht in das Zimmer mit der nächst höheren Zimmernummer. Der Gast aus Zimmer 1 geht in Zimmer 2, der aus Zimmer 2 in Zimmer 3 u. s. w. Dies ist möglich, weil das Hotel unendlich viele Zimmer hat und es für jede Zimmernummer eine nächsthöhere Zimmernummer gibt. Nun kann der neue Gast in Zimmer 1 übernachten.

Als nächstes fährt ein Bus mit abzählbar unendlich vielen Insassen vor. Hierfür wird eine neue Lösung benötigt, schließlich können die Hotelgäste nicht unendlich viele Zimmer weiterziehen. Jeder Gast erhält die Anweisung, in das Zimmer mit der doppelten Zimmernummer seines aktuellen Zimmers zu gehen. Somit werden alle Räume mit ungerader Nummer frei. Der erste neue Gast zieht in Zimmer 1, der zweite in Zimmer 3 u. s. w. und alle neuen Gäste bekommen ein neues Zimmer.

Selbst wenn abzählbar viele Busse mit jeweils abzählbar vielen Gästen vorfahren, findet der Hoteldirektor eine Möglichkeit, alle neuen Gäste in seinem Hotel unterzubringen. Überlegen

Sie doch einmal selbst, wie das gehen könnte![1]

Die Überlegungen zur Unendlichkeit stellten wir an, um zu zeigen, dass die Menge der aussagenlogischen Formeln abzählbar ist. Diese Eigenschaft haben wir bei dem Beweis des Vollständigkeitssatzes verwendet.

Aussagenlogik

Anna Wackerow

Im aussagenlogischen Teil unseres Kurses beschäftigten wir uns damit, auf welche Weise elementare Aussagen miteinander verknüpft werden können. Eine elementare Aussage in diesem Sinne sind beispielsweise die Sätze „Es regnet“ oder „Die Straße ist nass.“ , die über die Wenn-dann-Beziehung „Wenn es regnet, dann ist die Straße nass“ zu einer komplexeren Aussage verknüpft werden können. Hierbei ist die Aussage „Es regnet“ hinreichend dafür, dass die Straße nass ist und dass die Straße nass ist, ist notwendig dafür, dass es regnet.

Um solche Zusammenhänge allgemein auszudrücken, definierten wir die Menge der aussagenlogischen Formeln wie folgt:

1. Die *Aussagevariablen* $A, B, C, \ldots$ und A_1, A_2, $A_3, \ldots$ sind aussagenlogische Formeln.
2. Ist φ eine aussagenlogische Formel, so auch ihre *Negation* $\neg\varphi$.
3. Sind φ und ψ aussagenlogische Formeln, so auch die *Implikation* $\varphi \to \psi$ (lies: φ impliziert ψ), die *Äquivalenz* $\varphi \leftrightarrow \psi$ (lies: φ genau dann wenn ψ), die *Konjunktion* $\varphi \wedge \psi$ (lies: φ und ψ) und die *Disjunktion* $\varphi \vee \psi$ (lies: φ oder ψ).
4. Das sind alle aussagenlogischen Formeln.

[1] Lösung zur Hilbert-Hotel-Aufgabe: Jeder bisherige Gast zieht in das Zimmer mit doppelter Nummer. Die Busse werden mit den ungeraden Primzahlen $p = 3, 5, 7, 11$ u. s. w. und die Insassen der Busse mit den natürlichen Zahlen $n = 1, 2, 3, 4$ u. s. w. durchnummeriert. Jeder Fahrgast potenziert die Nummer seines Busses p mit seiner Platznummer n und zieht dann in das Zimmer mit der Nummer p^n. Dabei bleiben zwar unendlich viele Zimmer frei, wie z. B. Zimmer 15, aber der Hoteldirektor ist sich sicher, dass ohnehin noch weitere Gäste an diesem Abend ankommen werden. Dieses System setzt voraus, dass es unendlich viele Primzahlen gibt, was wir während des Eröffnungswochenendes bewiesen hatten.

Negation, Implikation, Äquivalenz, Konjunktion und Disjunktion kann man in einer Formel beliebig oft kombinieren. So sind zum Beispiel folgende Ausdrücke nach unserer Definition aussagenlogische Formeln:

- A
- $\neg B$
- $((\neg\neg A \vee B) \wedge (B \to C)) \leftrightarrow D$

Für alle aussagenlogische Formeln und damit insbesondere für die Aussagevariablen gelten die Prinzipien der klassischen Logik:

1. Es gibt genau zwei Wahrheitswerte: wahr „W“ und falsch „F“.
2. Jede Aussage hat höchstens einen Wahrheitswert (Satz vom Widerspruch).
3. Jede Aussage hat mindestens einen Wahrheitswert (Satz vom ausgeschlossenen Dritten).
4. Bivalenzprinzip: Jede Aussage ist entweder wahr oder falsch (Zusammenfassung der ersten drei Punkte).

Mit Hilfe von Wahrheitstabellen können die Wahrheitswerte von zusammengesetzten Formeln ausgerechnet werden. Hierbei werden in den ersten Spalten der Wahrheitstabelle alle in den Formeln vorkommenden Aussagevariablen notiert. In die weiteren Spalten schreibt man die zusammengesetzten Formeln, deren Wahrheitswerte man bestimmen will. In den Zeilen werden jeweils alle Kombinationen von Wahrheitswerten der in den Formeln vorkommenden Aussagevariablen aufgelistet. Eine solche Kombination nennt man *Belegung*. Die folgenden beiden Wahrheitstabellen definieren, wie sich die Wahrheitswerte unter Anwendung der oben definierten Junktoren verhalten:

A	$\neg A$
W	F
F	W

A	B	$A \to B$	$A \leftrightarrow B$	$A \wedge B$	$A \vee B$
W	W	W	W	W	W
W	F	F	F	F	W
F	W	W	F	F	W
F	F	W	W	F	F

Mit Hilfe der folgenden Wahrheitstabelle werden die Wahrheitswerte von drei aussagenlogischen Formeln unter allen möglichen Belegungen ihrer Aussagevariablen bestimmt:

A	B	$A \to (B \to A)$	$A \wedge \neg A$	$\neg A \vee B$
W	W	W	F	W
W	F	W	F	F
F	W	W	F	W
F	F	W	F	W

Hierbei zeigt sich, dass es Formeln gibt, die unabhängig von ihrer Belegung immer wahr oder immer falsch sind. Solche Formeln erfordern unsere besondere Aufmerksamkeit: Eine Formel φ heißt *allgemeingültig*, wenn sie unter allen Belegungen der in ihr vorkommenden Aussagevariablen wahr ist. Eine Formel φ heißt *widersprüchlich*, wenn sie unter allen Belegungen der in ihr vorkommenden Aussagevariablen falsch ist. Eine Formel φ heißt *erfüllbar*, wenn sie nicht widersprüchlich ist, d. h. wenn es mindestens eine Belegung gibt, unter der sie wahr ist. Jede allgemeingültige Formel ist erfüllbar. Zudem zeigen die Tabellen, dass es Formeln gibt, die unter den gleichen Belegungen, die gleichen Wahrheitswerte annehmen. Solche Formeln nennt man *logisch äquivalent*

$$\neg A \vee B \equiv A \to B.$$

Während des Kurses im Sommer haben wir sogar gezeigt, dass es zu jeder aussagenlogischen Formel φ eine logisch äquivalente Formel ψ gibt, in der nur die Negation $\neg$ und das logische oder $\vee$ vorkommen.

„Alle wahren Aussagen in der Aussagenlogik sind beweisbar." Diesen Satz zu zeigen war unser Kursziel im Bereich Aussagenlogik und Beweisbarkeit. Doch wie kann man eine solche Aussage überhaupt beweisen?

Zunächst mussten wir definieren, was Wahrheit im aussagenlogischen Sinn bedeutet: Sei φ eine Formel und T eine möglicherweise unendliche Menge von Formeln, so folgt φ logisch aus T (man sagt auch φ ist wahr unter den Voraussetzungen T), wenn φ immer dann wahr ist, wenn alle Formeln in T wahr sind. Man schreibt dann

$$T \vDash \varphi.$$

Für allgemeingültige Formeln, die unabhängig von jeder Voraussetzung immer wahr sind, gilt

$$\vDash \varphi.$$

Für den Beweis des Vollständigkeitssatzes verwendeten wir den Satz über Folgerung und Erfüllbarkeit, den wir an dieser Stelle beweisen:

$$T \vDash \varphi \Leftrightarrow T \cup \{\neg\varphi\} \text{ ist nicht erfüllbar}$$

bzw.

$$T \nvDash \varphi \Leftrightarrow T \cup \{\neg\varphi\} \text{ ist erfüllbar}$$

Eine Formelmenge T heißt *erfüllbar*, wenn es eine Belegung gibt, die alle Formeln in T gleichzeitig wahr macht.

Beweisbarkeit und Vollständigkeitssatz

Maurice Reichert

Nachdem wir uns im vorangegangenen Abschnitt mit der Wahrheit im aussagenlogischen Sinne beschäftigt haben, mussten wir jetzt definieren, was Beweisbarkeit bedeutet: Eine Formel φ heißt bewiesen unter einer Menge von Voraussetzungen T, wenn wir eine Folge von Formeln φ_n aufschreiben können, sodass die letzte Formel $\varphi_n = \varphi$ ist und alle vorherigen Formeln entweder dem Axiom $\neg\varphi \vee \varphi$ oder einer der Formeln aus der Voraussetzungsmenge T entsprechen, oder durch Anwendung einer der folgenden vier Regeln aus vorher aufgeschriebenen Formeln hervorgehen:

- Die Expansion (E):

  $$\psi \vdash \varphi \vee \psi$$

  (Lies: ψ beweist $\varphi \vee \psi$)
- Die Assoziativität (A):

  $$\varphi \vee (\psi \vee \eta) \vdash (\varphi \vee \psi) \vee \eta$$

- Die Kürzung (K):

  $$\varphi \vee \varphi \vdash \varphi$$

- Der Schnitt (S):

  $$\varphi \vee \psi, \neg\varphi \vee \eta \vdash \psi \vee \eta$$

Die Formeln φ, ψ und η stehen hierbei für Platzhalter, die durch beliebige aussagenlogische Formeln ersetzt werden können. Mithilfe dieses Axiomensystems bewiesen wir weitere Regeln, wie die Kommutativität

$$\varphi \vee \psi \vdash \psi \vee \varphi,$$

den Modus ponendo ponens

$$\varphi, \varphi \to \psi \vdash \psi,$$

den Satz über die Negation

$$\varphi \vdash \neg\neg\varphi$$

und viele mehr. Als Beispiele seien die Beweise für die Kommutativität und den Modus ponendo ponens an dieser Stelle aufgeführt:

Beweis der Kommutativität $\varphi \vee \psi \vdash \psi \vee \varphi$:
Aus der Voraussetzung

$$\varphi \vee \psi$$

und dem Axiom

$$\neg\varphi \vee \varphi$$

folgt mit Anwendung der Regel (S)

$$\psi \vee \varphi.$$

Beweis des Modus ponendo ponens

$$\varphi, \varphi \to \psi \vdash \psi :$$

Aus der Voraussetzung φ lässt sich durch Anwendung der Regel (E)

$$\psi \vee \varphi$$

ableiten und daraus durch Anwendung der vorher bewiesenen Kommutativitätsregel

$$\varphi \vee \psi.$$

Zusammen mit der Voraussetzung

$$\varphi \to \psi \equiv \neg\varphi \vee \psi$$

ergibt sich durch die Regel (S)

$$\psi \vee \psi$$

und damit durch Anwendung der Regel (K)

$$\psi.$$

Bei dem Beweis eines Satzes können die Regeln, die zuvor bewiesen wurden, verwendet werden. Auf diese Weise lassen sich ein strukturiertes Regelsystem aufbauen und komplexe Beweise innerhalb der Aussagenlogik führen. Neben den Beweisen für die anderen drei Modi zeigten wir, dass man aus einem Widerspruch alles beweisen kann. Aussagenlogisch lässt sich dieser Satz folgendermaßen darstellen:

$$\neg\varphi, \varphi \vdash \psi$$

Beweis: Aus der Voraussetzung $\neg\varphi$ ergibt sich durch die Regeln (E) und die Kommutativität

$$\neg\varphi \vee \psi \equiv \varphi \to \psi.$$

Aus der zweiten Voraussetzung φ und dem oben gezeigten Modus ponendo ponens ergibt sich ψ.
Da ψ eine beliebige Formel ist, lässt sich aus dem Widerspruch, dass $\neg\varphi$ und φ gilt, alles folgern!

Nachdem wir durch das Führen einiger Beweise innerhalb der Aussagenlogik mit dem Begriff der Beweisbarkeit immer vertrauter wurden, bewiesen wir, dass alle beweisbaren Aussagen auch logisch wahr sind – den *Korrektheitssatz*.

Wir führten diesen Beweis mit einer Induktion über den Aufbau der aussagenlogischen Beweise, in dem wir zeigten, dass logisch wahre Aussagen durch Anwendung der vier Ableitungsregeln wieder in logisch wahre Aussagen umgeformt werden.

Um nun zu unserem Kursziel, dem Vollständigkeitssatz *„Alle wahren Aussagen der Aussagenlogik sind beweisbar"* näher zu kommen, zeigten wir einige Hilfssätze, aus denen wir am Ende den Beweis konstruierten.

Als erstes definierten wir den Begriff der *Konsistenz*: Eine Satzmenge T heißt *konsistent*, wenn es einen Satz φ gibt, der nicht aus T bewiesen werden kann. Dies ist gleichbedeutend damit, dass es keinen Satz φ gibt, sodass φ und seine Negation $\neg\varphi$ aus T bewiesen werden können.

Für den Beweis des *Satzes über Beweisbarkeit und Konsistenz*

$$T \vdash \varphi \Leftrightarrow T \cup \{\neg\varphi\} \text{ ist inkonsistent}$$

bzw.

$$T \nvdash \varphi \Leftrightarrow T \cup \{\neg\varphi\} \text{ ist konsistent}$$

benötigten wir das *Deduktionstheorem*, das den metasprachlichen Begriff der Beweisbarkeit $\vdash$ mit dem aussagenlogischen Implikationspfeil $\rightarrow$ verknüpft:

$$T \vdash \varphi \rightarrow \psi \Leftrightarrow T \cup \{\varphi\} \vdash \psi$$

Nun fehlte uns für den Beweis des Vollständigkeitssatzes lediglich zu zeigen, dass eine konsistente Satzmenge T erfüllbar ist, es also eine Belegung aller in T vorkommenden Aussagenvariablen gibt, die alle Formeln von T gleichzeitig wahr macht. Nachdem wir mit vielen Mühen solch eine Belegung konstruiert hatten, konnte der Beweis des Vollständigkeitssatzes

$$T \vDash \varphi \Rightarrow T \vdash \varphi$$

durch logische Umkehrung gezeigt werden:

$$T \nvdash \varphi \Rightarrow T \cup \{\neg\varphi\} \text{ ist konsistent}$$

$$\Rightarrow T \cup \{\neg\varphi\} \text{ ist erfüllbar } \Rightarrow T \nvDash \varphi.$$

Da wir mit dem Korrektheitssatz die Rückrichtung des Folgepfeils bewiesen haben, gilt schlussendlich

$$T \vDash \varphi \Leftrightarrow T \vdash \varphi.$$

Gödels Unvollständigkeitssatz

Giulia Dovico

David Hilbert hatte 1921 verlangt, dass die Mathematik so auf Axiomen aufgebaut werden soll, dass ihre Widerspruchsfreiheit gezeigt und alle wahren Sätze in ihr bewiesen werden können.

Zehn Jahre später zeigte Kurt Gödel aber, dass jedes formelle System, in dem die Arithmetik der natürlichen Zahlen enthalten ist, entweder inkonsistent (alles kann bewiesen werden) oder unvollständig (es gibt einen wahren Satz, der nicht bewiesen werden kann) ist. Deshalb heißt dieser Satz auch *Unvollständigkeitssatz*. Genauer heißt das: In jedem konsistenten formalen System, in dem die Arithmetik der natürlichen Zahlen enthalten ist, gibt es einen Satz φ, der nicht beweisbar und dessen Negation $\neg\varphi$ ebenfalls nicht beweisbar ist. Eine Folgerung aus Gödels Satz ist, dass die Widerspruchsfreiheit der Mathematik nicht innerhalb der Mathematik bewiesen werden kann.

Natürlich wäre es viel zu aufwändig und kompliziert gewesen, wenn Daniel versucht hätte, uns den ganzen Beweis zu erklären. Aber die Beweisidee bekamen wir erklärt:

Gödel zeigte zunächst, dass die Menge aller Sätze in einem solchen System abzählbar ist und nummerierte alle Sätze durch. Er konstruierte einen Satz innerhalb des Systems, wir nannten ihn φ_m, der aussagte:

Der Satz φ_n ist nicht beweisbar.

Setzt man nun die Nummer m dieses Satzes für das n innerhalb des Satzes ein, ergibt sich ein Satz φ, der von sich selbst aussagt, dass er nicht beweisbar ist. Falls dieser Satz wahr ist, so ist er nicht beweisbar, und damit gäbe es einen wahren Satz, der nicht bewiesen werden kann und das System wäre unvollständig. Falls der Satz falsch ist, so ist er beweisbar. Damit hätten wir aber einen falschen Satz, der bewiesen werden kann, folglich wäre das System inkonsistent.

Das mussten wir erst einmal verdauen. Am Tag zuvor hatten wir gerade unser mathematisches Kursziel erreicht und gezeigt, dass innerhalb der Aussagenlogik alle wahren Sätze bewiesen werden können. Und nun mussten wir erkennen, dass das leider nicht in der Mathematik funktioniert. Gödel zeigte, dass es für manche Sätze keinen Beweis gibt. Somit besteht die Möglichkeit, dass man sich jahrelang den Kopf über ein Problem zerbricht, wofür es dann am Ende keinen Beweis gibt. Obwohl er den Beweis natürlich schon kannte, zeigte sich sogar Daniel beeindruckt von Gödels Ergebnis. Jedenfalls war er verwirrt genug, unser letztes Thema in dem Kurs mit folgenden Worten abzuschließen: „Ich hoffe, dass wir eure mathematische Konsistenz … äh … Kompetenz verbessern konnten.“ Alle lachten. Daniel fügte hinzu: „Der Logikkurs war geil oder nicht geil.“ Worauf Viola meinte: „Geil formuliert.“ Nachdem wir uns im Anschluss mit Hilfe von Paradoxien noch die Widersprüchlichkeit der Sprache veranschaulicht hatten, war es plötzlich gar nicht mehr so schlimm, dass nicht einmal die Mathematik widerspruchsfrei ist.

Selbstbezüglichkeit und Paradoxien

Sharina Kimura

Nachdem wir nun erfahren haben, wie sich Gödel die Selbstbezüglichkeit in der Mathematik zu Nutzen gemacht hat, möchten wir nun die Selbstbezüglichkeit in der Philosophie nutzen und Ihnen einen Einblick in unsere Kursarbeit zum Thema Paradoxien geben. Doch, was ist eine Paradoxie überhaupt? Der Begriff Paradoxie kommt vom Altgriechischen „paradoxon“ und wird als scheinbar oder tatsächlich unauflösbarer Widerspruch definiert. Dies sieht man an folgendem, oben bereits erwähnten, Beispiel sehr deutlich:

„Dieser Satz ist falsch.“

Na, verwirrt? Es fällt sofort auf, dass sich der Satz auf sich selbst bezieht. Ist die Aussage des Satzes wahr, ist der Satz falsch. Ist die Aussage des Satzes jedoch falsch, so ist der Satz wahr. Der Satz scheint also gleichzeitig wahr und falsch zu sein. Dies widerspricht jedoch den Prinzipien der klassischen Logik. Doch ist das zentrale Problem wirklich die Selbstbezüglichkeit? Nein, denn

„Dieser Satz ist richtig.“

bezieht sich ebenfalls auf sich selbst, ist jedoch kein Paradoxon, da die Aussage des Satzes, wenn der Satz richtig ist, ebenfalls richtig und wenn der Satz falsch ist, ebenfalls falsch ist. Folgendes Beispiel zeigt uns eine weitere Problemquelle der Paradoxien:

„Der nächste Satz ist falsch.“
„Der vorherige Satz ist wahr.“

Wenn die Aussage des ersten Satzes wahr ist, so ist die des zweiten Satzes falsch. Ist jedoch die Aussage des zweiten Satzes wahr, muss die des ersten auch wahr sein und somit wäre der zweite Satz wieder falsch und es entsteht ein Teufelskreis. Bertrand Russell hatte dies als *Vicious Circle Principle* (Prinzip Teufelskreis) bezeichnet. Dieses besagt, dass keine Gesamtheit Elemente enthalten kann, die nur über diese Gesamtheit selbst vollständig zu spezifizieren sind. Das heißt, dass wir den ersten Satz nur vollständig beschreiben können, wenn wir den Wahrheitswert des zweiten Satzes kennen. Damit wäre aber schon die Gesamtheit gegeben und wir bräuchten also die Gesamtheit, um ein Element aus der Gesamtheit zu spezifizieren. Genauso ist es mit dem zweiten Satz. Auch ihn können wir nur vollständig beschreiben, wenn wir den Wahrheitswert des ersten Satzes kennen. Zum Glück waren wir nicht die ersten, denen dieses Paradoxon Kopfschmerzen bereitete. Die Selbstbezüglichkeitsparadoxien sind sehr alt und lassen sich auf das Lügnerparadoxon des Kreters Xenon zurückführen, kurz:

„Ich lüge gerade."

Im Vergleich dazu ist ein von Russell erfundenes Paradoxon recht einfach mit einem kleinen Trick zu lösen. Es handelt sich um das Barbier-Paradoxon.

„Der Barbier von Sevilla rasiert alle Männer von Sevilla, nur nicht die, die sich selbst rasieren."

Doch wer rasiert den Barbier? Vielleicht kennen Sie die Lösung ja schon. Mit etwas Fantasie kamen auch wir im Kurs darauf: Der Barbier könnte weiblich sein, oder es handelt sich bei den Männern von Sevilla nur um gebürtige Männer aus Sevilla, oder aber man verbietet die Existenz solch eines Barbiers. Dieses Paradoxon lässt sich deshalb lösen, weil hier keine zwingende Selbstbezüglichkeit entsteht, sondern nur die Schlussfolgerung, dass der Barbier kein Mann aus Sevilla sein kann. Die einfachste Lösung ist natürlich, Konstruktionen wie diese zu verbieten. Wie lässt es sich aber begründen eine sprachliche Konstruktion zu verbieten, die weder sinnlos oder unverständlich ist, noch einen grammatikalischen Fehler enthält? Mit diesen und ähnlichen Problemen beschäftigt sich die analytische Philosophie die anschließend beschrieben wird. Doch bevor wir uns der Analyse unserer Sprache zuwandten, beschäftigten wir uns noch mit einem etwas anderen Paradoxon – Hempels Raben-Paradoxie:

„Alle Raben sind schwarz."

Der Logikkurs beim Sportfest.

In der logischen Umkehrung bedeutet dies soviel wie:

„Alles was nicht schwarz ist, ist ein nicht-Rabe."

Daraus folgt, dass ein weißer Turnschuh die ursprüngliche Hypothese bestätigt. Doch klingt das nicht etwas verwirrend oder unlogisch?

Maurice, der an diesem Tag ein schwarzes T-Shirt trug, meinte dazu grinsend: „Ich habe einen schwarzen nicht-Raben an!" Doch kann man diese Schlussfolgerung so ziehen? Ein weißer Turnschuh ist nicht schwarz und somit ein nicht-Rabe, also kein Rabe. Das ist soweit klar. Aber wie verhält es sich mit einem schwarzen Turnschuh oder in diesem Fall dem schwarzen T-Shirt von Maurice? Ist es ein Rabe, nur weil es schwarz ist? Doch halt! Alle Raben sind schwarz heißt nicht gleich, dass alles, was schwarz ist, ein Rabe sein muss. Das ist die falsche Umkehrung der Aussage. Um dies zu verstehen, müssen wir das Raben-Paradoxon erst einmal genauer betrachten: Um die Hypothese zu belegen, müsste man alle Raben der Welt anschauen, um wirklich wissen zu können, dass alle Raben schwarz sind, womit wir dann wieder bei der Frage wären, ob wir dies überhaupt erkennen können (vgl. Erkenntnistheorie weiter vorne). Andererseits könnte man aber auch alle nicht-schwarzen Gegenstände betrachten: Findet sich kein Rabe darunter, ist die Hypothese ebenfalls bestätigt. Doch alle Raben oder gar alle nicht-schwarzen Gegenstände der Welt zu betrachten, ist unmöglich. Die Frage ist jetzt, welche Art von Bestätigung für unsere Hypothese wir bereit sind zu akzeptieren. In diesem Fall handelt es sich ja nicht um einen mathematischen Beweis, der einen Satz entweder bestätigt oder widerlegt, sondern es müssen empirische Hinweise zur Bestätigung oder Widerlegung der Hypothese hinzugezogen werden. Deshalb gilt, auch wenn es kontraintuitiv ist: Ein weißer Turnschuh bestätigt die Hypothese, nicht aber das schwarze T-Shirt von Maurice. Doch wirklich zufriedenstellend war diese Folgerung für uns nicht. Wie könnte man die Hypothese nun so umformulieren, dass es leichter nachprüfbar ist, dass alle Raben schwarz beziehungsweise alle nicht-Raben nicht schwarz sind? „Alles was nicht schwarz ist, ist ein nicht-Rabe“ kann man folgendermaßen umformulieren: „Es gibt keinen Raben, der nicht schwarz ist.“ Somit heißt es dann: „Alle Raben sind schwarz. Es gibt keinen Raben, der nicht schwarz ist.“ Der Vorteil dieser Aussage besteht darin, dass sie empirisch falsifizierbar ist – nur so ist die wissenschaftliche Beantwortung der Frage, ob wirklich alle Raben schwarz sind, möglich. Denn jetzt müsste man nur einen Raben auf der Welt finden, der nicht schwarz ist, um diese Hypothese zu widerlegen und dies wäre im Vergleich zu oben nicht unmöglich. Bei dem Raben-Beispiel handelt es sich also nicht um ein Paradoxon im klassischen Sinne, sondern um einen kontraintuitiven Sachverhalt, was jedoch kein sprachliches sondern ein intuitives Problem darstellt.

Sprachanalytische Wende und analytische Philosophie

Thaddäus Wiedemer

Wie Sie gerade gelesen haben, sind wir in unserem Kurs auf Aussagen gestoßen, die ganz augenscheinlich nicht wahr sein können, da sie sich selbst widersprechen, so genannte Paradoxien. Es stellte sich uns die Frage, was an diesen Aussagen falsch sein muss oder genauer, welcher Bereich dieser Aussagen analysiert werden sollte, um den Fehler zu entdecken. Nach reichlicher Überlegung haben wir festgestellt, dass der Fehler nicht im Inhalt oder den Schlussfolgerungen liegt, sondern dass ein Paradoxon erst durch falsche Formulierung entsteht. So ist beispielsweise der Satz „Dieser Satz ist falsch“ selbstbezüglich. Er trifft eine Aussage über sich selbst, indem er sich einen Wahrheitswert zuspricht. Somit wird er paradox. Hier wird klar, dass in der Philosophie nicht nur genau analysiert werden muss, wie man zu Erkenntnis gelangt, sondern dass vielmehr auch die Sprache betrachtet werden muss, in der diese Erkenntnis formuliert wird. Das Augenmerk unseres Kurses wendete sich also ab von der Erkenntnistheorie und hin zur Untersuchung unserer Sprache. Was bei uns im Kurs im Kleinen geschah, geschah im Großen in der Philosophie im 20. Jahrhundert. So kommt es nach der durch Kant eingeleiteten *kopernikanischen Wende* zu einer zweiten große Wende – der *sprachbezogenen Wende* oder *sprachanalytischen Wende*. Während man sich in der kopernikanischen Wende eher mit den Strukturen des Erfassens von Informationen beschäftigte, so beschäftigt sich die sprachanalytische Wende damit, die Sprache an sich näher zu beleuchten. Diesen Bereich der Philosophie nennt man *analytische Philosophie*. In der 1879 erschienenen *Begriffsschrift* von Gottlob Frege

(1848–1925) wird ihre Idee schon sehr gut beschrieben. Laut Frege ist es die Aufgabe der Philosophie, „die Herrschaft des Wortes über den menschlichen Geist zu brechen“. Das heißt, die Ungenauigkeit der Sprache behindert klare und logische Gedankengänge und macht korrekte und präzise Aussagen unmöglich. Das Ziel der analytischen Philosophie ist es, die Sprache genauer zu untersuchen und damit zu einem richtigen und formal korrekten Gebrauch der Sprache zu gelangen.

Die analytische Methode besteht darin, Probleme sprachlich zu präzisieren und zu korrigieren. Anschließend werden sie durch genaue Analyse der dahinter steckenden Logik und Sprache entweder gelöst, oder als Scheinprobleme aufgedeckt. So ist beispielsweise das oben genannte Paradoxon ein Scheinproblem: Es kann durch genaue Analyse der Sprache und Logik eindeutig als falsch formuliert aufgezeigt werden. Zur Auflösung des Paradoxons ist eine Teilung der Sprache in Meta- und Objektsprache nötig. Als *Objektsprache* bezeichnet man die Sprache in der gesprochen wird und als *Metasprache* die Sprache, in der Aussagen über die Objektsprache getroffen werden. Sagt man in der Metasprache „Dieser Satz ist falsch“, so bezieht sich das auf einen Satz in der Objektsprache, der grammatikalisch oder inhaltlich falsch ist. Das Problem des Paradoxons ist nun, dass es keine klare Trennung zwischen Objekt- und Metasprache hat und so die Aussage über den Wahrheitswert nicht in der Metasprache geschieht.

Historisch wird die sprachanalytische Wende in mehrere Phasen unterteilt: Die erste Phase, auch *logischer Atomismus* genannt, vollzieht sich im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts. Diese Richtung wurde vor allem von Rudolf Carnap, Bertrand Russell und Ludwig Wittgenstein verfolgt. Ihr Ziel war es einige Grundbausteine, so genannte *logische Atome*, für eine klare Sprache zu entwickeln, aus denen die Sprache vollständig abgeleitet werden kann. So sollten Probleme, die aus einem falschen Gebrauch der Sprache entstehen, vermieden und Paradoxien unmöglich gemacht werden. Es zeigte sich allerdings, dass es nicht möglich ist, Beispiele für solche Atome zu finden, weshalb nicht einmal einfachste logische Aussagen getroffen und analysiert werden können.

Bertrand Russell versuchte in Zusammenarbeit mit Alfred North Withehead eine ideale Sprache zu entwerfen, daher war es naheliegend, hierfür die Sprache der Mathematik zu verwenden. Diese Idee war schon in den 1920er Jahren durch den Mathematiker David Hilbert entwickelt worden. Mit seinem *Hilbertschen Programm* wollte er alle mathematischen Wahrheiten aus ähnlichen *Atomen*, den Axiomen, und einfachen Schlussregeln ableiten. So sollte die Widerspruchsfreiheit der Mathematik bewiesen werden. Außerdem sollte gezeigt werden, dass die Mathematik nicht empirisch ist, also ihre Aussagen nicht durch Sinneswahrnehmung gewonnen werden können. Wenige Jahre danach zeigte jedoch Kurt Gödel mit seinem Unvollständigkeitssatz (siehe Abschnitt „Unvollständigkeitssatz“), dass die Widerspruchsfreiheit für die Mathematik als Ganzes nicht möglich ist. Es gibt jedoch Bereiche, wie zum Beispiel die Aussagenlogik, in denen das Ziel Hilberts, Russells und Whiteheads verwirklichbar ist.

Ein weiteres Problem bei der Konstruktion einer solchen idealen Sprache ist die *Unhintergehbarkeit der Sprache*. Wenn eine neue Sprache definiert werden soll, so benutzt man dafür eine bereits existierende Sprache. Um diese zu definieren wurde eine ebenfalls bereits existierende Sprache verwendet, u. s. w. Da man auf bereits existierenden, nicht idealen Sprachen aufbauen muss und so schon bei der Definition sprachliche Missverständnisse entstehen, ist diese Wunschvorstellung nur schwer zu erreichen.

Während des zweiten Weltkriegs begann eine weitere Phase der analytischen Philosophie, die bis in die 1960er Jahre hinein dauerte. Sie ging von Ludwig Wittgenstein aus, der sich nun, da eine ideale Sprache nicht möglich ist, der Beschreibung der Alltagssprache zuwendet. Er will nun wenigstens diese perfektionieren und untersucht die Bedeutung und Verwendung von Begriffen. Aus dieser Zeit stammt auch das berühmte Zitat „Die Bedeutung eines Wortes ist sein Gebrauch in der Sprache“.

Ludwig Wittgenstein – ein charismatischer Denker des 20. Jahrhunderts

Pia Bauspiess

„Alles, was sich sagen lässt, lässt sich klar sagen“. Dieser Satz zählt zusammen mit seiner Ergänzung „Wovon man nicht sprechen kann, darüber soll man schweigen“ zu den Grundthesen des Philosophen Ludwig Wittgenstein, der von 1889 bis 1951 in Österreich und Großbritannien lebte. Darüber hinaus ist dieser Satz zu unserem Kursmotto geworden, welches uns die zwei Akademiewochen lang treu begleitet hat. Entgegen der landläufigen Meinung ist das Philosophieren nämlich nicht ein „um den heißen Brei Herumreden“. Gerade laut Wittgenstein ist „der Zweck der Philosophie die logische Klärung der Gedanken“.

Dieser Satz stellt die philosophische Motivation und Grundüberzeugung Wittgensteins dar und hat uns sehr beeindruckt. Wir haben unser Bestes gegeben, uns daran zu halten, insbesondere in Bezug auf ein weiteres Ziel unseres Kurses: Da wir uns in der Philosophie viel mit Erkenntnistheorie und Sprache befasst haben, bemühten wir uns, unsere persönliche Anleitung zum richtigen Denken zu erstellen. Als wir versuchten, das umzusetzen, stießen wir des Öfteren auf die Probleme und Missverständnisse unserer Sprache. Mit eben diesen hat sich nun auch und insbesondere Ludwig Wittgenstein eingehend beschäftigt.

Wittgenstein gehört zu den bedeutendsten Philosophen des 20. Jahrhunderts und – auf inhaltlicher Ebene – zu den Begründern der Analytischen Philosophie und des Logischen Positivismus, welche an anderer Stelle in dieser Dokumentation bereits erläutert wurden. Seine Schriften, die heute noch zur Weltliteratur zählen, unterscheiden sich auf inspirierende Weise von denen vieler anderer Philosophen und sind bis heute einzigartig. Es ist das, was uns faszinierte und was jeden, der Wittgensteins Werke liest, in den Bann zieht: Die Konsequenz seines Denkens und Handelns. Wittgenstein ist keiner, der seine Ideen ins Kreuzfeuer der Kritik wirft und zuschaut, was andere daraus machen. Er nimmt den Leser an der Hand und fordert ihn auf, den eigenen Kopf einzuschalten. Wir können deshalb aus seinen Büchern und aus seinem Leben viel lernen.

Obwohl Wittgenstein zunächst Ingenieurwissenschaften studierte, wird nach den Begegnungen mit Gottlob Frege und Bertrand Russel im Jahre 1911 die Frage nach dem Grundsätzlichen immer wichtiger für ihn, und so schreibt er sich 1912 am Trinity College in Cambridge ein, um Russells *Principia Mathematica* zu studieren. Obgleich mancher Außenstehende philosophische Überlegungen langweilig finden mag, so kann man nicht verneinen, dass sich auch bei uns im Kurs Ähnliches ereignet hat. Oft fasziniert einen die Thematik so, dass man nicht mehr davon loskommt. Man wälzt Bücher und trägt die Diskussionen bis in die abendliche KüA-Schiene hinein, um doch endlich dahinter zu kommen, was dieser Text nun ausgesagt hat, ein Problem von allen Richtungen zu beleuchten und um im Endeffekt die Grundsätze und Prinzipien hinter all dem zu verstehen. Ein kennzeichnendes Merkmal unseres Kurses, für das wir das ein oder andere Mal auch ein wenig belächelt wurden.

In Cambridge angekommen, befasst sich Wittgenstein nun mit Sprachanalyse und Logik und schreibt 1918 das erste seiner beiden Hauptwerke, den *Tractatus logico-philosophicus*, der 1921 veröffentlicht wird. Im Vorwort zu diesem Buch findet sich nun auch unser Kursmotto wieder: „Man könnte den ganzen Sinn des Buches etwa in die Worte fassen: Was sich überhaupt sagen lässt, lässt sich klar sagen; und wovon man nicht reden kann, darüber muss man schweigen."

In dieser logisch-philosophischen Abhandlung, wie das Werk zu Deutsch heißt, widmet sich Wittgenstein der Analyse der Sprache. Wozu ist unsere Sprache fähig, wo liegen ihre Grenzen? Wo lauern mögliche Fehler? Im Vorwort zu seinem Buch sagt Wittgenstein auch: „Das Buch behandelt die philosophischen Probleme und zeigt [...], dass die Fragestellung dieser Probleme auf dem Missverständnis der Logik unserer Sprache beruht." Wittgenstein schreibt hier von der Grenze unserer Sprache. Mit seinem Traktat will er „dem Denken eine Grenze ziehen, oder vielmehr – nicht dem Denken, sondern dem Ausdruck der Gedanken: Denn um dem Denken eine Grenze zu ziehen, müssten wir beide Seiten dieser Grenze denken können (wir müssen also denken können, was sich nicht denken lässt). Die Grenze wird also nur in der Sprache gezogen werden können und was jenseits der Grenze liegt, wird einfach Unsinn sein." Er möchte Missverständnisse ausräumen und zeigen, dass es dem Satz „Dieser Satz ist falsch" nicht möglich ist, eine Aussage über sich selbst zu treffen. Er ist also, in Wittgensteins Worten, „Unsinn" – und dem konnten viele in unserem Kurs zustimmen.

Mit seinen Überlegungen zu diesem und zu vielen anderen Problemen leistet Ludwig Wittgenstein einen bedeutenden Beitrag zur Logik. Seine Überzeugungen zur Sprachanalytik, die er in seinem Traktat niedergeschrieben hat, waren für unseren Kurs besonders wichtig. Auf das Problem mit der Sprache waren wir nämlich schon bei Immanuel Kant gestoßen. Wir haben in diesem Zusammenhang mehrere Auszüge des Tractatus von Wittgenstein eingehend betrachtet und man kann mit Recht sagen, dass sie uns ein gutes Stück auf unserem Weg voran gebracht haben, wie beispielsweise die Bemerkung „Zu einer Antwort, die sich nicht aussprechen lässt, lässt sich auch die Frage nicht aussprechen. [...] Wenn sich eine Frage überhaupt stellen lässt, so kann sie auch beantwortet werden".

Zum anderen war es eine Erleichterung, klar formulierte und strukturierte Gedanken vor sich zu haben, auch wenn sie dadurch nicht weniger komplex und schwer waren. Wie weit lässt sich so beispielsweise ein Gedanke wie „Die Philosophie begrenzt das bestreitbare Gebiet der Naturwissenschaft" ausführen. Man kann diesen Satz von den verschiedensten Seiten beleuchten. Zum einen kann er nämlich bedeuten, dass die Philosophie über den Naturwissenschaften steht und diese niemals an ihr „vorbeipreschen" können, denn sie zieht ihnen eine Grenze.

Zum anderen könnte man auch die Inhalte der Naturwissenschaften als „beschreitbar", d. h. im Gegensatz zu vielen philosophischen Postulaten „empirisch anfechtbar" interpretieren. Stellt man dies wieder in Zusammenhang zu anderen Aussagen Wittgensteins, ergeben sich auf diese Weise immer und immer neue Gedanken. Viele von Wittgensteins Aussagen präsentieren sich seinem Leser in ähnlicher Form, manche sehen kompliziert aus, sind aber aus dem Kontext leicht zu verstehen. Andere wiederum sehen einfach und simpel aus, erweisen sich aber als groß und kompliziert.

Mit der Veröffentlichung dieses Tractatus tritt schließlich die zweite bedeutende Wende in Ludwig Wittgensteins Leben ein. Er ist überzeugt, mit seinem Buch alles gesagt zu haben, was es zur Philosophie zu sagen gibt, lässt sie komplett hinter sich und kehrt nach Österreich zurück, um Dorfschullehrer zu werden. Erst Ende der 1920er Jahre packte ihn dann die Philosophie erneut, diesmal jedoch von einer ganz anderen Seite. Er kehrte 1929 nach Cambridge zurück und hier vollzieht sich, insbesondere auf den Inhalt seiner Philosophie bezogen, die dritte große Wende seines Lebens. Denn die Gedanken, die ihn nun beschäftigen, richten sich in großem Maße gegen das, was er selbst noch in seinem Tractatus von 1921 vertreten hat. Immer wieder versuchte er seine neuen Gedanken, die nicht mehr mit seinem Tractatus konform gingen, niederzuschreiben und in Buchform zu fassen. Von 1936 bis 1948 arbeitete er dann an den *Philosophischen Untersuchungen*, seinem zweiten Hauptwerk, das 1953 nach seinem Tod veröffentlicht wurde.

Interessant ist, dass Wittgenstein nach all dem, was er in seinem Leben geleistet hat, bereits sein erstes Buch, den *Tractatus logico-philosophicus*, mit den folgenden Worten beendet: „Meine Sätze erläutern dadurch, dass sie der, welcher mich versteht, am Ende als unsinnig erkennt, wenn er durch sie – auf ihnen – über sie hinausgestiegen ist. (Er muss sozusagen die Leiter wegwerfen, nachdem er auf ihr hinaufgestiegen ist.)“ Das ist ein Satz, über den wir gegen Ende des Kurses lange nachgegrübelt haben. Warum schreibt er so etwas an das Ende seines Lebenswerkes? Warum macht er all seine Arbeit, alle Grundlagen, von deren Wahrheit er überzeugt ist, nieder? In unserer längeren Diskussion sind wir schlussendlich zu der Überzeugung gekommen, dass er gerade das nicht tut. Mit diesem Schlusssatz fordert er seine Leser zum eigenen Denken auf. Genau das möchten wir – ebenso wie die Lektüre des Tractatus – jedem, der diesen Text liest, als Ausblick ans Herz legen.

Rotation

VIOLA MUNZERT

Am Vormittag des Bergfests fand die Rotation statt. Ihr Ziel war es, die bisher erarbeiteten Ergebnisse eines Kurses den anderen vorzustellen.

Unser Wissen über die einzelnen Kursinhalte beschränkte sich bis zu diesem Zeitpunkt auf das, was wir in der Informationsbroschüre vor Beginn der Akademie gelesen hatten und was wir beim Essen, während der KüAs und vor allem auf den Zimmern erfuhren: Wer sich mit der Farbe eines geplatzten Schlauchs bekleckert hatte und welche Gruppe noch immer keine Bärtierchen gefunden hatte.

Die Rotation bot nun die Möglichkeit, die Kurse einander inhaltlich vorzustellen. Jeder Kurs wurde in fünf Teams mit je zwei bis drei Leuten aufgeteilt, die jeweils einer kleinen Gruppe von Teilnehmern und Leitern anderer Kurse

Kursteilnehmer bei der Vorbereitung ihres Rotationsvortrags.

ihre bisherigen Ergebnisse in etwa fünfzehn Minuten vorstellten.

Eine solche Präsentation will gut vorbereitet sein: Zum Einen hatten wir den Wunsch, uns den Gästen des Regierungspräsidiums gegenüber im besten Licht zu zeigen, aber genauso wichtig war es uns, den anderen Kursen unsere Arbeit vorzustellen. Wir Logiker wurden eher belächelt, als praxisferner und teilweise noch ergebnisloser Kurs. Wir waren zwar sehr zuversichtlich, unsere theoretischen Kursziele zu erreichen – was sich dann auch bewahrheitete – machten uns aber keine Hoffnungen, die allseits befriedigende Antwort auf die Frage nach dem Weg zur Erkenntnis zu finden. Wie man so schön sagt: „Der Weg ist das Ziel.“

Nur wie vermittelt man die Erkenntnisse, die über den Zeitraum einer guten Woche gesammelt wurden, innerhalb einer Viertelstunde? Uns stellte sich das Problem, dass sowohl die 14 Din-A-4 Seiten über Aussagenlogik, als auch die behandelten Themen der Philosophie aufeinander aufbauten. Alles innerhalb des Zeitrahmens auch nur oberflächlich anzusprechen, erschien uns unmöglich und wenig befriedigend. Wir einigten uns also darauf, jedes unserer fünf Hauptthemen in einem eigenen Vortrag zu präsentieren. Dadurch konnten wir die einzelnen Themen vertieft darstellen, nahmen aber in Kauf, dass unsere Zuhörer bei der Rotation nur einen Teil unserer Kursarbeit kennen lernen konnten.

Wir teilten unsere Gruppen nach individuellen Interessen ein und so bildeten sich fünf

Gruppen mit je drei Personen zu den Themen:

- Klassische Logik nach Aristoteles (Gregor, Hannah und Viola)
- Prädikatenlogik (Lisa, Lorenz und Anna)
- Rationalismus und Empirismus (Shathya, Lalita und Lennard)
- Aussagenlogik (Maurice, Sebastian und Pia)
- Beweisbarkeit (Giulia, Sharina und Thaddäus)

Zunächst erstellten wir ein Konzept und füllten dieses mit Hilfe der Aufschriebe und unserer Bibliothek mit entsprechendem Inhalt. Blieb man in einer Sackgasse stecken, halfen die Kursleiter gerne weiter. Obwohl wir bei den Probedurchläufen unserer Vorträge mehrfach von einem fälschlicherweise ausgelösten Feueralarm unterbrochen wurden, standen am Ende fünf fertige Präsentationen samt Visualisierungsmaterial. Dass wir jeweils nur ein Thema unserer Kursarbeit vorstellten, sorgte zwar bei manchen Teilnehmern der anderen Kurse für Verwirrung („War das alles, was ihr in 10 Tagen geschafft habt?“), war aber angesichts unserer abstrakten Kursinhalte die beste Möglichkeit, 15 Minuten sinnvoll und verständlich zu nutzen.

Um bei der Abschlusspräsentation ein vollständiges Bild unserer Kursarbeit zu zeigen, nahmen wir uns vor, einen gemeinsamen Vortrag zu entwerfen, was durch das größere Zeitfenster diesmal gut möglich war.

Präsentation

Lalita Braun

Die Präsentationen am Ende der Akademie sollten in etwa 30 Minuten einen Einblick von dem geben, was in den Kursen innerhalb der zwei Wochen erarbeitet worden war. Dies sollte Eltern und Verwandten, anderen Kursteilnehmern sowie allen Interessierten einen Einblick in das jeweilige Kursthema geben und ihnen anschließend ermöglichen, Fragen zu stellen. Was die Präsentationen für uns bedeuteten? Blanke Nerven, Stress, Aufregung und Spaß, aber auf jeden Fall einen Höhepunkt. Doch der Weg dahin war von Höhen und Tiefen gekennzeichnet. Schließlich sollten Vorträge erstellt werden, die an die Struktur der Rotation anknüpfen, das in über 50 Stunden Gelernte präzise und anschaulich zusammenfassen und den Kern unserer Arbeit widerspiegeln.

Nach langem Überlegen und Diskutieren, womit wir uns ja ohnehin viel beschäftigten, einigten wir uns darauf, dass alle Gruppen dieselbe Vortragsstruktur bearbeiten sollten – eine Struktur, die durch fließende Übergänge die Zusammenhänge der verschiedenen im Kurs behandelten Themengebiete zum Ausdruck brachte und eine Brücke zwischen Mathematik und Philosophie schlug.

Schließlich entstand eine Gliederung, die alle wichtigen Themen der Kursarbeit beinhaltete. In Expertengruppen wurden die verschiedenen Teile des Vortrags ausgearbeitet und Vortragsgruppen mit jeweils einem Experten für jedes Themengebiet eingeteilt. Trotzdem legten unsere Kursleiter, aber auch wir, Wert darauf, dass jede Gruppe die ganze Präsentation und somit den gesamten Kursinhalt verinnerlicht hatte. So wurden innerhalb der gemischten Gruppe die Strukturen und der Inhalt ausgefeilt und mit Hilfe einer gemeinsamen PowerPoint-Präsentation visualisiert. Anschließend übten wir das Vortragen, wobei auf vielerlei Acht gegeben wurde: Die inhaltliche Korrektheit, die sprachliche Präzision, der Bezug zur Visualisierung und natürlich auf die Verständlichkeit, was uns dazu bewegte, auf einfache, aber aussagekräftige Ausdrücke zurückzugreifen.

Der gesamte Entwicklungsprozess der Präsentation, wenn auch einer der stressigsten Momente des Kurses, stellte sich im Nachhinein auch für uns als sehr gewinnbringend heraus. Durch das Zusammenfassen und Strukturieren fügten sich die letzten Einzelheiten in den großen Zusammenhang ein und es wurden die letzten Unreinheiten beseitigt. Bis zum Ende wurde geprobt, kritisiert und korrigiert, bis schließlich ein Vortrag entstand, der unseren Anforderungen entsprach.

Der Stunde der Wahrheit sahen wir alle unterschiedlich entgegen, oft mit einer Mischung aus Aufregung, Freude und auch Bedauern, denn die Präsentationen markierten auch das offizielle Ende unseres Kurses.

Schneller als gedacht flogen die knappen drei

Stunden an uns vorbei und hinterließen Erleichterung und Freude über die gelungen Präsentationen, welche durch das Lob unserer Leiter noch verstärkt wurde. Im Großen und Ganzen stellten die Präsentationen sowohl einen schönen Abschluss der Kursarbeit als auch eine unvergessliche Erfahrung dar.

„Die Mischung macht's!"

Sharina Kimura

Das ist wohl die treffende Beschreibung für den Logik Kurs. Jeder einzelne Teilnehmer in unserem Kurs ist einzigartig und hat seine Eigenarten, was wir nicht nur dank eines Kennenlernspiels der anderen Art schnell merkten. Anfangs war wohl jeder den anderen gegenüber noch etwas zurückhaltend, doch das gab sich schnell, denn es herrschte von Anfang an eine gewisse Vertrautheit zwischen uns Kursteilnehmern und durch unsere diskussionsanregenden Themen kam man kaum umhin, sich mit den anderen auszutauschen. Auf die Atmosphäre im Kurs wirkte sich das richtig positiv aus. Es wurde nie langweilig, da immer irgendjemand eine bereichernde Idee hatte, die uns alle zum Denken anregte. Der Haken daran machte sich natürlich in den Diskussionen bemerkbar: Durch die vielen Ideen und Argumente der verschiedenen Teilnehmer war es schwer, den anderen zuzuhören und sie ausreden zu lassen. Doch wir merkten schnell, dass wir uns gegenseitig auf einander abstimmen mussten, um ein angenehmes Gruppenklima zu bilden. So wurden auch die Diskussionen nach den Hinweisen der Kursleiter „zivilisierter". Es gab fast immer viel zu Lachen. Unsere „legendäre Kurszitatliste" der Sommerakademie ebenso wie die Liste der „sinnlosen Diskussionsbegriffe" und „Kursschilder" dienten zum Festhalten besonderer Erinnerungen, die wir auf keinen Fall vergessen wollten.

Doch trotz all dem vielen Humor ging es bei unserer Kursarbeit sehr ernst zu. In einer Pause besuchte Shathya die Astronomen und kam total verwundert mit folgender Erkenntnis zurück: „Die Arbeitsatmosphäre bei den Astros ist wie unser Kursklima in den Pausen."

Der Inhalt unseres Kurses war sehr komplex

Unsere „Kursschilder".

und wir mussten uns natürlich auch zeitlich ziemlich ranhalten, was dazu führte, dass wir sehr gezielt arbeiten mussten. Wir machten mehr Gedankenexperimente als Praktika was zwar oft verwirrend war, unserem Kursklima jedoch nichts anhaben konnte. Denn viel gelacht wurde dennoch oder gerade deshalb und an Spaß hat es trotz der theoretischen Inhalte überhaupt nicht gefehlt!

Kurs 3: Über Routenplaner, eingefärbte Landkarten und das Problem des Handlungsreisenden – Eine Einführung in die Graphentheorie

Tina Schmidt, Conrad Leidereiter,
Nico Röck

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. Bei dem „Königsberger Brückenproblem“ hingegen interpretiert man die Stadtteile als Knoten und die Brücken zwischen ihnen als Kanten.

Im Rahmen unserer Kursarbeit haben wir mathematische Beweistechniken wie Induktion und das Schubfachprinzip sowie die Grundlagen der Graphentheorie kennen gelernt, um solche praktisch motivierten Probleme zu untersuchen. Weiterhin haben wir uns mit Algorithmen, also genauen Rechenvorschriften, beschäftigt. Solche Algorithmen finden häufig Anwendung in unserem täglichen Leben wie zum Beispiel bei Routenplanern oder beim Erstellen von Stundenplänen. Dennoch sind für manche Probleme bis heute keine effizienten Lösungsverfahren bekannt und beschäftigen Mathematiker in der aktuellen Forschung.

An dieser Stelle möchten wir uns für zwei wunderschöne Wochen Sommerakademie bei unseren Teilnehmern herzlich bedanken. Trotz der kurzen Zeit hat sich ein außergewöhnlicher Teamgeist entwickelt, der zu herausragenden Leistungen bei der Rotation und Abschlusspräsentation beigetragen hat. Durch die angenehme Kursatmosphäre fiel es uns stets sehr leicht die anspruchsvollen Inhalte zu vermitteln. Wir hatten große Freude daran, mit den Teilnehmern unsere Begeisterung für Mathematik zu teilen. Bestimmt konnten wir durch die Kursinhalte bei dem einen oder anderen nicht nur den anfänglichen Durst nach Naturwissenschaften und insbesondere ihrer Sprache stillen, sondern auch einen Anstoß zur weiteren Beschäftigung damit geben.

Was macht eigentlich der Graphentheoriekurs?

Hannah Schammann, Maybritt Schillinger

Unsere Kursatmosphäre

Die Tafel ist bis in die letzte Ecke mit Zahlen, Buchstaben und Zeichnungen gefüllt. Für Außenstehende wird es vermutlich nicht nachvollziehbar gewesen sein, was diese Zeichen an der Tafel bedeuten sollten oder viel mehr, warum sich irgendjemand freiwillig in den Ferien mit solchen Dingen beschäftigt.

Aber die Teilnehmer des Mathekurses sind alle mit Abschreiben beschäftigt und begierig, das Thema zu verstehen. Jeder denkt intensiv über die Lösung des aktuellen Problems nach und man kann die Köpfe förmlich rauchen sehen. So oder so ähnlich sah eine Stunde im Graphentheorie-Kurs aus.
Im Allgemeinen hat in unserem Kursraum eine angenehme Stimmung geherrscht, wenn man von dem Stress kurz vor den Präsentationen einmal absieht. Am meisten haben uns die Anwendungen der Graphen interessiert. Dafür haben wir uns auch mit etlichen Definitionen, Sätzen und Beweisen auseinandergesetzt, an denen wir uns manchmal fast die Zähne ausgebissen haben. Aber auch das war keine große Hürde für uns.

Schreiben und Denken ...

Sportfest

Beim Sportfest zeigte sich, dass wir nicht nur bei der Kursarbeit ein eingespieltes Team waren. Obwohl manche Stationen mehr schlecht als recht bewältigt wurden, wie z. B. die Aufgabe, uns auf einer Bank alphabetisch nach Nachnamen sortiert aufzustellen, ohne dass jemand von der Bank fällt. Den letzten Aufgabenteil haben wir nicht ganz erfüllt, denn mehrere Teilnehmer sind von der Bank gefallen und konnten nur noch zuschauen.

Auch an anderen Stationen, bei denen es um Teamgeist ging, haben wir sehr gut abgeschnitten. Unsere beste Station war die „Reifenperformance“, bei der wir den Hula-Hoop-Reifen in einer Kette transportieren mussten. Unsere Performance wirkte sehr elegant und wurde von unserem Motto „Knoten! Kanten!“ lauthals begleitet. Beim Finale konnten wir dann unser gesamtes Können ausleben und gewannen in einem knappen Rennen die Staffel. Leider mussten wir uns beim Gesamtergebnis geschlagen geben und wurden gemeinsam mit zwei anderen Kursen Dritter.

Beim Zielwerfen hingegen haben wir die beste Punktzahl aller Kurse erreicht!

Rotation

Am Tag vor der Rotation sah es im Graphentheorie-Kurs etwas anders als gewohnt aus: Alle waren in Kleingruppen verteilt an Computern beim Folien erstellen, Layout zusammenfügen oder beim Ausformulieren. An der Tafel sah man die Gliederung für den späteren Vortrag: zunächst die wichtigsten Grundlagen, dann das Thema Eulertouren und das Königsberger Brückenproblem, zum Schluss das 4-Würfel-Problem.
Nach dem Mittagessen wurden dann die ersten Probevorträge gehalten. Zunächst wusste weder irgendjemand, was er sagen sollte, noch waren die Folien komplett oder überhaupt einigermaßen zumutbar. Wir wollen hier die Kopfschmerzen verursachenden Animationen oder ähnliches lieber nicht im Detail ausführen…

Aber der Mathe-Kurs ist fleißig. Letztendlich haben wir – innerhalb eines Tages mit einer kleinen Zusatz-Sitzung nach dem Abendessen – einen hervorragenden Vortrag erstellt und dann die Rotation gut hinter uns gebracht.

Abschlusspräsentation

Fünf Tage später: Der Tag vor den Abschlusspräsentationen ähnelte sehr dem Vorbereitungstag für die Rotation. Der Unterschied war, dass alles noch stressiger war.
An der Tafel stand nun eine erweiterte Gliederung, bei der zwei Themen ergänzt wurden: Die Rundreise zwischen unseren Teilnehmern und die Anwendungen von Graphentheorie im Alltag - zwei komplett neue Themen - und einige Ergänzungen.
Besonders an den Folien der Erklärung des 4-Würfel-Problems veränderten wir viel, aber auch an fast allen anderen Folien wurde noch mehrmals gefeilt. Ein kleiner Kampf gegen Chronos …
Denn das Problem war dann, dass die 38 Folien am Dienstagabend immer noch nicht fertig waren. So wurden die Folien schon morgens vor dem Frühstück weiter verbessert. In der Vormittags-Sitzung vor der Abschlusspräsentation wurde das Layout endlich fertig und der letzte Probevortag gehalten. Wir gestalteten unseren Raum einladend und stellten Stationen auf. An diesen konnte man unsere vier Würfel aufbauen, in Graphen Eulertouren suchen oder die verschiedenen Bundesländer Deutschlands mit vier Farben anmalen, natürlich mit verschiedenen Vorgaben.

Die große Abschlusspräsentation rückte immer näher, und schließlich war es so weit. Unser Raum füllte sich mit Zuhörern. Es gab nicht einmal genügend Sitzplätze und manche probierten sich schon an unseren Mitmach-Stationen. Einige von uns waren sehr aufgeregt. Aber zu Unrecht, denn wir waren alle sicher und meisterten unseren Vortrag schließlich problemlos. Insgesamt haben wir bei unserer Präsentationsvorbereitung nicht nur den Kampf gegen Chronos gewonnen, sondern auch Kairos beim Schopf gepackt. Wir haben die Chance genutzt, eine gelungene Präsentation vorzustellen und die Kursarbeit erfolgreich abzuschließen.

Unser Kurs

Sophie Bleuel

Obwohl Mathematiker oft als langweilig bezeichnet werden, lohnt es sich wirklich uns kennen zu lernen... oder?

Tina (Unsere Kursleiterin): Auf den ersten Blick ist Tina eine sehr ruhige Frau, doch trotzdem hatte sie alles im Griff. Sowohl ihre Jungs (Conrad und Nico) als auch uns. Dennoch ging sie sehr liebevoll und nett mit allen um und versorgte uns mit Tee und Keksen als viele krank waren. Noch dazu war sie die Expertin unter unseren Kursleitern und konnte alles super erklären, sogar, als wir manchmal echt nicht mehr weiter wussten. ☺

Conrad (Unser Kursleiter): Ganz in Conrads Sinne nimmt seine Vorstellung nicht viel Platz ein, denn er ist ein Fanatiker des Platzsparens! So nutzte er immer jeden Millimeter der Tafel aus. Das meine ich jetzt nicht als Hyperbel, sondern wortwörtlich: Um die Tafel nicht wischen zu müssen, neigte er dazu, einfach überall noch etwas hinzuschreiben. Man muss aber auch sagen, dass er der Kursleiter war, der sich die besten Geschichten zu den verschiedenen mathematischen Ausdrücken ausdachte.

Nico: Eine Verbindung zwischen „den Großen“ und uns „Kleineren“ bildete unser Schülermentor Nico. Er war stets für jeden Spaß zu haben, denn er war immer cool und lustig drauf. Außerdem führte er uns durch das Sportfest, bei dem er uns kräftig anfeuerte und motivierte. Doch dann beging er einen Fehler, indem er mit einem Hula-Hoop-Reifen spielte. Daraufhin „durfte“ er beim Bergfest einen Hula-Hoop-Tanz vorführen.

Bastian: Wie man ihn locken konnte? Mit Essen. Kam man mit Kuchen, Keksen oder Gummibärchen in den Kursraum, so war er der erste, der angerannt kam. Das ist verständlich, denn für manch eine logische Schlussfolgerung, die er machte, braucht man einfach ganz viel Energie. Er war ein regelrechter Experte im Kurs und dann ein Witzemacher in den Pausen.

Daniel: Auch wenn man genau pünktlich in den Kurs kam und deshalb eigentlich schon fast zu spät war, konnte man beruhigt sein, denn Daniel saß noch an irgendeinem Computer. Er war in Facebook. Das aber nur, weil er sehr kontaktfreudig ist, wie er selbst beim Eröffnungswochenende gesagt hatte. Seiner Meinung nach muss er seine Kontakte zum Beispiel über Facebook pflegen.☺

David: Er war buchstäblich besessen von dem Würfelproblem, denn in jeder Pause probierte er daran herum, doch ohne Erfolg. Daher war er sehr glücklich, als wir endlich die Lösung dazu bekamen. Erstaunlich waren vor allem seine Gedankenschlüsse, denn manchmal, wenn schon keiner mehr durchblickte, kam er und meinte: *„Achso, jaja, ist klar.“*

Florian: Er wird durch folgendes Zitat bestens charakterisiert: *„Ich hätte da noch eine Frage.“*, denn es verging eigentlich keine Stunde, ohne dass Florian das sagte. Obwohl es uns immer ein bisschen zum Lachen brachte, sind wir ihm eigentlich ganz dankbar dafür, denn oftmals traute man sich nicht selbst die Frage zu stellen. Doch durch Florians Frage bekam man die Antwort trotzdem, auch ohne selber fragen zu müssen.

Friderike: Insgesamt war sie ein sehr ruhiges Mädchen. Bei den Präsentationen war sie sehr organisiert und achtete auf perfekt geschriebene Karteikarten. Auch legte sie eine extra Schicht direkt nach dem Mittagessen ein, um noch den Text ihrer Gruppe für die Präsentationen auszuarbeiten.

Hannah: Sie war sehr ruhig und sagte eher wenig, doch wenn sie einmal ins Reden kam, war sie immer lustig und erlaubte sich auch mal einen Scherz. Während der Akademie entwickelte sie eine Leidenschaft für die Tanzart „Jumpstyle“ und tanzte am Abschlussabend heftig mit.

Hannes: Man kann nur jedem davon abraten sich auf ein Kartenspiel mit ihm einzulassen, denn egal was passiert, er wird einen austricksen. Besser bekannt als Dezemberparty-Hannes war er unser Kursclown, weil er immer den richtigen Spruch auf Lager hatte und es schaffte, selbst in die Präsentationen Witzen einzubauen. Außerdem zeichnete er gerne den K_{24} oder ähnliches, wenn ihm der Kurs zu leicht war.

Katharina: Eins war bei Katharina sicher: Sie war nie zu übersehen. Sie trug immer knallige Outfits, wie zum Beispiel eine blaue Hose zu einem weißen T-Shirt mit neongelben Schriftzügen, dazu neongrüne Ohrringe und knall bunte Turnschuhe. Außerdem war sie immer sehr lieb und für jeden Scherz zu haben. Wenn es um ihre Heimatstadt ging, kannte sie jedoch keinen Scherz. Wehe jemand sagte Konstanz, dann wurde er gleich angeschrien: *„Das heißt Konschtanz, nicht Konstanz!“*

Maybritt: Sie war eines unserer zwei Geburtstagskinder und somit ein Geburtstagskuchenteiler.
Auch sie wusste immer weiter, wenn alle anderen am Verzweifeln waren. Sie dachte während des Kurses immer mit und half allen weiter, die nicht mehr weiter kamen. Doch trotz aller Mathematik, verlor sie auch nie den Deutschunterricht aus dem Auge. So sagte sie immer Bescheid, wenn etwas grammatikalisch falsch war. Dank ihr sind unsere Aufschriebe frei von jeglichen Fehlern. ☺

Moritz: Moritz war unser Layout-Mann, denn bei jeder Präsentation setzte er sich vor die halbfertige Powerpoint und machte das Layout, welches nicht irgendwie zusammengebastelt war, sondern mit Kurslogo und vielem mehr versehen war. Hierbei wurden von ihm sogar die Farben aufeinander abgestimmt, damit sie ja nicht unangenehm ins Auge stachen. Natürlich war immer seine Teekanne mit dabei, die er permanent mit sich herum trug. Was hätten wir nur ohne ihn getan!

Paul: Unser Morgens-Jogger! Wenn er dann nach dem Joggen in den Kursraum kam, beschäftigte er sich zusammen mit David viel mit dem Würfelproblem. Und obwohl er eher ruhiger Natur war, hatte er immer den totalen Durchblick und die richtige Antwort bereit. Nur einmal war er sprachlos, als Tina ihn bat, bei den Präsentationen auf Hochdeutsch vorzutragen. Er tendierte sonst dazu, etwas Dialekt zu sprechen.

Selina: Folgende Situation ereignete sich fast jeden Tag: Vor einer Minute hat die Mittagsschiene angefangen. Die Kursleiter zählen durch, doch sie kommen nur auf dreizehn. Wer fehlt? Ein klarer Fall: Selina! Da sie immer an der Sport KüA mit Valentina teilnahm, musste sie danach duschen. Deshalb kam sie immer etwas verspätet mit klitsch nassen Haaren in den Nachmittagskurs.

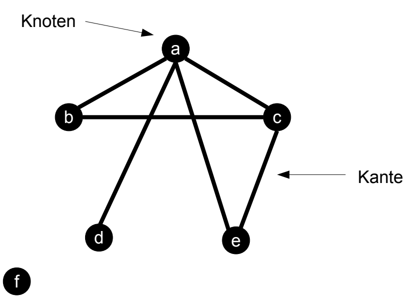
Simon: Unser zweites Geburtstagskind! Sein Geschenk, eine Wanduhr, gefiel ihm so sehr, dass er sich den Rest des Tages mit dem Einstellen dieser beschäftigte. Manche von uns ließ er darauf unterschreiben. Wenn irgendjemand einen Rechtschreibfehler an der Tafel bemängelte, war er der erste, der sagte: „Mann, wir sind hier nicht im Deutsch-, sondern im Mathekurs!“

Sophie: Sie war unsere Ausländerin im Kurs, da sie aus der Schweiz kommt. Wegen ihr war auch die theoretische Rundreise etwas umständlicher, worüber sich alle beklagten. Sie zeigte stets Teamgeist und war sehr fleißig. So legte sie zusammen mit Moritz eine Frühschicht ein, um der Abschlusspräsentation den letzten Schliff zu geben. Dabei war sie eher für die optische als für die technische Perfektion zuständig. ☺

Einführung in die Graphentheorie

Friderike Faller

Wir betrachten eine Geburtstagsparty und wollen die Bekanntschaften mit einem Graphen darstellen. Ein Graph besteht aus Knoten und Kanten. Eine Kante verbindet zwei verschiedene Knoten. Für eine Kante, die den Knoten x mit dem Knoten y verbindet, schreibt man xy. Mit V wird die Menge der Knoten, mit E die Menge der Kanten bezeichnet. Für den Graphen mit der Knotenmenge V und der Kantenmenge E schreibt man $G = (V, E)$.
Um einen Graphen darzustellen, zeichnet man Punkte für die Knoten und Linien zwischen den Punkten für die Kanten ein. Bei dem Beispiel einer Geburtstagsparty werden die Personen durch Knoten und die Bekanntschaften durch Kanten repräsentiert. Kennen sich zwei Personen, so findet man eine Kante zwischen den jeweiligen Knoten.



In diesem Graphen ist die Knotenmenge

$$V = \{a, b, c, d, e, f\}.$$

Jeder Gast wird durch einen Knoten mit seinem Anfangsbuchstaben dargestellt, z. B. steht a für

Anja und b für Berta. Die Kantenmenge ist

$$E = \{ab, ac, ad, ae, bc, ce\}.$$

Eine Kante stellt eine Bekanntschaft von zwei Gästen dar. Die Kante ae bedeutet, dass sich Anja und Emil kennen. Fred kennt niemanden zu Beginn der Party und der Knoten f ist daher durch keine Kante mit einem anderen Knoten verbunden.
Zwei Knoten, die durch eine Kante miteinander verbunden sind, nennt man benachbart. Zu einem Knoten x benachbarte Knoten werden als seine Nachbarn bezeichnet. Die Menge der Nachbarn von x nennt man Nachbarschaft von x. Dafür schreibt man:

$$N(x) = \{y \in V \mid xy \in E\}.$$

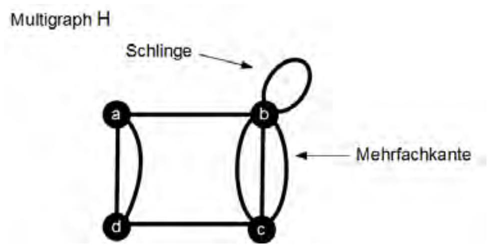
Die Anzahl der Nachbarn eines Knotens wird als Grad des Knotens bezeichnet. Man definiert $\deg_G(x) = |N(x)|$. Ist klar, um welchen Graphen es sich handelt, schreibt man auch $\deg(x)$ für $\deg_G(x)$. Im Beispiel der Geburtstagsparty sind a und c benachbart. Dagegen sind c und d nicht benachbart. Das bedeutet, dass sich Anja und Christina kennen, aber Christina und David kennen sich nicht. Für die Nachbarschaft von a schreibt man:

$$N(a) = \{b, c, d, e\}.$$

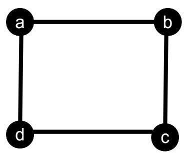
Der Knoten a ist mit vier Knoten benachbart, die in der Nachbarschaftsmenge von a enthalten sind. Daher gilt, dass $\deg(a) = 4$. Der Grad einer Person gibt in diesem Beispiel an, wie viele andere Personen er/sie kennt, beispielsweise kennt Anja vier Personen.

Multigraphen

Bisher haben wir einfache Graphen betrachtet. Sie besitzen höchstens eine Kante zwischen zwei Knoten und es gibt auch keine Kante, die von einem Knoten zum selben Knoten zurückführt. Multigraphen weisen diese Einschränkungen nicht auf. Bei Multigraphen sind Kanten, die zum selben Knoten x zurückführen, zugelassen. Solch eine Kante xx nennt man Schlinge. Außerdem können mehrere Kanten zwischen zwei Knoten verlaufen. Diese Kanten werden als Mehrfachkanten bezeichnet. Um den Grad eines Knotens x in einem Multigraphen zu bestimmen, zählt man alle Kanten, die von x ausgehen. Eine Schlinge xx trägt 2 zu $\deg(x)$ bei.



Bei dem abgebildeten Multigraph H schreiben wir für die Knotenmenge $V = \{a, b, c, d\}$. Die Kantenmenge wird als Multimenge aufgeschrieben. In einer Multimenge kann ein Element auch mehrmals enthalten sein. Hier ist $E = \{ab, ad, ad, bb, bc, bc, bc, cd\}$. Die Grade von a und b sind $\deg(a) = 3$ und $\deg(b) = 6$. Jeder Multigraph kann durch Löschen aller Schlingen und Reduzieren von Mehrfachkanten auf einzelne Kanten in einen „normalen“ Graphen umgewandelt werden. Deshalb ist jeder Graph auch ein Multigraph.

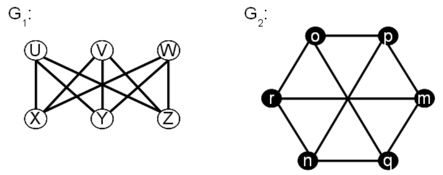


Hier wurde der Multigraph H in einen Graphen umgewandelt.

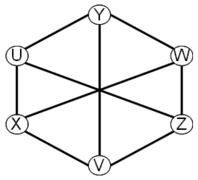
Isomorphie

Katharina Börsig

Beispiel



Den Graph G_1 kann man auch so zeichnen:



Das heißt, dass diese Graphen genau dasselbe darstellen. Sie sind nur anders gezeichnet.

Definition

Zwei Graphen $G_1 = (V_1, E_1)$ und $G_2 = (V_2, E_2)$ heißen isomorph, wenn es eine eins-zu-eins Abbildung f (d.h. jedem Knoten von G_1 wird genau ein Knoten von G_2 zugeordnet und umgekehrt) von V_1 nach V_2 gibt, sodass die zwei Knoten in G_1 benachbart sind, genau dann, wenn die von f zugehörigen Knoten in G_2 benachbart sind.

Die Graphen G_1 und G_2 des Beispiels sind isomorph. Denn die Abbildung f kann so gewählt werden:

Knoten aus G_1	u	v	w	x	y	z
Knoten aus G_2	n	m	o	q	r	p

Beispielsweise kann man den Knoten u auf den Knoten n abbilden. Jeder Nachbar von n kann einem Nachbar von u zugeordnet werden. So wird der Knoten y dem Knoten r zugeordnet.

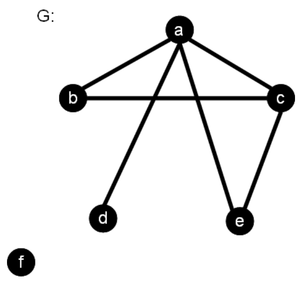
Subgraphen

Katharina Börsig

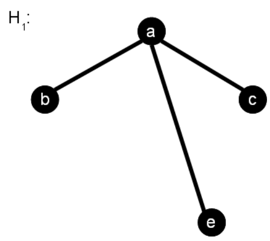
Definition

Ein Graph $H = (W, F)$ heißt Subgraph vom Graphen $G = (V, E)$, falls H selbst ein Graph ist mit $W \subset V$ und $F \subset E$, das heißt wenn in H nur Knoten und Kanten vorhanden sind, die auch in G vorhanden sind.

Beispiel anhand Anjas Geburtstagsparty



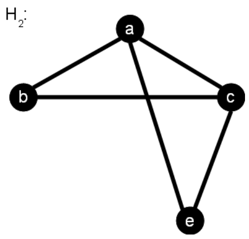
Dieser Graph stellt die Bekanntschaften der Gäste von Anjas Geburtstagsparty dar. Nun will man sich nur die Personen anschauen, die mit Anja (Knoten A) geredet haben, unter der Voraussetzung, dass Anja nur mit denen redet, die sie kennt. Wir nehmen an, dass sie nur mit 3 Leuten der Party geredet hat, und zwar mit Berta (Knoten B), Christina (Knoten C) und Emil (Knoten E). Damit erhält man den Graphen H_1, der ein Subgraph von G ist.



Induzierte Subgraphen

Ein induzierter Subgraph $H = (W, F)$ ist ein Subgraph von $G = (V, E)$, bei dem F alle Kanten $xy \in E$ mit $x, y \in W$ enthält. Ein Subgraph ist also genau dann ein induzierter Subgraph, wenn H alle Kanten zwischen allen Knoten enthält, die auch in G enthalten sind.

Beispiel für einen induzierten Subgraph von G:



Hier schaut man sich einen Teil der Gäste und alle vorhandenen Bekanntschaften zwischen diesen Gästen an. In H_2 sind alle Kanten vorhanden, die es in G zwischen diesen Knoten gibt. H_1 ist kein induzierter Subgraph, weil die Kanten ae und bc fehlen.

Mengen und verschiedene Beweistechniken

Selina Kurtz, Bastian Boll

Bereits am Eröffnungswochenende haben wir uns mit einigen Grundlagen der Mathematik beschäftigt. Dazu zählen unter anderem die Mengenlehre und verschiedene Beweistechniken.

Mengenlehre

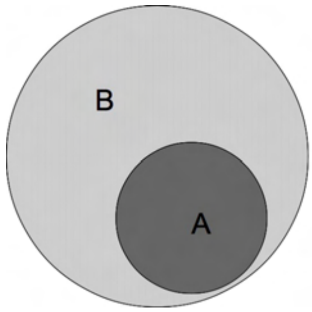
Die Zusammenfassung von bestimmten unterscheidbaren Objekten nennt man Menge. Dabei muss von den Objekten eindeutig feststellbar sein, ob sie zur entsprechenden Menge gehören oder nicht.

Ein Objekt, das zu einer Menge gehört, wird als Element dieser Menge bezeichnet. Zum Beispiel können wir die Menge der Teilnehmer des Graphentheoriekurses betrachten. Dann sind wir Teilnehmer die Elemente der Menge Graphentheoriekurs.

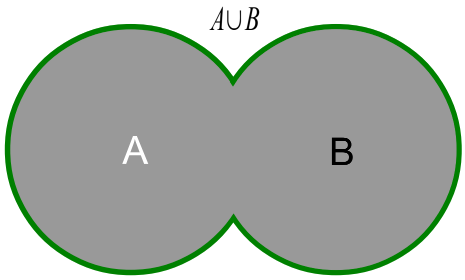
Für Mengen definiert man folgende Operationen:

Mengengleichheit $A = B$:
Zwei Mengen A und B sind gleich, wenn jedes Element von A auch Element von B ist und umgekehrt.

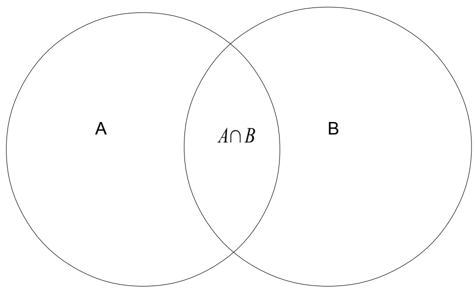
Teilmenge $A \subset B$:
A ist Teilmenge von B, wenn jedes Element von A auch Element von B ist.



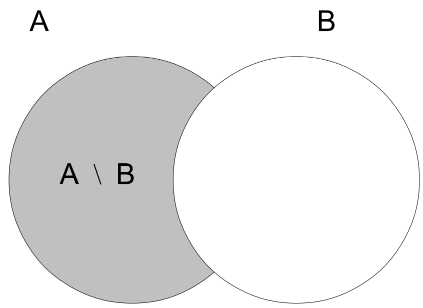
Vereinigungsmenge $A \cup B$:
Die Vereinigungsmenge ist die Menge aller Elemente, die zu A oder zu B oder zu beiden Mengen gehören.



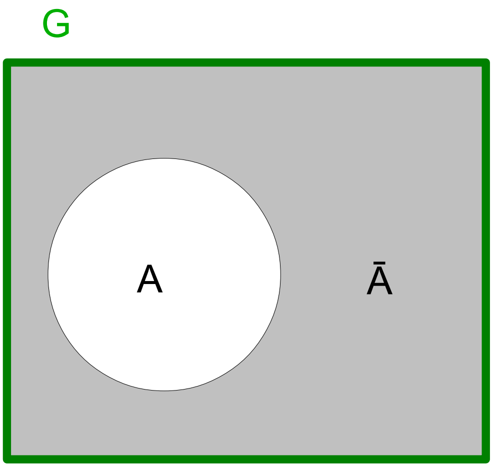
Schnittmenge $A \cap B$:
Als Schnittmenge bezeichnet man die Menge aller Elemente, die zu den Mengen A und B gehören.



Differenzmenge $A \setminus B$:
Die Differenzmenge ist die Menge aller Elemente von A, die nicht zu B gehören.



Komplementmenge $\bar{A} = G \setminus A$:
Wenn A Teilmenge des Grundbereichs G ist, dann bilden alle Elemente von G, die nicht zu A gehören, die Komplementmenge $\bar{A}$.



Zahlenmengen

Außerdem lassen sich Zahlen auch in verschiedene Mengen unterteilen, z. B. die Menge der

- natürlichen Zahlen $\mathbb{N} = \{1, 2, 3, \ldots\}$,
- ganzen Zahlen $\mathbb{Z} = \{\ldots, -2, -1, 0, 1, \ldots\}$,
- rationalen Zahlen $\mathbb{Q} = \{\frac{p}{q} \mid p \in \mathbb{Z}, q \in \mathbb{N}\}$, die alle Brüche enthält, und
- reellen Zahlen $\mathbb{R}$, die alle Brüche und auch irrationale Zahlen wie π enthält.

Die Menge der natürlichen Zahlen ist Teilmenge der ganzen Zahlen, die ganzen Zahlen sind Teilmenge der rationalen Zahlen und diese sind wiederum Teilmenge der reellen Zahlen:

$$\mathbb{N} \subset \mathbb{Z} \subset \mathbb{Q} \subset \mathbb{R}.$$

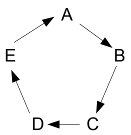
Für die natürlichen Zahlen gibt es mehrere Definitionen. Wir haben uns darauf geeinigt, dass die natürlichen Zahlen bei 1 anfangen und alle positiven ganzen Zahlen enthalten. Wollen wir die 0 mit in die Menge aufnehmen, schreiben wir $\mathbb{N}_0$.

Beweistechniken

Außerdem haben wir am Eröffnungswochenende fünf verschiedene Beweistechniken kennen gelernt. Dabei unterscheiden wir zwei unterschiedliche Arten von Folgepfeilen.
„$A \Rightarrow B$“ bedeutet, dass sich aus A die Aussage B folgern lässt, jedoch nicht unbedingt auch umgekehrt.
„$A \Leftrightarrow B$“ ist eine Schreibweise für die Äquivalenz der Aussagen A und B, das heißt, es lässt sich sowohl aus der Aussage A die Aussage B folgern als auch umgekehrt. Beim direkten Beweis wird eine Aussage B durch logische Schlüsse direkt aus der Voraussetzung A gefolgert, also $A \Rightarrow B$.
Eine Aussage A könnte zum Beispiel lauten: „Es regnet.“ Eine dazu passende Aussage B wäre: „Die Straße ist nass.“ $A \Rightarrow B$ bedeutet nun: „Wenn es regnet, ist die Straße nass.“ Dies bedeutet aber nicht, dass auch $B \Rightarrow A$ gilt, denn es muss nicht unbedingt regnen, wenn die Straße nass ist. Es könnte ja auch sein, dass die Straße aus einem anderen Grund nass geworden ist.

Das Gegenstück dazu ist der indirekte Beweis. Die Gültigkeit der Aussage B unter der Voraussetzung A wird gezeigt, indem man aus dem logischen Gegenteil von B das logische Gegenteil von A folgert. Beispielsweise kann die Aussage A „Es existiert Kuchen.“ sein. Eine dazu passende Aussage B könnte nun lauten: „Jemand hat Kuchen gebacken.“ Um die Gültigkeit von $A \Rightarrow B$ zu beweisen, prüfen wir beim indirekten Beweis, ob aus dem logischen Gegenteil von B das logische Gegenteil von A folgt. In unserem Beispiel entspräche dies: „Wenn niemand Kuchen gebacken hat, dann existiert kein Kuchen.“ Beim Widerspruchsbeweis nehmen wir an, dass die Aussage, die wir beweisen wollen nicht stimmt und zeigen, dass ein Widerspruch zur getroffenen Annahme oder einem Grundsatz der Mathematik entsteht, zum Beispiel $1 = 2$.

Das Ziel eines Äquivalenzbeweises ist es, zu zeigen, dass aus der Aussage A die Aussage B folgt und aus B die Aussage A, das heißt, A und B sind äquivalent. Hierbei ist ein Beweis für jede einzelne „Richtung“ nötig. Man muss also sowohl $A \Rightarrow B$ als auch $B \Rightarrow A$ zeigen. Um die Äquivalenz mehrerer Aussagen zu zeigen verwendet man einen Ringschluss.



Hierbei beginnt man damit, aus einer Aussage A eine andere Aussage B zu folgern. Anschließend wird aus der Aussage B die Aussage C gefolgert. Lässt sich aus der letzten Aussage wieder die erste folgern, sind alle Aussagen des Ringschlusses äquivalent.

Induktion

Katharina Börsig

Mit Induktion beweist man eine Aussage, die von einer natürlichen Zahl k abhängt. Um eine bessere Vorstellung davon zu bekommen, kann man sich die Induktion mit Dominosteinen veranschaulichen. Dabei steht jeder Dominostein für eine Aussage über ein bestimmtes k. Bei der Induktion geht man nach einem bestimmten Schema vor:

Induktionsanfang: Zeige, dass die Behauptung $A(n)$ für das erste Element $n = n_0$ gilt.

Induktionshypothese: Nehme an, dass die Behauptung für eine beliebige Zahl k stimmt.

Induktionsschritt: Zeige, dass die Behauptung für $k + 1$ gilt. Benutze hierzu die Induktionshypothese.

Anschauliches Beispiel

Zeige: Eine Reihe von Dominosteinen fällt um.

Induktionsanfang: Zeige, dass der erste Dominostein den nächsten anstößt, wenn er umfällt.

Induktionshypothese: Nehme an, dass ein beliebiger Dominostein k den nächsten Dominostein anstößt, wenn er umfällt.

Induktionsschritt: Zeige, dass der $k+1$ste Dominostein den nächsten Dominostein anstößt, wenn er umfällt.

Im anschaulichen Beispiel kann man durch die physikalische Wechselwirkung die Aussage des Induktionsschrittes begründen.

Durch die Induktion ist nun bewiesen, dass nach dem Anstoßen des ersten Steins dieser umfällt, der stößt den zweiten um, dieser den nächsten . . .

Beispiel

Zeige: Für $n \in \mathbb{N}$ gilt 5^n+7 ist durch 4 teilbar.

Induktionsanfang: $n_0 = 1$
$5^1 + 7 = 12 = 3 \cdot 4 \quad \checkmark$

Induktionshypothese: $n = k$
Für ein $k \in \mathbb{N}$ ist $5^k + 7$ durch 4 teilbar, d. h. $5^k + 7 = i \cdot 4$, für ein $i \in \mathbb{N}$.

Induktionsschritt: $n = k+1$

Zu zeigen: Es gibt ein $m \in \mathbb{N}$, sodass $5^{k+1} + 7 = m \cdot 4$.

$$\begin{aligned} 5^{k+1} + 7 &= 5^k \cdot 5 + 7 \\ &= \underbrace{5^k + 5^k + 5^k + 5^k}_{4 \cdot 5^k} + 5^k + 7 \\ &= 4 \cdot 5^k + \underbrace{5^k + 7}_{= i \cdot 4 \text{ nach Ind. Hyp.}} \\ &= 4 \cdot 5^k + i \cdot 4 \\ &= 4 \cdot \underbrace{(5^k + i)}_{=m}. \end{aligned}$$

$\square$

Das Schubfachprinzip

Simon Lay

Betrachtet man Objekte, die in Kategorien eingeteilt sind, so kann man mit Hilfe des Schubfachprinzips eine Aussage über die Mindestanzahl von Objekten in einer Kategorie treffen. Dabei ist nicht bekannt, wie viele Objekte sich genau in dieser Kategorie befinden. Das Schubfachprinzip gibt lediglich an, wie viele Objekte sich mindestens in der Kategorie befinden. Im Folgenden wird $\lceil x \rceil$ für die Zahl geschrieben, die man erhält, wenn man x aufrundet, zum Beispiel ist $\lceil 3,27 \rceil = 4$.

Satz:
Seien m Objekte in n Kategorien eingeteilt.
$\Rightarrow$ Es gibt eine Kategorie mit mindestens $\lceil \frac{m}{n} \rceil$ Objekten.

Jedoch kann man mit dem Schubfachprinzip nur über *eine* Kategorie eine Aussage treffen und nicht über mehrere. Außerdem ist unbekannt, über welche Kategorie man die Aussage trifft.

Beispiel

Die Zwillinge Karl und Klaus gehen wandern. Sie haben sich einen Rucksack mit 10 Birnen, 18 Äpfeln, 7 Bananen und 5 Orangen für ihr Picknick gepackt. Durch das Schubfachprinzip lässt sich zeigen, wie viele gleiche Früchte sie mindestens erhalten, wenn sie fünfmal ziehen.

Die vier Fruchtarten sind die vier Kategorien. Die Anzahl der Züge ist gleich der Anzahl der Objekte.

$$\Rightarrow \left\lceil \frac{5}{4} \right\rceil = \lceil 1,25 \rceil = 2.$$

Demnach erhält man mindestens zwei gleiche Früchte, wenn man fünfmal zieht.

Nun kommt ihr Drillingsbruder Kai hinzu und alle drei Brüder wollen die gleiche Frucht essen. Jetzt wollen wir herausfinden, wie oft die drei ziehen müssen.

Durch das Hinzukommen von Kai benötigen wir drei als Ergebnis, da nun jeder der drei Brüder eine Frucht gleicher Art haben möchte. Die Anzahl der Kategorien bleibt gleich der Anzahl der verschiedenen Früchte. Die Anzahl der Objekte ist unbekannt.

Durch Einsetzen der bekannten Größen kommt man auf diese Gleichung:

$$\left\lceil \frac{?}{4} \right\rceil = 3.$$

Durch Ausprobieren kommt man auf folgendes

Ergebnis:

$$\left\lceil \frac{9}{4} \right\rceil = 3.$$

Demnach müssen die Drillinge höchstens neunmal ziehen, um drei gleiche Früchte zu haben.

Lemma:
In jedem Graphen mit mindestens zwei Knoten gibt es zwei Knoten mit gleichem Grad.

Beweis:
Sei $G = (V, E)$ ein Graph und $n = |V|$ die Anzahl der Knoten von G. Sei weiter

$$\begin{aligned} n' &= \text{ Anzahl der Kategorien} \\ m' &= \text{ Anzahl der Objekte.} \end{aligned}$$

Um das Schubfachprinzip anzuwenden, betrachten wir die Knoten als Objekte und teilen sie nach ihrem Grad in Kategorien ein. K_i ist die Kategorie, die alle Knoten mit Grad i enthält. Außerdem gilt $m' = n$.

Der Grad eines Knotens v ist höchstens $n - 1$, da er höchstens mit allen anderen Knoten benachbart sein kann, außer sich selbst.
$\Rightarrow$ Es gibt $n' = n$ Kategorien.

Da es in einem Graphen nicht gleichzeitig einen Knoten geben kann, der mit allen anderen Knoten benachbart ist und einen, der Grad null hat, ist eine der beiden Kategorien K_0 oder K_{n-1} leer.
$\Rightarrow$ Es gibt höchstens $n' = n - 1$ nicht leere Kategorien.

Wendet man das Schubfachprinzip an, ergibt sich, dass es eine Kategorie K_i mit mindestens $\lceil \frac{m'}{n'} \rceil = \lceil \frac{n}{n-1} \rceil = 2$ Elementen gibt.

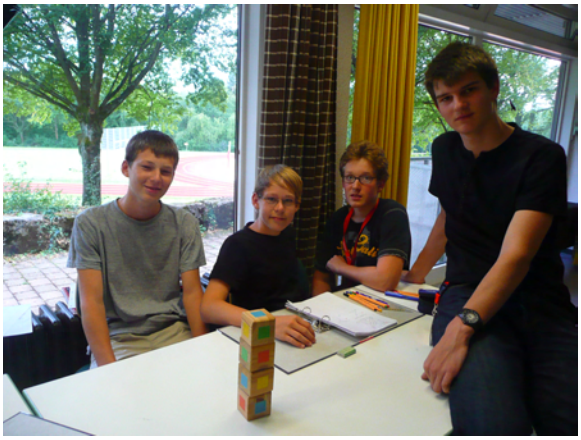
$\Rightarrow$ Es gibt 2 Knoten $x \neq y \in V$ mit $\deg(x) = \deg(y) = i$. $\square$

Wege und Kreise

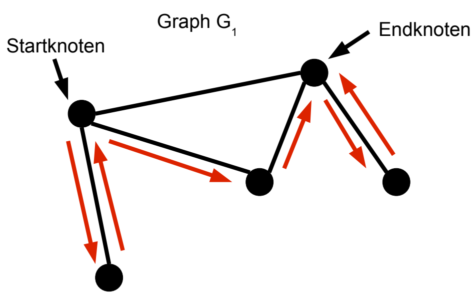
Maybritt Schillinger, Friderike Faller

Kantenzüge

Stellen wir uns vor, wir gehen auf einem Graphen spazieren. Wir beginnen bei einem beliebigen Knoten, welcher auch als Startknoten bezeichnet wird. Dann laufen wir entlang einer beliebigen Kante, die von diesem Knoten ausgeht und uns zu einem Nachbarn des Startknotens führt. Dies kann man beliebig oft wiederholen.



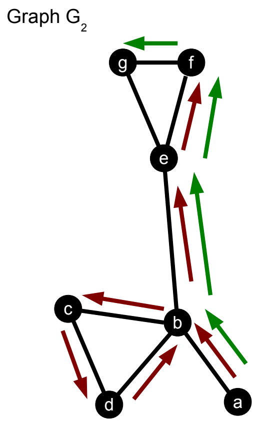
Am Ende haben wir verschiedene Knoten besucht, wobei aufeinanderfolgende Knoten benachbart sind. Der Knoten, bei dem wir am Schluss ankommen, heißt Endknoten.



Ein Kantenzug ist eine Folge von Knoten v_1, v_2, ...,v_k, wobei v_i und v_{i+1} benachbart sind.

Dabei dürfen Knoten und Kanten mehrfach verwendet werden.

Die Länge eines Kantenzuges wird durch Zählen der einzelnen Kanten, die durchlaufen werden, bestimmt. Die Länge des roten Kantenzuges im Graphen G_1 beträgt daher sechs. Spezialfälle von Kantenzügen sind Wege und Pfade: Ein Weg ist ein Kantenzug, bei dem keine Kante doppelt verwendet wird. Im Graphen G_2 ist der Weg a, b, c, d, b, e, f rot markiert.

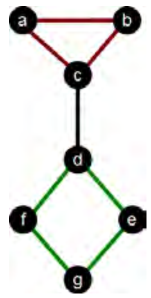


Ein Pfad ist ein Kantenzug, bei dem keine Kante und kein Knoten doppelt verwendet wird. Im Graphen G_2 ist der Pfad a, b, e, f, g grün markiert. Der rot markierte Weg ist kein Pfad, weil der Knoten b doppelt verwendet wird.

Kreise

Ein Kreis besteht aus einem Pfad und einer zusätzlichen Kante zwischen dem Startknoten und dem Endknoten des Pfades. Die Anzahl der Kanten, die in dem Kreis enthalten sind, bezeichnet man als Länge des Kreises. Sie beträgt mindestens drei.

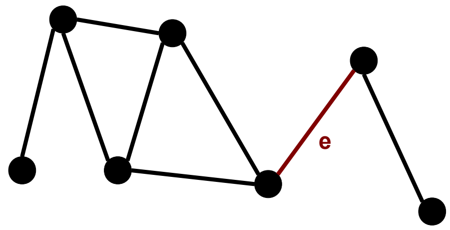
Die Länge des roten Kreises in dem folgenden Graphen beträgt drei, die des grünen Kreises vier.



Zusammenhang und Zusammenhangskomponenten

Maybritt Schillinger, Friderike Faller

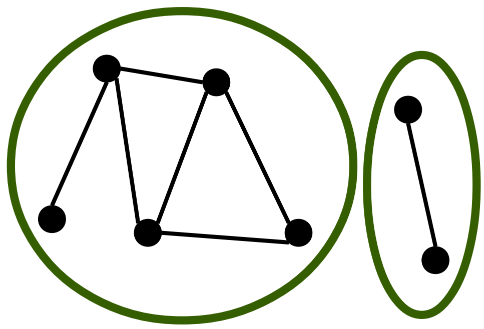
Zusammenhang



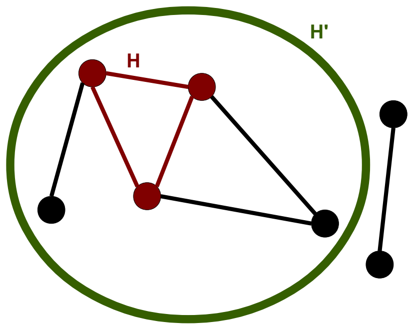
Beispiel für einen zusammenhängenden Graphen.

Wenn wir die Kante e entfernen, ist der abgebildete Graph nicht mehr zusammenhängend. Ein Graph ist zusammenhängend, wenn er nicht aus mehreren Teilen besteht, die nicht durch Kanten verbunden sind. Mathematisch gesehen bedeutet das, dass wir zwei beliebige Knoten des Graphen wählen können, sodass man immer einen Pfad zwischen ihnen finden kann.

Zusammenhangskomponenten



Die in diesem Graphen grün eingekreisten Teile des Graphen sind Zusammenhangskomponenten. Eine Zusammenhangskomponente H ist ein Subgraph, der zusammenhängend ist. Es darf kein zusammenhängendes H' existieren mit $H \subsetneq H'$. Das heißt, H muss so groß wie möglich sein. Würde ein zusammenhängendes H' existieren, welches größer ist und H beinhaltet, dann wäre H keine Zusammenhangskomponente mehr.



Die in diesem Graphen rot markierten Knoten und Kanten sind keine Zusammenhangskomponente H, da ein zusammenhängendes H' (grün umkreist) existiert, für das $H \subsetneq H'$ gilt.

Eulertouren

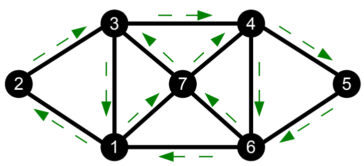
Sophie Bleuel, Selina Kurtz

Eulertouren werden in Knobelaufgaben verwendet, wenn man beispielsweise eine Grafik nachzeichnen soll, ohne den Stift abzusetzen und ohne eine Linie doppelt zu zeichnen. Oftmals kann man solche Aufgaben durch Graphentheorie lösen.

Man kann die Linien, die man nachfahren soll, durch Kanten modellieren. Wenn sich zwei Linien kreuzen, fügt man einen Knoten ein. Eine Lösung kann durch eine Eulertour beschrieben werden.

Ein Graph G hat eine Eulertour, wenn es einen Weg gibt, der jede Kante der Kantenmenge E einmal verwendet und mit demselben Knoten anfängt und aufhört.

Eine Eulertour ist somit eine Rundtour durch einen Graphen, die jede Kante genau ein Mal durchläuft.

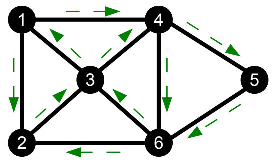


Man besucht die Knoten in der Reihenfolge:

$$1 \to 2 \to 3 \to 4 \to 5 \to 6 \to 7 \to 3 \to 1 \to 7 \to 4 \to 6 \to 1.$$

Eine notwendige Voraussetzung für eine Eulertour ist, dass der Graph zusammenhängend ist. Andernfalls ist es unmöglich, jeden Knoten zu besuchen, da die einzelnen Zusammenhangskomponenten nicht durch Kanten miteinander verbunden sind.

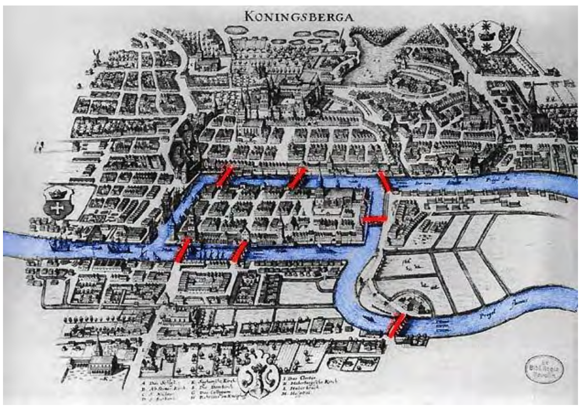
Ein Graph, der keine Eulertour enthält, hat einen Eulerweg, wenn jede Kante genau ein Mal verwendet wird, der Startknoten aber nicht dem Endknoten entspricht.



Man besucht die Knoten in der Reihenfolge:

$$1 \to 2 \to 3 \to 4 \to 5 \to 6 \to 3 \to 1 \to 4 \to 6 \to 2.$$

Diese Graphen sind nach dem Mathematiker Leonhard Euler (1707–1783) benannt. Er hat sich unter anderem mit dem Königsberger Brückenproblem beschäftigt. Königsberg, heute Kaliningrad, ist eine Stadt in Russland. Diese Stadt besitzt vier Stadtteile, die durch den Fluss Pregel geteilt werden und durch sieben Brücken miteinander verbunden sind.

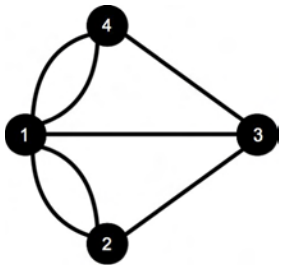


Königsberg[1]

Im 18. Jahrhundert trat die Frage auf, ob es möglich ist, alle sieben Brücken genau einmal zu überqueren und am Schluss wieder zu Hause anzukommen. Euler bewies, dass dies nicht möglich ist. Um sein Ergebnis nachzuvollziehen, haben wir Königsberg durch einen Graphen

[1]Quelle: `http://www.slideshine.de/20022/Image-Koenigsberg, Map by Merian-Erben 1652.jpg`

dargestellt. Dabei modellieren die Knoten die Stadtteile und die Kanten stellen die Brücken zwischen den Stadtteilen dar.



Dieser Graph ist auch unser Kurslogo.

Damit man in einem Graphen eine Eulertour finden kann, muss der Grad jedes Knotens gerade sein. Das liegt daran, dass das Erreichen und anschließende Verlassen eines Knotens immer eine gerade Zahl zu dessen Grad beiträgt.

Satz:
Sei $G = (V, E)$ zusammenhängend. Dann sind folgende drei Aussagen äquivalent:

1. *G enthält eine Eulertour.*
2. *Für alle $v \in V$ ist $\deg(v)$ gerade.*
3. *E lässt sich in kantendisjunkte Kreise, das heißt Kreise, die keine gemeinsamen Kanten haben, teilen.*

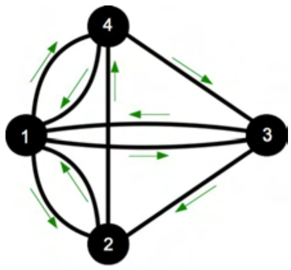
Um zu zeigen, dass alle drei Aussagen äquivalent zueinander sind, verwenden wir einen Ringschluss.

Oben haben wir bereits argumentiert, dass (1) $\Rightarrow$ (2) gilt.

Die Richtung (2) $\Rightarrow$ (3) haben wir mit Induktion über die Anzahl der Kanten gezeigt. Um aus drittens erstens zu folgern, führt man einen Induktionsbeweis über die Anzahl der Kreise. Wir haben hier nicht den ganzen Beweis aufgeführt, sondern nur einige Beweisideen, da wir den Beweis im Sommer im Kurs gemacht haben und er relativ lang war.

Alle Knoten des Graphen von Königsberg haben einen ungeraden Grad. Folglich ist es nicht möglich in diesem Graphen eine Eulertour zu finden. Man könnte das Problem lösen, indem man Kanten so hinzufügt, dass jeder Knoten einen geraden Grad besitzt. Wenn man also durch Königsberg einen Spaziergang machen möchte, müsste man zusätzlich noch zwei Brücken zwischen den Stadtteilen bauen.

Der folgende Graph stellt Königsberg mit den zwei neuen Brücken dar.



Man besucht die Knoten in der Reihenfolge:

$$1 \to 4 \to 1 \to 2 \to 1 \to 3 \to 2 \to 4 \to 3 \to 1.$$

Bäume

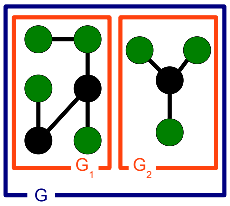
David Stürner, Moritz Kern

Graphen mit bestimmten Eigenschaften werden als Bäume bezeichnet. Sie werden zum Beispiel verwendet, um ein Stromnetz zu bauen, das möglichst günstig sein soll. Das heißt, wir möchten alle Orte möglichst billig mit Strom versorgen.

Definitionen

Ein Graph G heißt Wald, wenn er kreisfrei ist. Das heißt, dass man keinen Kreis in diesem Graphen G finden kann. Ein zusammenhängender Wald G heißt Baum. Als Blatt bezeichnet man einen Knoten x, der Grad 1 hat. Er ist also mit genau einem anderen Knoten y benachbart.

Dieser Graph G ist ein Wald, weil er kreisfrei ist. Die Subgraphen G_1 und G_2 sind Bäume, da sie



Dieser Graph G ist ein Wald mit Bäumen G_1 und G_2.

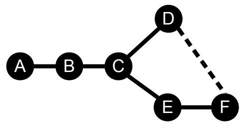
zusammenhängend sind. Die grünen Knoten sind Blätter, weil sie Grad 1 haben.

Beispiel

Der Netzbetreiber „Energiesuper“ hat in Augsburg ein Kraftwerk gebaut. Nun möchte er die Orte Berlin, Chemnitz, Dortmund, Essen und Frankfurt möglichst günstig mit Strom versorgen und baut deshalb Stromleitungen zwischen den Städten.

Wir modellieren die Städte als Knoten A, B, C, D, E und F. Wenn eine Stromleitung zwischen den Städten X und Y gebaut wird, dann fügen wir eine Kante XY ein. Da alle Orte versorgt sein sollen, muss der Graph zusammenhängend sein. „Energiesuper“ möchte die Kosten so gering wie möglich halten. Deshalb werden nur so viele Leitungen wie nötig gebaut.

Zum Beispiel wäre im folgenden Bild eine Leitung zwischen Dortmund und Frankfurt unnötig, da auch ohne sie beide Städte schon versorgt sind. In einem Kreis kann eine Kante entfernt werden und der Graph bleibt zusammenhängend. Also wird ein kreisfreier und zusammenhängender Graph gesucht, der alle Knoten A, $B, \ldots, F$ verwendet.



Hier sieht man ein mögliches Stromnetz von „Energiesuper“ mit der minimalen Anzahl an Leitungen.

Um ein Stromnetz realistisch zu untersuchen, müssen wir einen gewichteten Graphen betrachten. Deshalb ordnen wir jeder Kante ein Gewicht zu, das hier die Kosten für den Bau einer Leitung in Millionen Euro darstellt.

Der Minimal Spanning Tree

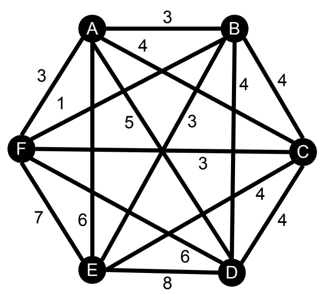
Die Bäume werden im weiteren Verlauf verwendet, um ein kostengünstiges Stromnetz, das alle Orte mit Strom versorgt, zu suchen. Deshalb will man einen Subgraphen von dem Graphen finden, der alle möglichen Leitungen enthält. Dieser Subgraph soll die geringste Summe aller Kantengewichte haben und alle Knoten beinhalten. Dadurch werden die Baukosten minimiert, während alle Orte mit Strom versorgt werden. Einen solchen Subgraphen nennen wir dann minimal spanning tree (=MST), auf Deutsch: minimaler aufspannender Baum. Dieser Subgraph T von G heißt aufspannender Baum von G, wenn T ein Baum ist und alle Knoten von G verwendet.
Wenn dieser Baum T ein minimales Kantengewicht unter allen aufspannenden Bäumen von G hat, so ist T ein minimal aufspannender Baum (=MST).

Eingabe: Ein gewichteter Graph $G = (V, E)$ mit positiven Kantengewichten.
Ausgabe: Ein MST (V, F) von G.

	Anweisung	Kommentar
1	Zuerst wird ein beliebiger Startknoten $s \in V$ gewählt.	Es wird ein Knoten benötigt, bei dem wir beginnen.
2	Der Knoten s wird nun der Menge S der schon verwendeten Knoten zugeordnet, d. h. $S = \{s\}$. Außerdem wird eine Menge F der bisher im MST verwendeten Kanten angelegt, d. h. $F = \{\}$.	S ist die Menge der Knoten, die schon im Baum sind und F ist die Menge der Kanten, die schon im MST sind. Wir fangen mit dem Baum $(\{s\}, \{\})$ an.
3	Nun suchen wir einen Knoten y, der noch nicht zur Menge S gehört und eine Kante yx zu einem Knoten $x \in S$ hat. Das Kantengewicht von yx soll unter allen Möglichkeiten minimal sein.	Suche einen Knoten und eine Kante mit minimalem Gewicht, die man zum Baum auf S hinzufügen kann.
4	Füge y in S ein, d. h. $S \leftarrow S \cup \{y\}$ und füge yx in F ein, d. h. $F \leftarrow F \cup \{yx\}$.	Der neu hinzugefügte Knoten gehört nun auch zu den Knoten, die im Baum sind. Die neu hinzugefügte Kante gehört ab jetzt zu den im MST verwendeten Kanten.
5	Solange noch nicht alle Knoten $v \in V$ auch in S sind, gehe zu Anweisung 3.	Wir wollen einen Baum mit allen Knoten haben, deshalb wiederholen wir diese Schritte so oft, bis wir alle Knoten verwendet haben.

Algorithmus von Prim

Um in einem gewichteten Graphen einen MST zu finden, kann man den Algorithmus von Prim verwenden. Die Idee des Algorithmus besteht darin, den MST Knoten für Knoten und Kante für Kante aufzubauen. Bei jedem Schritt wird also ein weiterer Knoten dem Subgraphen hinzugefügt. Dieser Knoten wird zur Menge S hinzugefügt. Die Kante, durch die wir diesen Knoten erreicht haben, wird in der Menge F gespeichert.

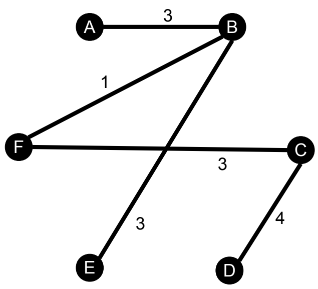


Dieser Graph modelliert alle möglichen Stromleitungen, die zwischen den Städten gebaut werden könnten.

Beispiel (Fortsetzung)

Nun wenden wir den Algorithmus von Prim in unserem Beispiel an: A ist der Startknoten, da in Augsburg das Kraftwerk steht. In Schritt 3 betrachten wir alle Kanten, die von A ausgehen. Die Kanten AB und AF haben die kleinsten Kantengewichte. Da es keinen Unterschied macht, welche Kante man wählt, suchen wir uns AB aus, dann ist $S = \{A, B\}$, $F = \{AB\}$, das heißt B ist mit Strom versorgt. Es sind noch nicht alle Knoten $v \in V$ in S. Deshalb gehen wir wieder zu Anweisung 3 und betrachten wieder alle Kanten, die einen verwendeten und einen noch nicht verwendeten Knoten verbinden: $AC, AD, AE, AF, BC, BD, BE, BF$. Die Kante BF ist mit dem Kantengewicht 1 die kürzeste. Wir nehmen diese und schließen F in unser Stromnetz mit ein, das heißt $S = \{A, B, F\}$, $F = \{AB, BF\}$. Diesen Schritt wiederholen wir und schließen nacheinander E, C und D über die Kanten BE, FC und CD an. Dann ist $S = \{A, B, C, D, E, F\}$ und enthält alle Knoten des eingegebenen Graphen $G = (V, E)$. Also ist $T = (V, F)$ ein MST. Um die Kos-

ten dieses günstigsten Stromnetzes zu erhalten, müssen wir die Kantengewichte aller Kanten $e \in F$ addieren: $w = 3+1+3+3+4 = 14$, das heißt das günstigste Stromnetz wird „Energiesuper" 14 Millionen Euro kosten.



Das ist ein Stromnetz, das „Energiesuper" bauen kann, welches wir mit dem Algorithmus von Prim gefunden haben. Dieses hat minimale Kosten.

Kürzeste Wege und der Dijkstra-Algorithmus

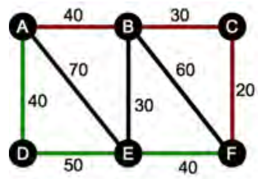
David Stürner, Moritz Kern

Jedes Navigationssystem versucht, einen kürzesten Weg zwischen zwei Orten, die als Knoten modelliert werden, zu finden. Zwar war dies für uns zuerst in Graphen wichtig, wir konnten aber schnell und einfach den Bezug zur Realität und der damit verbundenen Lösung einer solchen Aufgabe herstellen.

Definitionen

Ein Graph G ist gewichtet, wenn man jeder Kante e ein Gewicht $w(e)$ zuordnet. Die Länge eines Weges P, der die Kanten $e_1, e_2, \ldots, e_k$ verwendet, ist die Summe seiner Kantengewichte.
Ein Weg zwischen zwei Knoten x und y mit dem geringsten Gesamtkantengewicht unter allen x, y-Wegen ist ein kürzester x, y-Weg.

Beispiel



Dieser Graph stellt verschiedene Wege zwischen den Knoten A und F dar.

Die Länge des grün markierten A, F-Wegs beträgt $40 + 50 + 40 = 130$. Allerdings gibt es noch kürzere Wege, wie den hier rot markierten A, F-Weg. In einem kleinen Graphen, wie diesem, kann man den kürzesten Weg relativ leicht durch Ausprobieren finden. Der rot markierte Weg hat ein Kantengewicht von 90 und ist ein kürzester A, F-Weg.
In größeren Graphen steigt die Anzahl möglicher Wege von einem Knoten x zu einem anderen Knoten y exponentiell in der Anzahl der Knoten und man braucht zum Ausprobieren sehr lange.

Dijkstra-Algorithmus

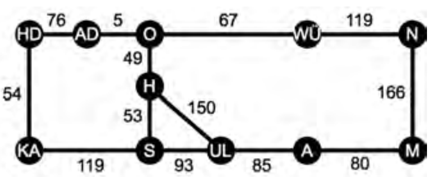
Deshalb benutzen wir einen effizienten Algorithmus. Das ist ein schnelles Verfahren zur

Eingabe: Ein gewichteter Graph G mit positiven Kantengewichten, ein Startknoten a und ein Zielknoten z.
Ausgabe: Ein kürzester a, z-Weg und dessen Länge $\operatorname{dist}(a, z)$.

	Anweisung	Kommentar
1	Setze $\operatorname{dist}(a) = 0$, $\operatorname{dist}(x) = \infty \ \forall x \in V \setminus \{a\}$, $\operatorname{pre}(x) = a \ \forall x \in V \setminus \{a\}$ und $S = \{a\}$.	Der Knoten a hat zu sich selbst die Distanz $\operatorname{dist}(a) = 0$. Zu allen anderen Knoten ist noch kein kürzester Weg bekannt. S ist die Menge der Knoten, zu denen wir schon einen kürzesten Weg kennen. Der Vorgänger ist der Knoten, von dem wir auf unseren aktuellen Knoten kommen.
2	Wähle den Knoten $x \in V \setminus S$, sodass $\operatorname{dist}(x)$ minimal unter allen Möglichkeiten ist.	Wir suchen nun einen Knoten x, der noch nicht in S ist und die kürzeste Distanz zum Startknoten s hat.
3	Füge x in die Menge S ein, d. h. $S \leftarrow S \cup \{x\}$.	Wir kennen nun einen kürzesten Weg zu x.
4	Berechne für alle Knoten $y \notin S$ die Summe des jeweiligen Kantengewichts $w(xy)$ und der Distanz $\operatorname{dist}(x)$ im aktuellen Knoten x.	Überprüfe, ob es einen a, y-Weg gibt, der x als zweitletzten Knoten verwendet und kürzer als der momentan kürzeste bekannte a, y-Weg ist. Man überprüft, ob man mit Hilfe des bekannten a, x-Weges einen kürzeren a, y-Weg finden kann.
5	Ist dieser Wert kleiner, als die für ihn gespeicherte Distanz $\operatorname{dist}(x)$, so ändere sie und setze den Knoten x als Vorgänger $\operatorname{pre}(y)$.	Wenn es einen kürzeren Weg gibt, so wollen wir diesen auch verwenden.
6	Solange $z \notin S$ ist, gehe zu Anweisung 2.	Erst wenn der Zielknoten z in S ist, wissen wir, dass wir einen kürzesten a, z-Weg gefunden haben.

Lösung eines Problems. Die Idee des Dijkstra-Algorithmus besteht darin, sich einen bekannten kürzesten Weg anhand der Vorgänger $\operatorname{pre}(x)$ zu merken und von ihm aus weitere kürzeste Wege zu finden, bis der Zielknoten erreicht ist.

Der Algorithmus anhand eines Beispiels



Hier ist das Verkehrsnetz zwischen Adelsheim und München in einem Graphen dargestellt. Anhand dieses Graphen haben wir einen kürzesten Weg zwischen Adelsheim und München gefunden.

Wir nehmen Adelsheim als Startknoten, da wir dort unsere Reise beginnen. Die Distanz $\operatorname{dist}(AD)$ setzen wir auf 0 und $\operatorname{pre}(AD) = AD$. In Anweisung 2 suchen wir den Knoten, der noch nicht in S ist und die kürzeste Distanz zu unserem Startknoten hat. Diese Eigenschaft erfüllt Osterburken mit $\operatorname{dist}(O) = 5$. Also schließen wir in Anweisung 3 den Knoten O in die Menge S und die Kante AD, O in F ein. Da wir keinen kürzeren Weg nach Osterburken finden, und unser Zielknoten München noch nicht in S ist, springen wir zu Anweisung 2.

Wir suchen einen Knoten $v \notin S$ mit kürzester Distanz zu unserem Startknoten AD. Dieser ist Heilbronn und wird in der folgenden Anweisung in die Menge S eingeschlossen. Wir finden keinen kürzeren Weg von AD nach H. Der Zielknoten M ist noch nicht in S, also beginnen wir wieder mit Anweisung 2 und wiederholen das bis $M \in S$. Nun haben wir München in die Menge S eingebunden und als $\operatorname{pre}(M) = N$ gespeichert. Also haben wir durch den Algorithmus einen kürzesten AD, M-Weg gefunden:

Menge S	Neuer Knoten y in Schritt 3	Distanz-Wert										
		HD	AD	O	WÜ	N	H	KA	S	UL	A	M
{AD}	O	76	$\in S$	5	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
{AD, O}	H	76	$\in S$	$\in S$	72	∞	54	∞	∞	∞	∞	∞
{AD, O, H}	WÜ	76	$\in S$	$\in S$	72	∞	$\in S$	∞	107	204	∞	∞
{AD, O, H, WÜ}	HD	76	$\in S$	$\in S$	$\in S$	191	$\in S$	∞	107	204	∞	∞
{AD, O, H, WÜ HD}	S	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	191	$\in S$	130	107	204	∞	∞
{AD, O, H, WÜ, HD, S}	KA	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	191	$\in S$	130	$\in S$	200	∞	∞
{AD, O, H, WÜ, HD, S, KA}	N	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	191	$\in S$	$\in S$	$\in S$	200	∞	∞
{AD, O, H, WÜ, HD, S, KA, N}	UL	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	200	∞	357
{AD, O, H, WÜ, HD, S, KA, N, UL}	A	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	285	357
{AD, O, H, WÜ, HD, S, KA, N, UL, A}	M	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	$\in S$	357

Dijkstra Algorithmus anhand eines Beispiels

Er verläuft von Adelsheim über Osterburken, Würzburg und Nürnberg nach München. Seine Gesamtlänge beträgt 357 Kilometer.

Vier-Würfel-Problem

Daniel Haller, Paul Ockenfuss

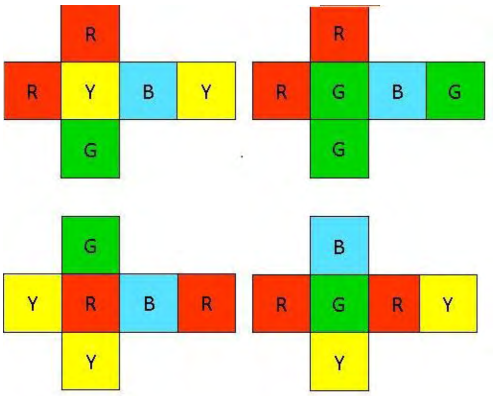
In fast jeder Kurspause gab es einige Teilnehmer, die die Zeit damit verbrachten, farbige Würfel zu einem Turm aufzubauen. Genauer gesagt versuchten sie, das sogenannte Vier-Würfel-Problem zu lösen. Es geht darum, vier Würfel aufeinanderzustapeln. Jeder Würfel hat sechs Seiten, von der jede mit einer von vier Farben beklebt ist. Der Turm soll so aufgebaut werden, dass an jeder Turmseite jede Farbe genau einmal vorkommt. Das hört sich leicht an, ist aber nicht so einfach, wie man denkt.

Es gibt sehr viele Möglichkeiten die vier Würfel zu einem Turm zu stapeln. Jeweils eine der 6 Flächen eines Würfels liegt oben. Dabei gibt es wieder jeweils 4 Positionen beim Drehen um die vertikale Achse des Würfels, also $6 \cdot 4$

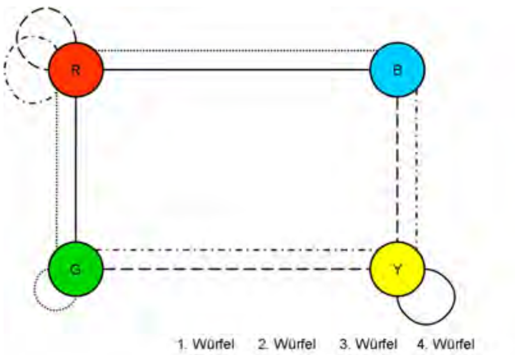
Möglichkeiten einen Würfel hinzustellen. Es gibt 4 Würfel, also insgesamt $(6 \cdot 4)^4$ mögliche Kombinationen. Da es aber egal ist, von welcher Seite wir den Turm betrachten, teilen wir das Produkt noch durch 4. Zusammen ergibt das

$$\frac{1}{4}(6 \cdot 4)^4 = 82944$$

Möglichkeiten einen Turm zu bauen.
In unserem Kurs haben wir einen Weg zur Lösung des Problems mit Hilfe von Graphen kennengelernt, den wir anhand des folgenden Beispiels zeigen. Die Würfel könnten zum Beispiel folgende Netze besitzen:



In dem folgenden Graphen repräsentiert jeder Knoten eine der vier Farben. Zwei Knoten sind benachbart, wenn sich die entsprechenden Farben am Würfel gegenüberliegen. Wenn sich zwei gleichfarbige Seiten gegenüber liegen, entsteht eine Schlinge.
Das Gleiche wiederholen wir für alle Würfel. Dabei geben wir jeder Kante einen Vermerk, zu welchem Würfel sie gehört. Aus den Netzen der obigen Würfel erhält man folgenden Graphen.

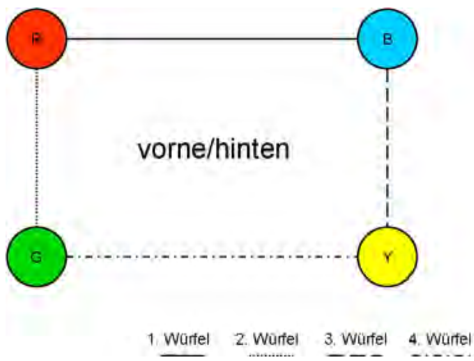


Im nächsten Schritt suchen wir zwei Subgraphen H_1 und H_2 in diesem Graphen. Sie sollen

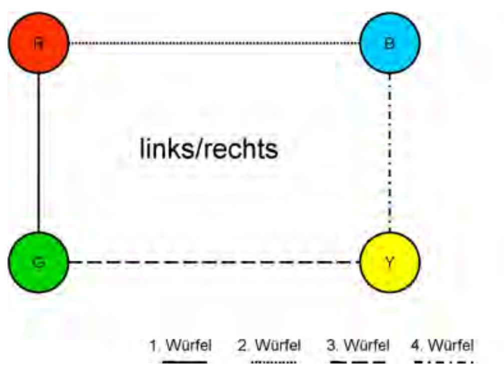
die auf der Vorder- und Rückseite bzw. die auf der linken und rechten Seite liegenden Farbpaare darstellen. In H_1 und H_2 muss jedes der folgenden drei Kriterien gelten:

- Jeder Knoten hat Grad 2. Jede Farbe kommt auf jeder Seite genau einmal vor. Ein Subgraph fasst immer zwei Seiten zusammen. Deshalb kommt in jedem Subgraph jede Farbe zweimal vor. Also hat der zu dieser Farbe gehörige Knoten Grad 2.
- Von jedem Würfel muss genau eine Kante benutzt werden. Dies ist die Voraussetzung, dass jeder Würfel eine Vorder- und Rückseite und eine linke/rechte Seite besitzt, die man im Turm sieht.
- Eine Kante in H_1 darf nicht in H_2 vorkommen und umgekehrt. Ein Farbpaar kann nicht gleichzeitig vorne und hinten sowie rechts und links liegen.

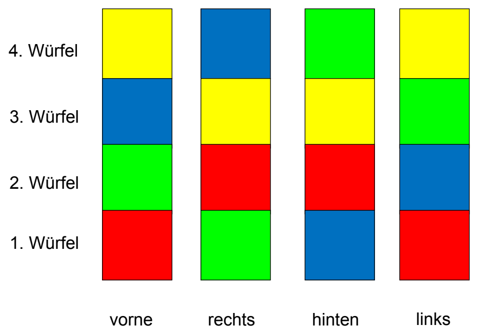
In unserem Beispiel erfüllen die folgenden Subgraphen die Kriterien.



Sind zwei Knoten durch eine Kante verbunden, dann befinden sich die Farben auf gegenüberliegenden Seiten des Würfels. Wir suchen uns



die Kanten des ersten Würfels im zweiten Subgraphen. Der erste Würfel ist auf der linken Seite rot und auf der rechten Seite grün, oder umgekehrt. So wiederholt man das für jeden Würfel in beiden Subgraphen. Am Ende sieht der Turm so aus:



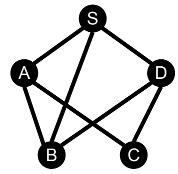
Hamiltonkreise

Hannes Botzet, Bastian Boll

Was ist ein Hamiltonkreis?

Ein Hamiltonkreis in einem Graphen ist ein Kreis, der jeden Knoten genau einmal enthält. Wir starten bei einem Knoten und versuchen jeden Knoten genau einmal zu besuchen, wobei wir nur entlang von Kanten laufen. Ein Graph, der einen Hamiltonkreis enthält, heißt hamiltonsch.

Im folgenden Beispiel wollen wir von unserem Startknoten S unsere vier besten Freunde, A, B, C, D, besuchen und am Ende wieder bei uns zu Hause ankommen. Wie man sieht, sind nicht alle Knoten benachbart. Daher muss es nicht unbedingt einen Hamiltonkreis geben.

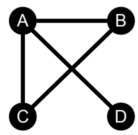


Dieser Graph ist hamiltonsch, denn

$$S \to B \to A \to C \to D \to S$$

ist ein Hamiltonkreis.

Folgender Graph hat keinen Hamiltonkreis:



In diesem Graphen ist der Knoten D nur mit einem anderen Knoten benachbart. Würden wir ihn besuchen, so kämen wir nicht mehr weiter, da die einzige abgehende Kante zum schon besuchten Knoten A gehen würde.

Wann kann ein Hamiltonkreis gefunden werden?

Damit wir einen Hamiltonkreis in einem Graphen finden können, muss der Graph G zusammenhängend sein, da von jedem Knoten ein Pfad zu jedem anderen Knoten vorhanden sein muss. Außerdem darf es keinen Knoten mit Grad kleiner als 2 geben, da dieser dann entweder nicht besucht oder nicht mehr verlassen werden kann. Sind diese Kriterien erfüllt, muss das aber noch lange nicht heißen, dass es einen Hamiltonkreis im Graphen gibt.

Im Kurs haben wir zwei Sätze bewiesen, die hinreichende Kriterien aufzeigen, wann in einem Graphen ein Hamiltonkreis zu finden ist.

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

Satz (Ore)**:**
Sei $G = (V, E)$ ein Graph mit $|V| \geq 3$. Wenn für alle Paare von Knoten x, y mit $xy \notin E$ gilt, dass $\deg(x) + \deg(y) \geq |V|$, dann hat G einen Hamiltonkreis.

Traveling Salesman Problem

Bastian Boll, Hannes Botzet

In unserem Kurs haben wir uns die Frage gestellt, wie man die kürzeste Rundreise unter allen Teilnehmern des Kurses finden kann. Es handelt sich hierbei um das sogenannte Problem des Handlungsreisenden (englisch: Traveling Salesman Problem).
Modellieren wir die gegebene Problemstellung mit Hilfe von Graphen, entspricht die kürzeste Rundreise einem kürzesten Hamiltonkreis in einem vollständigen und gewichteten Graphen. Dabei stehen Kantengewichte für die Luftlinienentfernung in Kilometern zwischen den Teilnehmern, welche als Knoten dargestellt werden.

Am einfachsten gelangt man zu einer optimalen Lösung, indem man im betrachteten Graphen die Länge aller enthaltenen Hamiltonkreise berechnet und einen kürzesten auswählt. Im Kurs haben wir uns überlegt, wie viele Hamiltonkreise in einem vollständigen Graphen auf n Knoten möglich sind. Zu diesem Zweck wählen wir zunächst einen beliebigen Startknoten. Von diesem Knoten führen $n-1$ Kanten zu einem Knoten, der noch nicht im Hamiltonkreis enthalten ist. Von diesen wird nun ein beliebiger gewählt und zu unserem Hamiltonkreis hinzugefügt. Von diesem Knoten aus führen nun $n-2$ Kanten zu Knoten, die noch nicht im Hamiltonkreis enthalten sind. Dieser Vorgang wird fortgeführt und die jeweiligen Anzahlen möglicher Kantenwahlen multipliziert. Schlussendlich muss das Produkt dieser Werte noch halbiert werden, da bei unserem Verfahren jeder Hamiltonkreis des Graphen zweimal durchlaufen wurde, einmal von vorn, einmal von hinten. Bezeichnet man die Knotenanzahl mit n, ergibt sich:

$$\begin{aligned}&\text{Anzahl der Hamiltonkreise}\\ &= \frac{1}{2}\cdot\prod_{k=1}^{n-1}(n-k)\\ &= \frac{(n-1)\cdot(n-2)\cdot(n-3)\cdot\ldots\cdot(2-1)}{2}\\ &= \frac{(n-1)!}{2}\end{aligned}$$

Unglücklicherweise steigt dieser Wert mit größer werdenden n exponentiell. Um dies zu veranschaulichen, haben wir die untenstehende Tabelle erstellt:

Knotenanzahl	Anzahl der Hamiltonkreise	Berechnungsdauer (1 Million Kreise pro Sekunde)
5	12	$0,000012$ Sekunden
14	3113510400	51 Minuten
28	$5,4\cdot 10^{27}$	$1,73\cdot 10^{14}$ Jahre

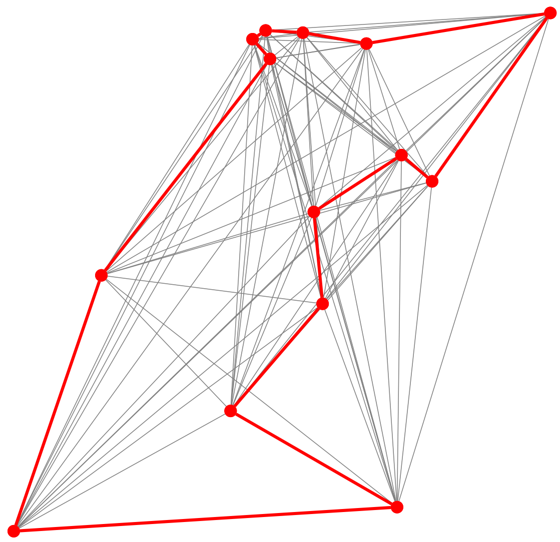
Es wird also schnell ersichtlich, dass diese Möglichkeit der Berechnung selbst mit Computereinsatz zu zeitaufwändig ist.

Nächste-Nachbar-Heuristik

Einen anderen Weg, auf ein Ergebnis zu kommen, bietet die sogenannte Nächste-Nachbar-Heuristik. Eine Heuristik ist ein Verfahren, das zwar abhängig von unterschiedlichen Faktoren meist ein gutes Ergebnis liefert, jedoch nicht unbedingt eine optimale Lösung liefert.
Bei der Nächsten-Nachbar-Heuristik wird zunächst ein beliebiger Knoten als Startknoten gewählt. Im nächsten Schritt wird eine leichteste Kante gesucht, die von diesem Startknoten ausgeht. Der Knoten, der durch diese Kante verbunden ist, wird nun zum nächsten Knoten des Hamiltonkreises. Nun wird von diesem Knoten aus eine leichteste Kante gesucht, die nicht zu einem bereits besuchten Knoten zurück führt. Diese Kante läuft man entlang und besucht ihren Endknoten. Führt man diesen Prozess weiter fort, gelangt man am letzten Knoten an und wählt dann unabhängig von deren Gewicht, die Kante, die diesen Knoten mit dem Anfangsknoten verbindet.
Um abschätzen zu können, wie gut das Resultat der Nächsten-Nachbar-Heuristik ist, verwendet man eine Fehlerabschätzung. Die kürzeste Rundreise in einem beliebigen Graphen auf n Knoten kann nicht kürzer sein als die Summe der n kürzesten Kanten. Bezeichnet man diese Summe mit b und die Länge des Hamiltonkreises, den die Nächste-Nachbar-Heuristik liefert mit l, so ergibt sich eine relative Fehlerabschätzung, die sich folgendermaßen errechnet:

$$\text{relativer Fehler } = \frac{l-b}{b}.$$

Dieser Wert ist abhängig von der Beschaffenheit des betrachteten Graphen sowie dem verwendeten Startknoten. Startet man eine Nächste-Nachbar-Heuristik in einem vollständigen Graphen, der die Wohnorte der Teilnehmer unseres Kurses modelliert, am Wohnort von Hannes Botzet, erhält man sogar eine optimale Rundreise.



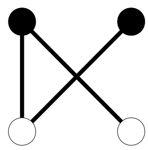
Die kürzeste Rundreise zwischen den Teilnehmern des Graphentheoriekurses hat eine Länge von 760 Kilometern.

Bipartite Graphen

Florian Peters, Hannes Botzet

Was ist ein bipartiter Graph?

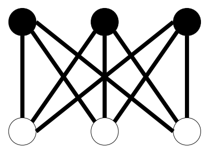
Ein Graph heißt bipartit, wenn man seine Knoten in zwei Mengen aufteilen kann, sodass keine Kante innerhalb einer dieser Mengen verläuft. Im folgenden Beispiel sind die einen Knoten weiß, die anderen schwarz markiert. Ein schwarzer Knoten ist nur mit weißen Knoten benachbart und umgekehrt.



Ein bipartiter Graph.

Vollständig bipartite Graphen

Man bezeichnet einen Graphen als vollständig bipartit, wenn jeder Knoten der einen Menge mit jedem Knoten der anderen Menge benachbart ist und umgekehrt. Markiert man die Knoten in schwarz und weiß, heißt das, dass jeder schwarze Knoten mit jedem weißen Knoten und jeder weiße Knoten mit jedem schwarzen Knoten benachbart ist.

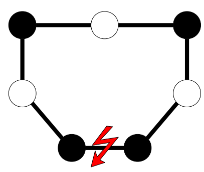


Vollständig bipartiter Graph $K_{3,3}$.

Wann ist ein Kreis bipartit?

Lemma:
C_n ist genau dann bipartit, wenn n gerade ist.

Wenn C_n bipartit ist, dann können die Knoten des Kreises abwechselnd schwarz und weiß gefärbt werden, sodass jede Kante einen weißen mit einem schwarzen Knoten verbindet. Also gibt es gleich viele weiße wie schwarze Knoten. Deshalb ist die Gesamtzahl der Knoten gerade.

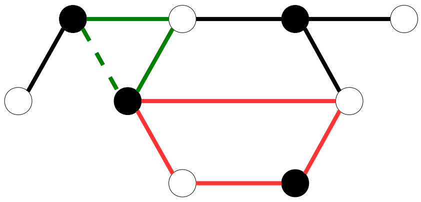


Ein nicht bipartiter Kreis mit ungerader Knotenanzahl.

Für die Rückrichtung sei die Gesamtanzahl der Knoten gerade. Man läuft den Kreis ab und färbt die Knoten abwechselnd schwarz und weiß. Da es gleich viele schwarze wie weiße Knoten gibt, hat der letzte Knoten eine andere Farbe als der erste Knoten. Eine Kante verbindet dann immer einen weißen mit einem schwarzen Knoten. Also ist C_n bipartit.

Satz (König)**:**
Ein Graph G ist genau dann bipartit, wenn er keinen Kreis ungerader Länge enthält.

Beispiel:



Der rote Kreis hat Länge 4, also gerade Länge. Wenn man die gestrichelte Kante einfügt, ist dieser Graph nicht mehr bipartit, weil dann zwei schwarze Knoten benachbart sind. Außerdem entsteht auch ein Kreis ungerader Länge, welcher grün markiert ist.

Beweis:

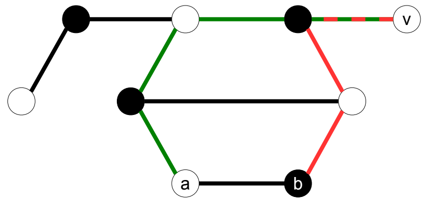
1. Richtung „$\Rightarrow$“:

Sei G ein bipartiter Graph. Dann müssen auch alle Subgraphen von G bipartit sein, sonst ist G nicht bipartit. Wenn ein Kreis der Länge i Subgraph von G ist, dann – so besagt es das vorherige Lemma – ist i gerade. Also enthält G keinen Kreis ungerader Länge.
Damit ist die erste Richtung bewiesen. Aber da man bei einem Äquivalenzbeweis immer beide Richtungen beweisen muss, fehlt die zweite Richtung noch.

2. Richtung „$\Leftarrow$“:

Sei $G = (V, E)$ ein zusammenhängender Graph, der keinen Kreis ungerader Länge enthält. Falls er nicht zusammenhängend ist, wird jede Zusammenhangskomponente einzeln betrachtet. Man nimmt einen beliebigen Knoten v und teilt die restlichen Knoten in zwei Mengen V_g (weiße Knoten) und V_u (schwarze Knoten). Ein Knoten kommt in die Menge V_g, falls ein kürzester Pfad von v zu dem entsprechenden Knoten gerade Länge hat. Ein Knoten wird in die Menge V_u hinzugefügt, wenn ein kürzester Pfad von v zu diesem Knoten ungerade Länge hat. Der Knoten v hat zu sich selbst Abstand null, also ist $v \in V_g$.

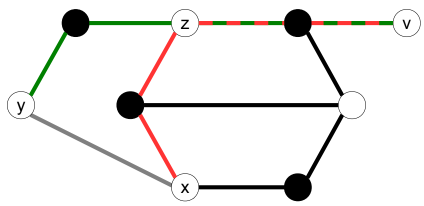
Beispiel:



Der kürzeste Pfad von v zu b (rot) hat ungerade Länge. Also ist der Knoten b in der Menge V_u. Der Pfad von v zu a (grün) hat gerade Länge, also enthält V_g den Knoten a.

Um zu zeigen, dass G bipartit ist, muss noch gezeigt werden, dass es keine Kante gibt, die zwei Knoten aus derselben Menge verbindet. Angenommen es existiert eine Kante xy, die zwei gleichfarbige Knoten x und y miteinander verbindet. Dann sind x und y beide in V_g oder beide in V_u, das heißt ein kürzester x, v-Pfad P_1 und ein kürzester y, v-Pfad P_2 haben beide gerade Länge oder beide ungerade Länge.

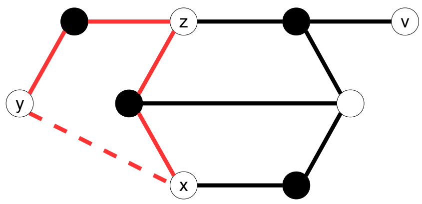
Beispiel:



Die Länge von P_1 (rot) beträgt 4, die Länge von P_2 (grün) beträgt auch 4, also sind beide Längen gerade.

Sei z der erste Knoten, der auf P_1 und P_2 liegt. Das Pfadstück von z nach v ist in P_1 gleich lang wie in P_2, sonst gäbe es einen kürzeren Pfad von x bzw. y nach v.

P_1 und P_2 haben beide gerade oder beide ungerade Länge und der Teilpfad von z nach v hat in beiden Pfaden die gleiche Länge. Deshalb haben auch der kürzeste y,z-Pfad und der kürzeste x,z-Pfad entweder beide gerade oder beide ungerade Länge. Der x,y-Pfad, der aus dem kürzesten y,z- und dem kürzesten x,z-Pfad besteht, hat gerade Länge. Zusammen mit der Kante xy ergibt sich so ein Kreis mit ungerader Länge. Dies ist ein Widerspruch, weil G keinen Kreis ungerader Länge enthält. Die Kante xy, die zwei gleichfarbige Knoten miteinander verbindet, kann es also nicht geben. Deshalb ist G bipartit.



Zusammen mit der gestrichelten Kante xy entsteht ein Kreis ungerader Länge.

Matchings

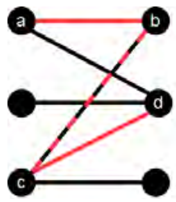
Daniel Haller

In einem Tanzkurs gibt es fünf Mädchen und fünf Jungen. Sie kennen sich untereinander nur teilweise. Wir wollen Tanzpaare bilden, die sich kennen. Solch eine Menge von Paaren kann man mit Hilfe eines Graphen als Matching beschreiben. Jeder Teilnehmer wird als Knoten dargestellt. Wenn sich ein Junge und ein Mädchen kennen, werden sie durch eine Kante verbunden.

Sei $G = (V, E)$ ein Graph. Eine Teilmenge M der Kanten, also $M \subset E$, heißt Matching, wenn für alle $e \neq e' \in M$ gilt, dass $e \cap e' = \{\}$ ist. Eine Kante wird nun als Menge ihrer Endknoten interpretiert. Wenn man $G = (V, M)$, also den Graphen auf allen Knoten V mit M als Kantenmenge, betrachtet, dann darf jeder Knoten höchstens Grad 1 haben.

Beispiel:

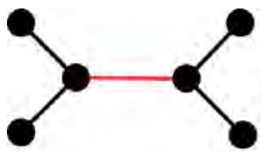
Sei $M = \{ab, cd\}$. Wenn man die Kanten ab und cd als Mengen $\{a, b\}$ und $\{c, d\}$ interpretiert, dann ist $ab \cap cd = \{\}$.



Wir nehmen nun die Kante bc in das Matching M auf. Es gilt $ab \cap bc = \{b\}$. Also ist $\{ab, cd\}$ ein Matching, aber $\{ab,\ cd,\ bc\}$ ist kein Matching.

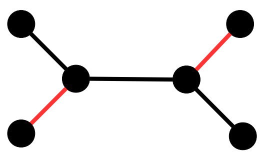
Ein Knoten v heißt von einem Matching M überdeckt, falls das Matching eine Kante e enthält, die den Knoten v mit einem anderen Knoten verbindet.

Ein Matching M heißt maximal, wenn man keine Kante e mehr hinzufügen kann. Fügt man dennoch eine Kante e zu M hinzu, dann ist $M \cup \{e\}$ kein Matching mehr.



Betrachten wir nochmal das Beispiel mit dem Tanzkurs. Wenn die ausgewählten Paare einem maximalen Matching entsprechen, dann können unter den übrigen Teilnehmern keine Paare mehr gebildet werden.

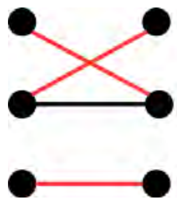
Wenn M ein größtes Matching ist, dann gibt es kein Matching, das mehr Kanten enthält. Auch wenn die Kanten anders gewählt werden, kann man kein größeres Matching finden.



Bei unserem Tanzkursbeispiel bedeutet das, dass es nicht mehr Paare gibt, auch wenn man die Paare anders zusammenstellt.

Ein Matching ist perfekt,wenn jeder Knoten von einer Matchingkante überdeckt ist. Das heißt, dass jeder Knoten einen Matchingpartner hat.

Wenn man das auf unser Tanzkursbeispiel be-



zieht, bedeutet das, dass jeder einen Tanzpartner hat.

Jedes perfekte Matching ist auch ein größtes Matching. Und jedes größte Matching ist ein maximales.

Ein Pfad P in G heißt augmentierend, wenn er abwechselnd Kanten in M und Kanten, die nicht in M enthalten sind, benutzt, und weder Anfangs- noch Endknoten von M überdeckt sind. Mit augmentierenden Pfaden kann man größere Matchings finden.

Ein augmentierender Pfad: Der Anfangs- und der Endknoten sind nicht von M überdeckt.

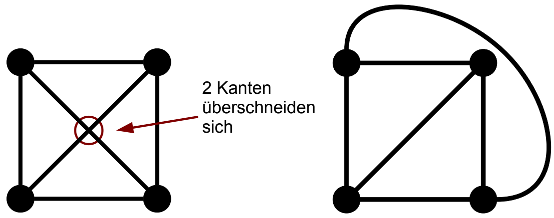
Planare Graphen

Florian Peters

Drei Bauern brauchen von drei Quellen Wasser, um ihr Feld ausreichend gut zu düngen. Die drei Bauern mögen sich nicht und wollen sich deshalb unter keinen Umständen über den Weg laufen. Ist es möglich, dass jeder Bauer einen Weg zu jeder Quelle bauen kann, sodass kein Weg einen anderen kreuzt? Diese Fragestellung haben wir in unserem Kurs mit planaren Graphen untersucht.

Ein Graph heißt planar, wenn er sich so in die Ebene zeichnen lässt, dass sich keine Kanten überschneiden. Wenn ein Graph so gezeichnet ist, dass sich keine Kanten überschneiden, heißt diese Zeichnung eben.

Beispiel:

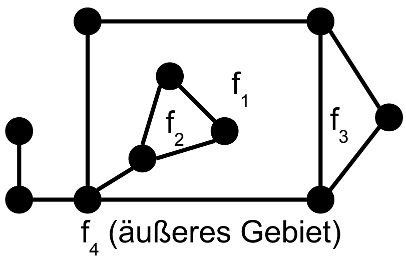


Links: nicht ebene Zeichnung.
Rechts: gleicher Graph eben gezeichnet.

Der Graph K_4 ist planar, da eine ebene Zeichnung existiert.

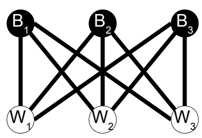
Eine ebene Zeichnung eines Graphen unterteilt die Ebene in Gebiete. Man schreibt $G = (V, E, R)$, wobei V die Knotenmenge, E die Kantenmenge und R die Menge der Gebiete ist.

Beispiel:



Diese Zeichnung unterteilt die Ebene in 4 Gebiete. Nicht zu vergessen ist dabei das äußere, unendlich große Gebiet. Also ist $R = \{f_1, f_2, f_3, f_4\}$.

Zurück zu den drei Bauern. Der dazugehörige Graph sieht so aus:

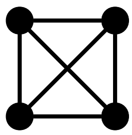


Das ist der $K_{3,3}$. Die schwarzen Knoten stellen die Bauern dar, die weißen Knoten die Quellen. Mit diesem Graphen kann man beweisen, dass die Bauern ihre Wege nicht so bauen können, dass sich keine Wege überschneiden.

Korollar:
Sei $G = (V, E)$ ein planarer Graph mit $n = |V| \geq 3$ Knoten. Sei weiter r die Länge eines kürzesten Kreises in G. Dann gilt

$$|E| \leq \frac{r}{r-2} \cdot (n-2).$$

Beispiel mit dem planaren Graph K_4:



Der K_4 hat 6 Kanten ($|E| = 6$), 4 Knoten ($|V| = n = 4$) und der kleinste Kreis im Graph hat Länge 3 ($r = 3$). Durch Einsetzen in die obige Formel erhält man:

$$\begin{aligned} |E| &\leq \frac{r}{r-2} \cdot (n-2) \\ 6 &\leq \frac{3}{3-2} \cdot (4-2) \\ 6 &\leq 6. \end{aligned}$$

Jetzt zeigen wir durch einen Widerspruchsbeweis, dass der $K_{3,3}$ nicht planar ist. Angenommen der $K_{3,3}$ wäre planar, dann können wir das obige Korollar anwenden:

$$\begin{aligned} |E| &\leq \frac{r}{r-2} \cdot (n-2) \\ 9 &\leq \frac{4}{4-2} \cdot (6-2) \\ 9 &\leq 2 \cdot 4 \\ 9 &\leq 8. \quad \text{Widerspruch!} \end{aligned}$$

$\Rightarrow$ $K_{3,3}$ ist nicht planar.

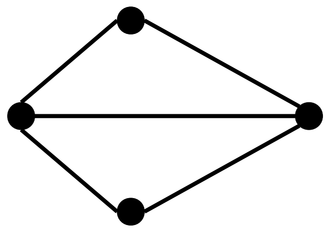
Ein weiterer wichtiger nicht planarer Graph ist der K_5. Dies haben wir im Kurs ähnlich bewiesen. Des Weiteren haben wir gelernt, dass jeder nicht planare Graph den $K_{3,3}$ oder den K_5 als Unterteilung enthält.

Die Eulerformel und der 5-Farbensatz

Hannah Schammann, Paul Ockenfuss

Die Eulerformel

Während unserer Beschäftigung mit planaren Graphen haben wir festgestellt, dass zwischen $|V|$, $|E|$, $|R|$ ein Zusammenhang besteht, nämlich $|V| - |E| + |R| = 2$. Dies gilt für alle planaren Graphen, einen Beweis dazu führte schon Euler vor 350 Jahren durch.



Für diesen Graphen gilt: $|V| = 4$, $|E| = 5$, $|R| = 3$,

$$4 - 5 + 3 = 2.$$

Satz:
Sei $G = (V, E, R)$ eine ebene Zeichnung eines zusammenhängenden Graphen. Dann gilt:

$$|V| - |E| + |R| = 2. \qquad (*)$$

Jetzt zeigen wir den Satz mit Induktion über $m = |E|$.

Induktionsanfang: $m = 0$.
Ein zusammenhängender Graph ohne Kanten hat genau einen Knoten und genau ein Gebiet, nämlich das äußere Gebiet. Also ist $|V| = 1$, $|E| = 0$ und $|R| = 1$. Wenn man das in die Formel $(*)$ einsetzt, erhält man

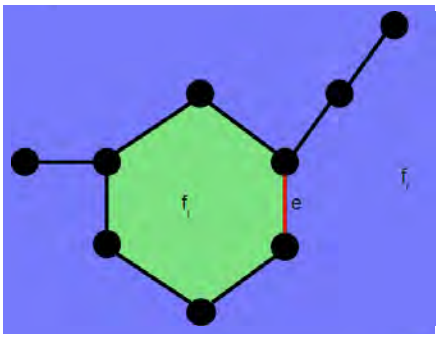
$$1 - 0 + 1 = 2.$$

Induktionshypothese: $m = k$
Sei $G = (V, E, R)$ eine ebene Zeichnung eines zusammenhängenden Graphen mit $|V| = n$, $|E| = k$ und $|R| = f$. Dann gilt $n - k + f = 2$.

Induktionsschritt: $m' = k + 1$.
Sei $G' = (V', E', R')$ eine ebene Zeichnung eines zusammenhängenden Graphen und $n' = |V'|$, $m' = k + 1 = |E'|$, $f' = |R'|$.
Zu zeigen ist: $n' - m' + f' = 2$. Wir unterscheiden zwei Fälle für G'.

Fall 1:
G' enthält keinen Kreis. Dann ist G' kreisfrei und zusammenhängend, also ein Baum. Zeichnungen von Bäumen haben nur das äußere Gebiet. Es gilt $m' = n' - 1$.
$\Rightarrow n' - (n' - 1) + 1 = 2$.

Fall 2:
G' enthält einen Kreis. Sei e eine Kante auf einem Kreis in G' und $G = (V, E, R)$ die Zeichnung, die entsteht, wenn man e aus dem Graphen $G' = (V', E', R')$ entfernt. Dann verschmelzen die Gebiete f_l und f_r, die vorher durch e getrennt waren, zu einem Gebiet f_{lr}.



Sei $n = |V|$, $m = |E|$, $f = |R|$.

- $R = (R' \setminus \{f_l, f_r\}) \cup \{f_{lr}\}$, $f = f' - 1$. Beim Entfernen von e sind die Gebiete f_l und f_r verschmolzen.
- $V = V' \Rightarrow n = n'$
  Die Knotenanzahl bleibt gleich.
- $E = E' \setminus \{e\} \Rightarrow m = m' - 1$
  Die Kantenanzahl sinkt um eins, da e entfernt wurde.

Also gilt:

$$n' - m' + f' = n - (m+1) + (f+1) = n - m + f.$$

Für $G = (V, E, R)$ gilt nach der Hypothese $n - m + f = 2$, also ist

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

□

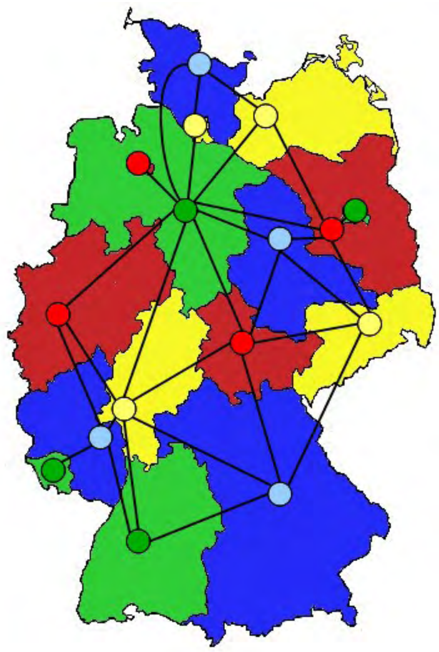
Aus der Eulerformel kann man verschiedene Eigenschaften für planare Graphen folgern, zum Beispiel besitzt jeder planare Graph einen Knoten x mit $\deg(x) \leq 5$.

Landkartenfärbung

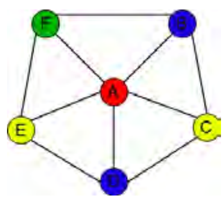
Der Mathematiker Francis Guthrie beschäftigte sich 200 Jahre nach Euler, 1852, zum ersten Mal mit dem Problem der Landkartenfärbung. Er wollte die britischen Grafschaften mit einer möglichst geringen Anzahl von Farben so einfärben, dass benachbarte Grafschaften unterschiedliche Farben haben.
Im Kurs haben wir eine Deutschlandkarte so eingefärbt, dass benachbarte Bundesländer unterschiedliche Farben haben. Dafür probierten wir zuerst aus, mit wie vielen Farben man die Deutschlandkarte mindestens einfärben muss.

Um das Problem graphentheoretisch zu betrachten, zeichneten wir einen planaren Graphen, bei dem jeder Knoten einem Bundesland entspricht. Wenn die Bundesländer benachbart sind, werden die dazu gehörigen Knoten mit einer Kante verbunden. Bundesländer, die mit einer Kante verbunden sind, dürfen nicht dieselbe Farbe besitzen. Für $k \in \mathbb{N}$ nennt man den Graphen G k-färbbar, wenn es eine Abbildung f gibt, die jedem Knoten v eine Farbnummer zuordnet, sodass für alle Knoten $x, y \in V$ mit $xy \in E$ gilt: $f(x) \neq f(y)$. Das heißt, ein Graph ist 4-färbbar, wenn seine Knoten mit 4 Farben so eingefärbt werden können, dass benachbarte Knoten verschiedene Farben haben.

Um zu zeigen, dass man mindestens vier Farben braucht, um eine Deutschlandkarte einzufärben, betrachten wir Thüringen und seine



Nachbar-Bundesländer. Wenn man diese Bundesländer nun nach den genannten Kriterien einfärben will, braucht man mindestens vier Farben. In rot färben wir den Knoten A ein, der in unserem Beispiel Thüringen entspricht. Daraus folgt, dass kein anderer Knoten die Farbe rot haben kann. Der Kreis $BCDEF$ ist nicht 2-färbbar, weil er eine ungerade Länge hat. Deshalb färben wir die Knoten B und D blau ein und die Knoten C und E gelb ein, weil sie nicht benachbart sind. Jetzt braucht man noch eine vierte Farbe, um den Knoten F zu färben, da F mit drei unterschiedlich gefärbten Knoten benachbart ist. Somit benötigt man mindestens 4 Farben.



Vier Farben reichen für jeden planaren Graphen aus. Allerdings ist der Beweis dafür nur mit einem Computer möglich.

Satz (5-Farben-Satz)**:**
Jeder planare Graph kann mit 5 *Farben gefärbt werden.*

Den Beweis führten wir durch Induktion über die Anzahl der Knoten $|V|$.

Induktionsanfang: $|V| = 1$
Für einen Knoten gilt der Satz, da man ihn mit höchstens fünf Farben einfärben kann.

Induktionshypothese: $|V| = k - 1$
Jeder planare Graph mit höchstens $k - 1$ Knoten ist 5-färbbar.

Für den Induktionsschluss benutzen wir die obige Folgerung, dass jeder planare Graph einen Knoten x mit $\deg(x) \leq 5$ hat.
Falls $\deg(x) \leq 4$, entfernen wir x aus G und färben den übrigen Graphen G' nach der Induktionshypothese mit 5 Farben. Fügen wir x wieder hinzu, so finden wir eine Farbe für x, da $\deg(x) \leq 4$.
Im Fall $\deg(x) = 5$ verschmelzen wir zwei Nachbarn von x, die mit v und u bezeichnet werden und selbst nicht benachbart sind, zu einem Knoten w^*. Nun entfernen wir x und wenden die Induktionshypothese an. Somit ist w^* eingefärbt. Wenn man x wieder hinzufügt, finden wir eine Farbe für x, da wir die gleiche Situation wie im Fall $\deg(x) \leq 4$ haben. Ziehen wir u und v wieder auseinander, haben wir den Graphen G in 5 Farben eingefärbt. $\square$

Kurs 4 – Medizin: Modellbau des Blutkreislaufs

Vorwort

Natalie Sandner

Nach zwei Jahren betrat ich das Schulgelände des LSZU erneut. Nicht als Teilnehmerin, sondern als Schülermentorin des Medizinkurses. Mir war klar, dass ich die Zeit in Adelsheim aus einer ganz anderen Perspektive erleben würde und ich war deshalb mindestens genauso aufgeregt wie die Teilnehmer selbst. Als ich die 15 Schülerinnen und Schüler zum ersten Mal traf, wusste ich sofort, dass ich eine unvergessliche Zeit haben werde, und genau das bestätigte sich. Ich blicke nun auf zwei Wochen voller Spaß, Freude, neuer Erfahrungen, aber auch auf eine Menge an Arbeit zurück.

Besonders faszinierend für mich war, wie in kurzer Zeit eine tolle Gemeinschaft erstand. 15 Jugendliche, die sich noch nie zuvor in ihrem Leben begegnet sind, lernten sich kennen und schlossen Freundschaften. Die Teilnehmer begegneten uns immer offen und freundlich und hielten uns während der Kurszeit stets auf Trab. Schon in den ersten fünf Minuten unseres Zusammentreffens, bemerkten wir, wie wissbegierig sie waren. Mit ihren Unmengen an Fragen löcherten sie uns, bis wir manchmal nicht mehr weiter wussten. Hätten wir alle Fragen dieser zwei Wochen beantwortet, säßen wir noch heute in Adelsheim. Auch nach meinen Vorträgen stellten sie mir komplexe und themenübergreifende Fragen, sodass ich irgendwann hilflos zu Felix und Jana blickte, die mir dann aus der Klemme halfen. Der Medizinkurs arbeitete auch bei den Experimenten motiviert und interessiert mit. Sie hatten immer wieder sehr einfallsreiche Ideen und mussten daher manchmal gestoppt werden, denn am liebsten hätten sie alles auf einmal ausprobiert und in ihr Modell eingebaut. Der Kursalltag war durch Hilfsbereitschaft geprägt, sodass in diesen zwei Wochen eine sehr harmonische Stimmung, die durch Neckereien zwischen uns Kursleitern und den Teilnehmern aufgelockert wurde, herrschte. So hatte jeder etwas zu lachen, sei es wegen platzender Wasserbomben, der Kursmaskottchen oder einer quietschenden Schülermentorin.

Ich denke, dass kein Teilnehmer diese Erfahrungen gegen Sonne, Strand und Meer hätte eintauschen wollen. Für uns Kursleiter war der Sommer 2011 eine unvergessliche Zeit.

Einleitung

Martin Dieterle, Natalie Keil, Milena Wesemann

Mit den Eingangsworten „weit mehr als 200 Millionen Liter Blut pumpt das Herz in einem Leben durch den menschlichen Körper“ wurden 15 wissbegierige und interessierte Schüler für den Kurs Medizin gewonnen und begeistert. „Modellbau eines Blutkreislaufes“ hieß es in der diesjährigen Ausschreibung zur 9. Junior Akademie, die schlicht und einfach neugierig auf das machte, was uns da erwarten sollte, im äußersten Nordosten des Landes Baden-Württemberg, einem kleinen Ort namens Adelsheim, von dem noch kaum jemand zuvor gehört hatte.

Mit den Kursleitern Jana Brüßler und Felix Gut sowie der Schülermentorin Natalie Sandner an unserer Seite machten wir uns auf eine vierzehntägige Entdeckungstour durch den menschlichen Körper und lernten dabei für uns bisher unbekannte Vorgänge und Mechanismen kennen. Mit viel Elan vermittelten uns unsere Leiter wichtiges und elementares Wissen, auch wenn unser Wissensdurst sie manchmal nahezu in den Wahnsinn trieb. Neben einigen theoretischen Einheiten wurde viel ausprobiert und experimentiert, wofür uns zwei Räume des Eckenberg-Gymnasiums zur Verfügung standen. Ziel war es letztlich, ein möglichst orginalgetreues Modell des menschlichen Blutkreislaufsystems zu konstruieren, wobei unser erlerntes Wissen praktisch angewandt wurde. Die Ergebnisse dieser dynamischen und harmonischen Forschertruppe, in der wir alle sehr viel Spaß hatten, werden im Folgenden präsentiert.

Leiter und Teilnehmer

Berit Filges, Natalie Keil, Milena Wesemann

Jana Brüßler

Jana war die Pharmazieexpertin unter unseren Kursleitern. Sie behielt allzeit den Überblick und die Ruhe. So brachte sie uns oft wieder zurück zu den eigentlichen Themen, wenn wir mit unseren Fragen und Überlegungen zu sehr abschweiften, was relativ oft der Fall war. Jana gab sich immer hilfsbereit und freundlich und versüßte uns mit ihrer Pralinen-KüA den Akademiealltag. In dieser stellten wir die leckeren Dankeschön-Pralinen für unsere Klinik-Führer, neben denen für den Eigenbedarf, her.

Felix Gut

Unser Kursleiter erwies sich als Physik- und Chemieexperte. Doch auch wenn es ein technisches Problem gab, war Computerfachmann Felix sofort zur Stelle. Man merkte schnell, dass dies nicht seine erste Teilnahme an der Science Academy war, denn die gesamten zwei Wochen waren sehr gut organisiert und er kannte sich mit der Lage und Ausstattung der unterschiedlichsten Räume aus. Doch so schnell gab Felix sein Fachwissen nicht preis. Wir sollten selbst Antworten auf die vielen schweren Fragen unseres Kursthemas finden, was uns in den meisten Fällen auch gelang. Und natürlich griff er immer helfend ein, wenn uns Aufgaben an den Rand der Verzweiflung trieben.

Natalie Sandner

Unsere Schülermentorin war unser „Fels in der Brandung“. Mit ihrer freundlichen und fröhlich-offenen Art kann sie jeden zum Weitermachen motivieren. Sie hatte für jedermann ein offenes Ohr und half, wo sie konnte. Oftmals hatten wir den Eindruck, sie sei überall gleichzeitig. Auch beim Sportfest feuerte sie uns kräftig an und knipste rund um die Uhr eifrig Fotos.

Luca Ambrosy

Luca ist der sportlichste in unserem Kurs, der uns alle mit seinem Können beeindruckt hat. Leider waren beim Sportfest nicht die „normalen“ Disziplinen gefragt, sonst hätten wir einen großen Vorteil mit ihm gehabt. Im Kurs erwies sich Luca als ehrgeizig und zielstrebig. Im Laufe der Zeit entwickelte er sich zu einem wahren Blutdruckexperten. Vor allem seine ruhige Art war im teilweise stressigen Kursalltag sehr angenehm.

Julia Bonfig

Julia ist ein kleiner Wirbelwind. Sie brachte immer wieder mit ihrer guten Laune Schwung in die Arbeit, wenn alle anderen gerade ihren Tiefpunkt erreicht hatten. Sie motivierte uns, weiter zu machen und führte uns zielstrebig und resolut zu Ergebnissen. Sie verfügt über viel Allgemeinwissen, was uns oft zu Gute kam. Mehrmals durfte sie als Versuchskaninchen für unsere Blutdruck- und Pulsexperimente herhalten, bis wir einigermaßen Übung im Umgang mit den Messgeräten hatten.

Martin Dieterle

Martin zeigte uns allen, wo der Hammer hängt. Er verfügte nicht nur über viel Fachwissen, sondern er hatte sich auch die Mühe gemacht, sich alle Nachnamen und Wohnorte der Kursteilnehmer zu merken. Im Kurs musste Martin oft gebremst werden, da er sonst zu ausführlich referierte. In seiner Freizeit und in der Musik-KüA spielte Martin Klavier, Schlagzeug und Oboe.

Berit Filges

Berit bereicherte den Medizinkurs sehr, denn sie brachte geschickt viele gute Ideen ein und führte ihre Gruppe zielgerichtet zu richtigen Ergebnissen. Sie zeigte sich stets interessiert und war uns allen gegenüber sehr höflich. Es gab viel mit ihr zu lachen und mit ihrer offenen Art ging sie auf alle zu. Auch als Testperson erwies sie sich sehr geeignet. Wenn es zum Beispiel darum ging, unter körperlicher Belastung lange die Luft anzuhalten, kam nur sie als geübte Rettungsschwimmmerin in Betracht.

Melanie Gansel

Melanie ist eine Expertin auf dem Gebiet der elektronischen Blutdruckmessung und ein sehr zuverlässiges Teammitglied. Man konnte immer sicher sein, dass sie das Ziel nicht aus den Augen verlor. Wo sie war, spürte man stets ihre Energie und ihren Tatendrang. Außerdem entwickelte sie tolle Ideen und half, wo sie konnte. In der Tanz-KüA entdeckte sie ihre Begeisterung fürs Tanzen und spielte im Orchester Querflöte.

Natalie Keil

Natalie ist sehr sportlich und immer auf das Ziel konzentriert, wie auch im Kurs. Dort ar-

Der Kurs beim Messen des Blutdrucks.

beitete sie so lange konzentriert an einer Aufgabe, bis diese erledigt war. Selbst wenn es um sie herum wild zuging, behielt sie die Nerven und blieb die Ruhe selbst. Natalie ist nicht so leicht aus der Fassung zu bringen. Anderen gegenüber verhielt sie sich liebenswürdig und unkompliziert. Außerdem beteiligte sie sich an der Organisation des Bergfestes.

Constanze Kuhn

Mit ihrer lustigen Art brachte uns Constanze (oder doch „Konschdanze“) oft zum Lachen und lockerte so die Atmosphäre im Kurs auf. Eigentlich kann sie perfekt Hochdeutsch, doch meistens spricht sie ihren eigenen sehr speziellen Dialekt, den man einfach mal gehört haben sollte. Sie ist die jüngste Teilnehmerin der diesjährigen Akademie. In ihrer Freizeit nahm sie an der Theater-KüA teil, in welcher sie am Abschlussabend gekonnt starb.

Maurice Morgenthaler

Während der Akademiezeit entwickelte sich eine Freundschaft zwischen Maurice und Jonas. Die beiden arbeiteten oft zusammen, so auch beim Experimentieren, was vor allem Maurice offensichtlich große Freude bereitete. Maurice ging immer zielstrebig zur Sache und lieferte sehr gute Beiträge im Kurs. Auch seine gut verständlichen Erklärungen während der Präsentationen waren sehr gelungen. Es machte ihm sichtlich viel Spaß in der Theater-KüA in andere Rollen zu schlüpfen.

Der Kurs experimentiert mit Schweineblut.

André Pfob

André war der erste Verletzte der Science Academy 2011. Schon nach der ersten Sport-KüA war für ihn der Sport für die nächsten Wochen gestrichen. Doch das hielt ihn noch lange nicht davon ab, im Kurs kräftig mitzuhelfen. Besondere Begeisterung empfand er für den Bau der Blutkreislaufmodelle. Zudem wurde er eine bekannte Persönlichkeit an der Akademie, da er jeden Morgen an der Zeitungs-KüA teilnahm und auf seine gelassene und ungezwungene Art und Weise über den Sport und das Wetter berichtete. Am Hausmusikabend begeisterte er uns mit einem wunderschönen und gekonnten Klaviersolo.

Carolin Schreyeck

Carolin war sehr engagiert, sowohl im Kurs als auch außerhalb. So war sie an der Organisation des Bergfestes und bei der Gestaltung unseres Akademie T-Shirts beteiligt, übernahm die Rolle der Glücksfee und beeindruckte uns als Teilnehmerin der Theater-KüA mit ihrem schauspielerischen Talent am Abschlussabend. Überhaupt zeigte sich Carolin im Kurs sehr interessiert und wissbegierig. Sie hinterfragte oft schwierige Themen. Außerdem ist sie immer freundlich, gut gelaunt und herzlich.

Jothini Sritharan

Auf den ersten Blick wirkt Jothini wie ein kleines, unscheinbares Mädchen. Doch wer die Gelegenheit bekommt, sie kennenzulernen, wird beeindruckt sein, denn sie verfügt über ein umfangreiches Wissen. Sie ist ruhig, besonnen und rücksichtsvoll. Wir haben sie als tolle Teamkollegin schätzen gelernt, die, auch wenn sie sich selbst gern im Hintergrund hielt, sich große Mühe gab die Gruppe voranzubringen.

Jonas Steiner

Jonas fiel wegen seiner gewählten Ausdrucksweise in perfektem Hochdeutsch auf. Im Kurs brachte er gern seine umfangreichen lateinischen Kenntnisse ein und fragte die Kursleitung immer nach lateinischen Fachbegriffen. Latein scheint ihn wahrhaft zu faszinieren. Jonas war bei Problemen aller Art immer sehr hilfsbereit. Außerdem war er oft im Computerraum und recherchierte im Internet, da er seine Aufgaben selbständig, vor allem ohne Hilfe der Kursleiter, meistern wollte, was er meistens auch schaffte.

Milena Wesemann

Milena ist ein ruhiges, aber aufgeschlossenes, stets gut gelauntes und nettes Mädchen, die wir alle in den zwei Wochen wegen ihrer freundlichen Art wirklich sehr zu schätzen gelernt haben. Sie war für jeden offen und kam mit allen sehr gut zurecht. Im Kurs gestellte Aufgaben, bei denen logisches Denken gefragt war, meisterte sie immer mit großer Geduld. Sie teilte sehr gerne ihr Wissen mit den anderen Kursteilnehmern und half wo sie konnte. Auch sie spielte mit großer Freude im Orchester auf ihrer Querflöte mit.

Thomas Wodtko

Mit seiner lockeren Art brachte er viel Schwung in den Kurs. Er ging jede, ihm gestellte Aufgabe, mit Elan und Zielsicherheit an. Thomas bastelte während der zwei Wochen meistens eifrig und mit großer Freude am Modell, wobei er uns entscheidend voranbrachte. In seiner Freizeit betätigt er sich sehr sportlich, denn wie er uns erzählte, ist er schon seit acht Jahren beim DLRG (Deutsche Lebens-Rettungsgesellschaft) tätig.

Manuel Zimmerer

Der herzliche und gut gelaunte Schwabe wurde, sehr zu seinem Ärgernis, von unseren Leitern dazu verdonnert Hochdeutsch zu sprechen. Zwar wollte er uns weismachen, dass er das nicht könne, doch bei der Abschlusspräsentation sprach er fast fehlerfreies Hochdeutsch. Manuel war während der ganzen zwei Wochen sehr hilfsbereit und man konnte sich immer auf ihn verlassen. Er brachte den Kurs mit vielen guten Ideen voran und zeigte ein sicheres Auftreten bei den Präsentationen. Außerdem zauberte er bei den Musikkonzerten ein tolles Posaunensolo auf die Bühne.

Physikalische Grundlagen

Maurice Morgenthaler, Jonas Steiner

Die Physik ist die Naturwissenschaft, die sich mit Energie, Kräften, Massen und Bewegungen befasst. Obwohl wir uns innerhalb des Kurses biologische Themengebiete erarbeitet haben, spielte die Physik zum Verstehen vieler Prozesse im menschlichen Körper eine enorm wichtige Rolle: Schließlich wollen alle Phänomene, alle sichtbaren Unterschiede und Bewegungen erklärt werden. So muss beispielsweise erläutert werden, warum das Blut so fließt, wie es fließt und nicht anders und was es mit der Viskosität auf sich hat. Oder warum der Wasserpegel im Silikonschlauch, der an ein dünnes Gefäß orthogonal angeschlossen ist, weniger hoch steht als ein an ein dickes Gefäß orthogonal angeschlossener Silikonschlauch.

Um diese Phänomene zu erklären, bedarf es einiger physikalischer Grundlagen.

Druck

$$P = \frac{F}{A} \tag{1}$$

$$F = m \cdot a \tag{2}$$

$$P = \frac{g \cdot m}{A} \tag{3}$$

$$m_{\text{Flüssigkeit}} = \rho \cdot V \tag{4}$$

$$V_{\text{Zylinder}} = A \cdot h \tag{5}$$

$$P_{\text{hydrostatisch}} = g \cdot \rho \cdot h \tag{6}$$

Ein recht anschaulicher Versuch besteht darin, einen Apfel auf unterschiedlich viele Nägeln, zu legen. Der Apfel, welcher nur auf einem Nagel liegt, wird von diesem erheblich stärker aufgespießt. Der Nagel dringt tief ins Fruchtfleisch des Apfels ein. Im Gegensatz hierzu zeigt sich der Apfel, der auf mehreren Nägel liegt, im Innern nahezu unbeschädigt (Abbildung 1).

Die Begründung hierfür liegt in den wirkenden Kräften: Als Ausgangsformel dient die Formel für die Berechnung des Drucks, die jedem in der Schulphysik begegnet. Druck ist definiert als Kraft pro Fläche (Gleichung 1) und die Kraft ist das Produkt aus Masse und Beschleunigung (Gleichung 2).

Die Kraft, die auf die Äpfel wirkt, berechnet sich aus dem Produkt von Erdbeschleunigung (ca. $10\,\mathrm{m/s^2}$) und der Masse des Apfels (Gleichung 2). Angenommen, jeder Apfel wiegt 200 g (0,2 kg). Multipliziert man nun die Masse m des Apfels mit der Erdbeschleunigung g, so erhält man eine bestimmte Kraft F. Diese wird in Newton ($1\,\mathrm{N} = 1\,\mathrm{kg\,m/s^2}$) angegeben.

$$0{,}2\,\mathrm{kg} \cdot 10\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} = 2\,\mathrm{N}$$

Abbildung 1: Lastet das ganze Gewicht des Apfels auf nur einem Nagel, so hält die Schale dem Druck nicht stand.

Anschließend wird diese Kraft (Gewichtskraft genannt) durch die Fläche, auf der die Äpfel liegen, geteilt (Gleichung 2). Die durchschnittliche Fläche einer Nagelspitze beträgt bei unseren Nägeln etwa $1\,\mathrm{mm}^2$, bei 10 Nägeln also $0{,}00001\,\mathrm{m}^2$. Folglich gilt:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{2\,\frac{\mathrm{kg\,m}}{\mathrm{s}^2}}{0{,}000\,01\,\mathrm{m}^2} = 200\,000\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2} = 200\,000\,\mathrm{Pa}$$

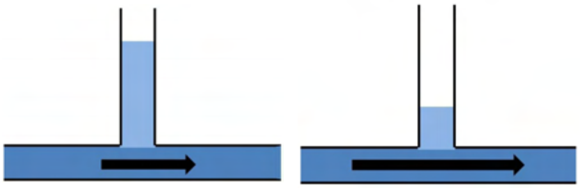
bzw.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{2\,\frac{\mathrm{kg\,m}}{\mathrm{s}^2}}{0{,}000\,001\,\mathrm{m}^2} = 2\,000\,000\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{m}^2} = 2\,000\,000\,\mathrm{Pa}$$

Der Druck ist also zehnmal größer, wenn der Apfel auf einen Nagel im Vergleich zu zehn Nägeln gelegt wird. Bei zehn Nägeln kann die Schale dem Druck standhalten, bei einem reißt sie und der Apfel wird aufgespießt.

Wanddruck

Oben erwähnten wir das Phänomen, dass in Abhängigkeit von der Schlauchdicke das Wasser in orthogonal angeschlossenen Schläuchen unterschiedlich hoch steigt. Der schweizerische Mathematiker, Physiker und Mediziner Daniel Bernoulli (1700–1782) ist hierbei derjenige, der uns helfen kann, diesen Effekt zu verstehen. Bernoulli bewies, dass ein inkompressibles, ideales Medium (zum Beispiel Wasser) einen umso geringeren statischen Druck (hier: statischer Wanddruck auf die Gefäßinnenwand) ausübt, je schneller es strömt.



a) geringe b) hohe
Fließgeschwindigkeit

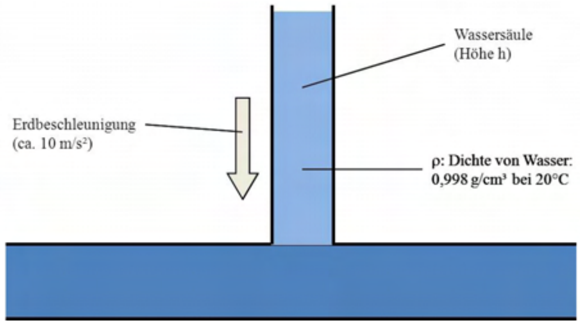


Abbildung 2: Parameter des statischen Wanddrucks.

Bezogen auf unsere Experimente bedeutet dies, dass Wasser, welches mit hoher Geschwindigkeit durch einen Silikonschlauch fließt, einen wesentlich geringeren statischen Wanddruck ausübt als langsam fließendes Wasser. Hierbei ist die Gefäßdicke (Gefäßdurchmesser) von besonderer Bedeutung: Denn je dünner der Silikonschlauch, desto schneller fließt das Wasser. Schließlich muss sich das gleiche Volumen von Wasser in der gleichen Zeit durch einen dünnen Schlauch zwängen, wie durch einen Schlauch dickeren Durchmessers. Wenn der statische Wanddruck abnimmt, nimmt die Strömungsgeschwindigkeit zu und gleichzeitig eine weitere Größe: der dynamische Strömungsdruck. Die Summe aus statischem Wanddruck und dynamischem Strömungsdruck ist stets gleich!

$$P_{\mathrm{dyn}} + P_{\mathrm{stat}} = \mathrm{const.}$$

Natürlich wollten wir auch diese Behauptung überprüfen, was recht gut gelungen ist. Wir haben wie oben erwähnt orthogonal zu den Gefäßen Schläuche angebracht. Hiermit messen wir eigentlich den hydrostatischen Druck, der bei uns dem statischen Wanddruck entspricht. Wie erwartet, wiesen die Höhen der Wassersäulen Differenzen auf. Leider gab es da aber einen Haken an der ganzen Sache: Wir konnten keine absoluten Messungen zum statischen Wanddruck durchführen. Das heißt, wenn unterschiedlich hohe Wasserpegel zu Stande kamen, war es zunächst nicht möglich, diesen exakte Werte zuzuordnen. Wir konnten nur vergleichen. Aber mit der Hilfe von Jörg Richter aus dem Physikkurs konnten wir eindeutige und absolute Messwerte festlegen. Außerdem überlegten wir, wie der Wanddruck berechnet werden kann.

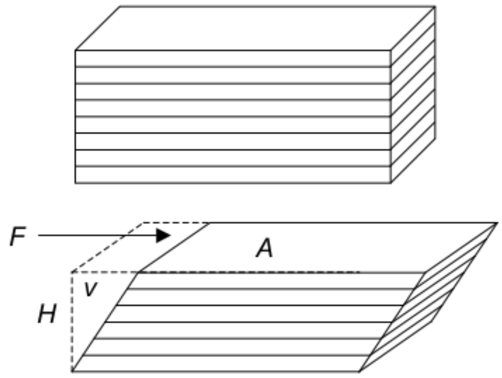
Unsere Ausgangsformel war wiederum die des Drucks (Gleichung 1). In diese Gleichung kann die der Kraft eingesetzt werden (Gleichung 2). Im Falle des Steigrohres entspricht die Beschleunigung a der Erdbeschleunigung g (etwa $10\,\mathrm{m/s^2}$), wodurch sich Gleichung 3 ergibt.

Im Falle eines Rohres, das mit Flüssigkeit gefüllt ist (Blutgefäße) berechnet sich die Masse aus der Dichte und dem Volumen des Wassers (Gleichung 4). Das Volumen ist das Produkt aus Schlauchdurchmesser und Standhöhe im senkrechten Rohr (Gleichung 5). Also ergibt sich, dass der statische Wanddruck das Produkt der Erdbeschleunigung, der Dichte des Wassers und der Höhe der Wassersäule im Steigrohr ist (Gleichung 6).

Diese drei Größen, die in der Abbildung 2 eingezeichnet wurden, sind ausschlaggebend für die Berechnung des hydrostatischen Drucks, der den statischen Wanddruck angibt. Es mag der Gedanke aufkommen, dass die Schlauchgrundfläche A ebenfalls ausschlaggebend für den statischen Wanddruck ist, allerdings ist hier anzumerken, dass sich der Wasserpegel unabhängig von der Schlauchgrundfläche zeigt, was die Gleichung 6 darlegt.

Rheologie

Rheologie ist die Wissenschaft, die sich mit dem Fließverhalten materieller Körper beschäftigt. Ein leicht fließfähiger Stoff ist zum Beispiel Wasser. Bitumen (eine Teerart) fließt dagegen so langsam, dass es Jahrhunderte dauert, bis es merkliche Strecken zurückgelegt hat.



Darstellung des Schergefälles und der Schubspannung im Kartenblattmodell.

Die Viskosität, die in der Rheologie als Maß für die Zähigkeit eines Stoffes dient, liegt bei den beiden genannten Beispielen in der Größenordnung von $10^0\,\mathrm{Pa\,s}$ (Wasser) bzw. $10^5\,\mathrm{Pa\,s}$ (Bitumen). Um die Viskosität quantitativ fassen zu können, denke man sich zwei planparallele Platten mit dem Plattenabstand H, bei denen sich die eine Platte relativ zur anderen mit der Geschwindigkeit ν bewegt. Damit dies möglich ist, muss auf die bewegte Platte eine Kraft F einwirken. Diese Kraft ist proportional zur Größe A der Fläche, weshalb man stattdessen die sogenannte Schubspannung $\tau = F/A$ verwendet.

Es zeigt sich, dass die Schubspannung proportional zur Scherrate ν/H ist:

$$\tau = \frac{F}{A} = \eta \cdot \frac{\nu}{H}$$

Den Proportionalitätsfaktor η nennt man *Viskosität* der Flüssigkeit. Sie beschreibt, wie stark eine in Bewegung befindliche Schicht einer Flüssigkeit benachbarte Schichten der Flüssigkeit mit sich zieht. Messen kann man sie mit einem Viskosimeter, das aus einem Behälter mit genormter Bodenöffnung besteht. Je schneller das Fluid durch diese Öffnung strömt, umso weniger viskos ist die Flüssigkeit.

Die Viskosität einer Flüssigkeit verringert sich mit der bei steigender Temperatur abnehmenden Dichte.

Je weniger Moleküle pro Volumeneinheit vorhanden sind, desto weniger Reibung gibt es unter den Molekülen zwischen bewegter und ruhender Schicht, welche die Bewegung hemmen könnte. Das beeinflusst die Geschwindigkeit der Fluidschichten.

Nun wird bei den Fluiden (Flüssigkeiten) nach folgendem Muster unterschieden. Zum einen gibt es die Newtonschen Fluide, bei denen die Viskosität konstant ist. Die Fließgeschwindigkeit hängt also nicht vom Deformationszustand des Fluids ab. Newtonsche Fluide haben keine Fließgrenze; der Fließvorgang beginnt also sofort beim Einsetzen der Schubkraft. Ausgewählte Beispiele sind, wie bereits erwähnt, Wasser, Benzin und Hydraulikflüssigkeiten. Fluide, welche nicht konstant fließen, heißen Nicht-Newtonsche Fluide. Sie weisen eine Elastizität bzw. Viskoelastizität auf. Außerdem haben sie eine Fließgrenze. Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten unterteilt man wiederum in begrenzt fließfähige und unbegrenzt fließfähige Fluide. Beispiele für Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten aus dem alltäglichen Leben sind Zahnpasta, Ketchup oder Farben. Unbegrenzt fließfähige Fluide fließen bei jeder noch so kleinen Schubspannung. Nimmt bei solchen Stoffen die Scherviskosität mit steigender Scherrate zu, so nennt man sie dilatant („sich ausdehnend") – im umgekehrten Fall pseudoplastisch.

Um ein optimales Produktergebnis zu erzielen, wird in der angewandten Rheologie in technischen Anlagen versucht, die Kombination aus Fluiden und Strömungsmaschinen perfekt aufeinander abzustimmen.

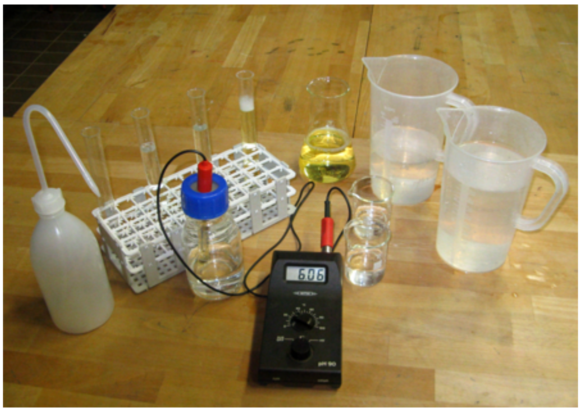
Newtonsche Flüssigkeiten erfüllen die Newtonsche Gleichung, nach der bei konstanter Temperatur die Schubspannung τ proportional (verhältnisgleich) zum Geschwindigkeitsgradienten (-gefälle) D ist: $\tau = \eta \cdot D$. Darin ist η die dynamische Viskosität. Diese Beziehung ist nur bei verdünnten Gasen und Flüssigkeiten geringer Dichte erfüllt, und auch dann nur bei laminarer (nicht turbulenter) Strömung, bei der sich die Flüssigkeitsschichten nicht quer zur Strömungsrichtung vermischen. Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten heißen in der Physik Flüssigkeiten, deren Viskosität auch bei konstanter Temperatur und bei laminarer (nicht turbulenter) Strömung nicht konstant ist, sondern von der Fließgeschwindigkeit bzw. vom Deformationszustand abhängt. Sie erfüllen die Newtonsche Gleichung nicht.

Auch Blut zählt zu den Nicht-Newtonschen Flüssigkeiten.

pH-Werte in Abhängigkeit vom Kohlenstoffdioxid-Gehalt

Martin Dieterle, Melanie Gansel

Der pH-Wert ist einer der Indikatoren für den Ionenhaushalt innerhalb einer Flüssigkeit. Er ist definiert als der negative dekadische Logarithmus der H_3O^+-Ionenkonzentration in einer Lösung.



Aufbau zur pH-Messung.

Mithilfe spezieller Messmethoden können präzise Aussagen über die vorliegenden Proben getroffen werden. Beim menschlichen Gasaustausch (siehe Seite 115) nimmt der pH-Wert maßgeblichen Einfluss auf die molekularen Prozesse im Körper: Die Sauerstoffaffinität des Hämoglobins, das sich in den roten Blutkörperchen befindet, zeigt sich in starker Abhängigkeit von den im Blut herrschenden pH-Wert-Verhältnissen. Normalerweise weist das Blut pH-Werte zwischen 7,35 und 7,45 auf, sodass es sich bei Blut um eine annähernd neutrale Flüssigkeit handelt. Bei Lösungen mit pH-Werten <7 spricht man von sauren Lösungen, bei Werten >7 von basischen Lösungen.

Im Blut liegt das meiste CO_2 in gelöster Form vor, während Sauerstoff zum Großteil an Hämoglobin gebunden ist. In der Regel sinkt der pH-Wert einer Lösung, wenn dieser CO_2 zugegeben wird. Dies lässt sich mit Hilfe dieser Säure-Base-Reaktion erklären:

$$CO_2 + 2\,H_2O \longrightarrow HCO_3^- + H_3O^+$$

Dabei reagiert das Kohlenstoffdioxid (CO_2) mit dem Wasser (H_2O) der Lösung zu Hydrogenkarbonat (HCO_3^-) und Hydroniumionen (H_3O^+).

In einer Versuchsreihe haben wir während der Akademiezeit die Auswirkungen des CO_2-Gehaltes auf den pH-Wert unterschiedlicher Flüssigkeiten getestet. Mit einem pH-Messgerät wurden die folgenden Testflüssigkeiten untersucht:

Testflüssigkeit	pH-Wert
Leitungswasser	7,42
Mineralwasser	4,82
Mineralwasser (kurz schütteln)	4,93
Mineralwasser (lange schütteln)	5,30
Mineralwasser (24 h offen lagern)	5,50
Apfelschorle	3,50

Die Messungen bestätigen die Annahme eines steigenden pH-Wertes mit sinkendem CO_2-Gehalt. Im Gegensatz zum Leitungswasser ist das Mineralwasser mit Kohlensäure versetzt und hat aus diesem Grund einen niedrigeren pH-Wert (4,82 gegen 7,42). Wird das Mineralwasser geschüttelt, diffundiert CO_2 aus der Lösung heraus, sodass der pH-Wert steigt. Jedem dürfte das Phänomen bekannt sein, dass Mineralwasser, welches längere Zeit offen gelagert wurde, weniger CO_2 enthält. Auch dies konnte durch unsere Messungen nachgewiesen werden. Der pH-Wert steigt auf 5,5. Zusätzlich wurde Apfelschorle vermessen, wobei sich ein pH-Wert von 3,5 ergab. Dies ist auf die Säure des Apfels zurückzuführen.

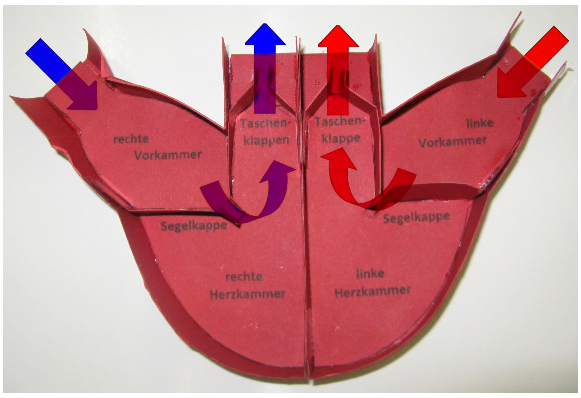
Physiologie und Modell

Martin Dieterle, André Pfob
Jothini Sritharan, Manuel Zimmerer

Herz-Kreislauf

Der Blutkreislauf nimmt in unserem Leben eine zentrale Rolle ein: Er dient als Transportbahn für Nährstoffe und Botenstoffe, bei Verletzungen werden durch ihn in sekundenschnelle blutgerinnende Stoffe an jede Körperstelle gebracht, die Körpertemperatur wird konstant bei 37 °C gehalten und natürlich erfolgt über ihn der Sauerstofftransport, ohne den unsere Organe nicht arbeiten könnten. Unser Körper muss dafür sorgen, dass dieses System aus Blutgefäßen über Jahrzehnte hinweg ohne Fehler funktioniert. Die häufigste Todesursache (50 %) in den Industrienationen ist ein Versagen des Herz-Kreislaufsystems; das Risiko einer Fehlfunktion nimmt im Alter zu. Angefangen beim Herzen, welches ununterbrochen in jeder Minute 70 mal schlägt; drei Milliarden Mal im Leben. Auch die 5–6 Liter Blut müssen durch den Körper gepumpt werden; 8000 Liter pro Tag. Und das alles von einem faustgroßen 300 g schweren Organ. Wir sind ihm daher auch einige Worte schuldig:

Das Herz



Aufbau des Herzens. Die Strömungsrichtung des Blutes ist durch Pfeile gekennzeichnet, blaue für sauerstoffarmes Blut, rote für sauerstoffreiches Blut.

Das Herz besteht aus zwei Vorhöfen und zwei

Hauptkammern. Zwischen den Hauptkammern und Vorhöfen sowie den Hauptkammern und Arterien befinden sich die vier Herzklappen. Sie verhindern, dass es zu einem Rückfluss des Blutes kommt. Es gibt zum einen die Segelklappen, die sich zwischen den Vorhöfen und den Hauptkammern befinden und die so genannten Taschenklappen durch die das Blut das Herz wieder verlässt. Im Körperkreislauf ist der Druck viel höher als im Lungenkreislauf, daher muss die linke Herzhälfte mehr Druck aufwenden als die rechte. Sie besitzt deshalb mehr Muskelmasse als die rechte Herzhälfte.

Das Herz verfügt über einen eigenen Schrittmacher, den Sinusknoten, der unabhängig vom Gehirn selbstständig regelmäßig elektrische Impulse sendet. Diese bewirken dann, dass das Herz sich zusammenzieht. Ist kein Impuls da, erschlafft das Herz wieder.

Wenn das Blut also unseren linken Vorhof über die Aorta verlassen hat, muss es den Körper über ein weites Netz aus Blutgefäßen (95 000 Kilometer!) durchqueren.

Der Blutkreislauf des Menschen wird in zwei verschiedene Kreisläufe untergliedert: In den kleinen Lungenkreislauf und den großen Körperkreislauf.

Kleiner Lungenkreislauf:

Die Hohlvene führt das sauerstoffarme Blut in den rechten Vorhof des Herzens, von dort aus geht es weiter zur rechten Hauptkammer. Das Herz pumpt das sauerstoffarme Blut durch die Lungenarterie zur Lunge, in der der Gasaustausch stattfindet; Kohlenstoffdioxid aus dem Blut wird abgegeben und Sauerstoff aufgenommen. Durch die Lungenvene gelangt das nun sauerstoffreiche Blut zurück zum linken Vorhof. An dieser Stelle endet der Lungenkreislauf und der Körperkreislauf beginnt. Die genauen Vorgänge des Gasaustausches werden auf Seite 115 vorgestellt.

Großer Körperkreislauf:

Durch die linke Hauptkammer des Herzens wird das Blut durch die Aorta in den Körper gepumpt. Es gelangt durch Arterien über Arteriolen und Kapillaren zu den Organen und Zellen, an denen Nährstoffe und Sauerstoff abgegeben werden und Kohlenstoffdioxid aufgenommen wird. Das nun sauerstoffarme Blut gelangt durch die Venolen und Venen über die Hohlvene zurück zum rechten Vorhof des Herzens. Von dort aus beginnt der Kreislauf wieder von Neuem.

Gefäßdicken:

Die Gefäßdicke verändert sich kontinuierlich: Die Aorta ist die Arterie mit dem größten Durchmesser (2,5–3,5 cm), da sie das gesamte Blutvolumen aus dem Herzen auffangen muss. Danach teilt sie sich erst in Arterien und dann recht schnell in kleinere Arteriolen (0,2 mm) auf, die sich dann in noch kleinere Kapillaren (10 µm) aufteilen, die dem Stoffaustausch im menschlichen Gewebe dienen. Bei den Venen passiert dies in umgekehrter Reihenfolge; das Blut fließt zunächst über die kleinen Venolen (15 µm) in die großen Venen und schließlich in die große Hohlvene (3 cm), in der sich wieder alles Blut sammelt und ins Herz zurückfließt.

Herz-Zeitvolumen

Mit dem Herz-Zeitvolumen (HZV) lässt sich die Leistungsfähigkeit des Herzens messen. Konkret bezeichnet es die Menge an Blut, die in einem Zeitabschnitt aus dem Herz gelangt. Meist beträgt die betrachtete Zeitspanne eine Minute, sodass man auch häufig vom Herz-Minutenvolumen (HMV) spricht.

Die einfachste Möglichkeit das HZV zu messen, ist durch ein Echokardiogramm (EKG). Hierbei können die zwei Parameter Schlagvolumen (wie viel Blut gelangt pro Herzschlag aus dem Herzen) und Herzfrequenz (Puls), aus denen sich das HZV zusammensetzt, abgelesen werden. Sind die zwei Größen bekannt, kann man mit der Gleichung

$$\text{HZV} = \text{Puls} \cdot \text{Schlagvolumen}$$

das HZV abschätzen.

Wenn sich diese beiden Faktoren verändern, verändert sich also auch das HZV, zum Beispiel im Sport: Der Puls erhöht sich deutlich, und somit auch das Schlagvolumen, um die

Organe mit mehr Sauerstoff zu versorgen. So kann das HZV auf über 30 Liter pro Minute ansteigen; im Ruhezustand sind es fünf Liter pro Minute. Zur Erniedrigung des HZV kommt es durch Herzkrankheiten, Schlaganfall oder auch Bluthochdruck, bei denen das Herz seine bisherige Leistung nicht mehr halten kann. Ein erhöhtes HZV kann auch von Fieber oder Blutarmut herrühren.

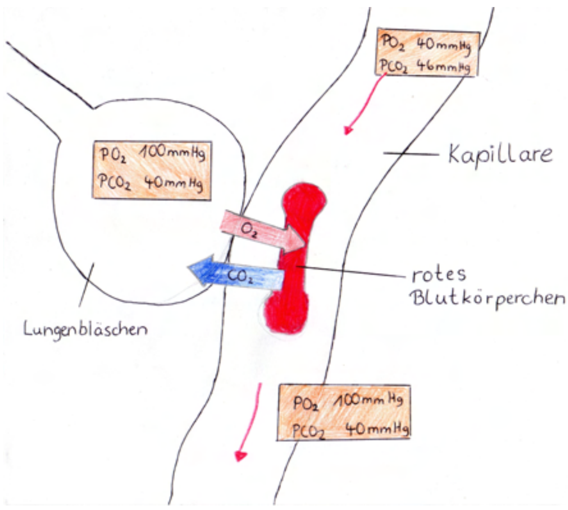
Gasaustausch

Die vom Menschen benötigte Atemluft gelangt nahezu auf direktem Weg in die Lunge. Dabei passiert sie neben der Mundhöhle auch den Rachenraum (Pharynx) und gelangt dann schließlich in die Luftröhre (Trachea). Dieser ca. 2 cm breite „Schlauch“ ist von Knorpelringen umgeben, die zur allgemeinen Stabilisierung des Atemtraktes dienen. In einer Verzweigung teilt sich die Luftröhre in zwei sogenannten Stammbronchien auf, die jeweils in einen Lungenflügel münden, wo sie sich erneut verzweigen.

Ähnlich wie bei Blutgefäßen nehmen Durchmesser und Kapazität der Transportwege proportional zu den Querschnittsflächenänderungen ab. So wie aus Arterien die feineren Arteriolen werden, bezeichnet man die den Stammbronchien nachgeschalteten Transportgefäße als Bronchiolen. Daraufhin folgen die weitaus kleineren Lungenbläschen, die sogenannten Alveolen (Durchmesser: $\approx$ 0,1–0,3 mm). Lungenbläschen befinden sich in großer Anzahl in der menschlichen Lunge; nach Forscherangaben sollen es 300 Millionen sein, die zusammen eine enorme Oberfläche ergeben, sodass ein gut funktionierender und überlebensnotwendiger Gasaustausch reibungslos und im großen Stil möglich ist.

Mehrere Komponenten sind am Gasaustausch beteiligt. Voraussetzungen dafür bilden jedoch auch die Beschaffenheit und Oberfläche der Lungenbläschen und die des peripher gelagerten Kapillarnetzes. Die Lungenbläschen sind hierbei von einem extrem dünnwandigen Alveolarepithel umgeben; im Gegenzug schließt sich den Kapillaren ein ebenfalls dünnes Kapillarendothel an. Beim Gasaustausch sind kurze Diffusionsstrecken von Bedeutung. Beim Menschen beträgt diese Strecke gerade einmal 2 µm.

Da der Gasaustausch ein lebenswichtiger Prozess ist, laufen dabei hochkomplexe Mechanismen ab. Zunächst spielt die Konzentration der einzelnen Atemgase in der Luft eine wichtige Rolle. Der Anteil des Sauerstoffs liegt bei ungefähr 21 %, der des Kohlenstoffdioxids bei unter 0,03 %. Der Gasdruck ist definiert als die Kraft, die auf ein Teilchen wirkt von der Gasphase in die Flüssigkeit überzugehen. Bei Normaldruckverhältnissen von 1013 hPa teilt sich dieser mit 213 hPa auf O_2 und mit 0,03 hPa auf CO_2 auf. In der Lunge ändern sich dann aber die Druckverhältnisse drastisch, sodass es schlagartig zu einem Konzentrationsgefälle kommt. Kohlenstoffdioxid ist im Körper mehr oder weniger nur ein Abfallprodukt des Stoffwechsels, weshalb dessen Konzentration in der Lunge enorm hoch ist und der Partialdruck bei 40,5 hPa liegt. Im Umkehrschluss sinkt der Partialdruck von Sauerstoff auf nur noch 162 hPa. Beide Gase streben nun infolge des Konzentrationsgefälles nach einem Druckausgleich, weshalb Sauerstoff ins Blut diffundiert und das Kohlenstoffdioxid nach außen drängt, folglich also ausgeatmet wird.



Die Konzentrationsgefälle der Gase führen zum Gasaustausch zwischen Blut und Atemluft in den Bronchiolen.

Da Sauerstoff schlecht im Blut löslich ist, liegt nur etwa 1 % in gelöster Form vor. Der Rest bindet an das Hämoglobin in den Erythrozyten (rote Blutkörperchen). Die Häm-Gruppe ist hierbei eine eisenhaltige Verbindung. Durch eine Oxigenierung gehen die Sauerstoffmoleküle eine reversible Verbindung mit der Häm-Gruppe ein. Bis zu vier O_2 Moleküle können sich an eine Häm-Gruppe binden. Je nach pH-Wert und den spezifischen Partialdrücken in den einzelnen Körperregionen werden unterschiedlich viele O_2 Moleküle abgegeben beziehungsweise Kohlenstoffdioxid aufgenommen, das sich wiederum reversibel an das Häm des Hämoglobins bindet. Dann beginnt der Zyklus erneut, der somit einen wichtigen Teil der Körperversorgung darstellt.

Eine große Rolle bei der Sauerstoffaufnahme spielen generell die Temperatur, der spezifische Löslichkeitskoeffizient und der pH-Wert, wie bereits oben beschreiben wurde. Der pH-Wert zeigt sich stets in Abhängigkeit von der CO_2 Sättigung einer Lösung. Mit dem Herausdiffundieren eben jenes Gases in den Alveolen, steigt der pH-Wert des Blutes, weshalb dann mehr Sauerstoff im Blut gelöst werden kann. Auch kann Sauerstoff bei niedrigeren Temperaturen besser aufgenommen werden. Temperatur und pH-Wert werden daher vom Körper stark reguliert.

Der spezifische Löslichkeitskoeffizient zeigt sich im Hinblick auf Kohlenstoffmonooxid als äußerst interessant. CO bindet rund 20mal besser an das Hämoglobin, als das beim Sauerstoff der Fall ist. Aus diesem Grund sind damit in Zusammenhang stehende Vergiftungen des Körpers besonders gefährlich, da das Kohlenstoffmonoxid durch seine starke Bindung die Sauerstoffversorgung blockiert.

Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems

Julia Bonfig, Berit Filges, Melanie Gansel, Carolin Schreyeck

Hypertonie

Die Hypertonie ist eine krankhafte Abweichung des Blutdrucks. Bei ihr liegt der Blutdruckwert über dem Normalwert von 120/80 mmHg. Diese Krankheit wird in drei Hauptgruppen eingeteilt. Man unterscheidet zwischen der:

1. arteriellen Hypertonie
2. pulmonal-arteriellen Hypertonie
3. portale Hypertension

Arterielle Hypertonie

Die arterielle Hypertonie ist durch einen Bluthochdruck von über 140/90 mmHg in den Arterien gekennzeichnet und wird nochmals in zwei Untergruppen eingeteilt. Diese nennt man essentielle (oder auch primäre) Hypertonie und symptomatische (bzw. sekundäre) Hypertonie.

Bei der essentiellen Hypertonie ist die Ursache der Erkankung unbekannt. Es ist allerdings sicher, dass diese Form der Hypertonie oft genetisch veranlagt ist und auch psychosoziale Faktoren (wie zum Beispiel Stress) eine Rolle bei dem Blutdruckanstieg spielen. Auch der Lebensstil der Erkrankten spielt eine wichtige Rolle.

Blutdruckmessung nach Riva-Rocci bei der Abschlusspräsentation.

Die symptomatische Hypertonie hingegen ist meist die Folge einer Primärerkrankung, wie zum Beispiel der Erkrankung der Niere oder einer Störung der Hormonbildung. Es kann aber auch die Nebenwirkung eines oder mehrerer Medikamente sein.

Die Symptome einer arteriellen Hypertonie sind sehr vielseitig. So hat man oftmals Schwindelanfälle, Kopfschmerzen, Luftnot, Ohrensausen, Hörstürze oder leidet an Nervosität. Die Folgen sind allerdings weitaus gravierender. Typisch sind zum Beispiel Herzinfarkt und Schlaganfall.

Pulmonal-arterielle Hypertonie

Diese Art der Hypertonie ist eine Blutdruckerhöhung im Lungenkreislauf über dem dortigen Normdruck von ca. 20 mmHg. Hierbei liegt meist eine Lungenerkrankung vor. Bei der akuten pulmonal-arteriellen Hypertonie beispielsweise verengen sich die Lungengefäße durch die Verdickung der Gefäßmuskulatur. Dadurch nimmt das Innenvolumen der Gefäße ab. Die Folgen der pulmonal-arteriellen Hypertonie sind sehr ernst zu nehmen. Es kann zu eingeschränkter körperlicher Leistungsfähigkeit, Kreislaufstörungen und Rechtsherzinsuffizienz kommen. Die durchschnittliche Lebenserwartung ohne Therapie beträgt nur etwa drei Jahre.

Portale Hypertension

Die portale Hypertension beschreibt eine Erhöhung des portalvenösen Drucks über den Normbereich von 3–6 mmHg. Bei Stauungen des Blutes in der Pfortader oder Leber kommt es zur Umgehung (Anastomose) des Pfortaderkreislaufes. Dies führt zu einem erhöhten Blutdruck. Die Folgen sind sehr umfangreich: Einschränkung der Entgiftungsfunktion; Hormon-, Fremdstoff- und Arzneimetabolisierung werden verändert.

Hypotonie

Die Hypotonie ist, wie die Hypertonie, eine Blutdruckerkrankung. Allerdings liegt hierbei eine dauerhafte Blutdrucksenkung auf unter 105/60 mmHg vor. Der systolische Wert beschreibt hierbei den Blutdruck bei der Kontraktion des Herzens, der diastolische Wert während der Erschlaffung. Im Gegensatz zur Hypertonie ist die Hypotonie eine weitgehend harmlose Erkrankung. So hat man meist nur mit allgemeiner Schwäche und Müdigkeit zu kämpfen. Auch die Hypotonie wird in drei Gruppen unterteilt:

1. die essentielle Hypotonie
2. die symptomatische Hypotonie
3. die orthostatische Hypotonie

Bei der essentiellen Hypotonie sind keine Ursachen erkennbar. Meist wird sie vererbt, wobei Frauen davon häufiger betroffen sind als Männer. Die symptomatische Hypotonie ist auf eine klar definierbare Ursache zurückzuführen, wie zum Beispiel eine Erkrankung oder Medikamenteneinnahme.

Die orthostatische Hypotonie ist eine Regulationsstörung beim Wechsel in die aufrechte Körperlage. Sie tritt meist nach längerem Liegen oder Sitzen auf. Dabei sackt das Blut durch die Schwerkraft zunächst in die Beinvenen, wodurch weniger Blut am Herzen und im Gehirn ankommt. Es kommt zu Schwindel oder manchmal sogar zu kurzem Bewusstseinsverlust. Ist es zusätzlich sehr warm, wird die Haut zur Abkühlung des Körpers stark durchblutet, sodass noch mehr Blut abgezweigt wird und ein orthostatischer Kollaps droht.

Arteriosklerose

Kaum eine Krankheit steht seit vielen Jahren so im Blickfeld der medizinischen und biochemischen Forschung wie die Arteriosklerose.

Die Arteriosklerose – umgangssprachlich auch Arterienverkalkung oder Arterienverhärtung genannt – ist eine Veränderung der Gefäßwände von Arterien. Hervorgerufen wird sie durch Wucherungen des Bindegewebes und Ablagerungen von Blutfetten (arteriosklerotische Plaques) und Kalk an den Innenwänden der Arterien. Die Blutgefäße verlieren dadurch ihre Elastizität und der Gefäßdurchmesser verengt sich zunehmend, sodass der Transport des Blutes in das Gewebe behindert oder ganz verhindert wird.

Ursachen sind zum Beispiel arterielle Hypertonie (Bluthochdruck), Fettleibigkeit, Diabetes, hohes Alter, genetische Veranlagungen und übermäßiger Alkoholkonsum. Aber auch eine ungesunde Lebensweise wie fettreiche Ernährung, Rauchen, Bewegungsmangel und Stress erhöhen das Risiko der Arteriosklerose.

Wenn an den Ablagerungen feinste Risse entstehen, lagern sich Blutplättchen (Thrombozyten) an. Diese können Gerinnsel (Thromben) formen, die den Gefäßdurchmesser weiter verkleinern und/oder sich lösen und an anderen

Stellen wieder festsetzen. Dort kommt es dann zu Gefäßverschlüssen, sogenannten Embolien. Bilden sich in den Herzkranzgefäßen solche Embolien, kann es zu einem Herzinfarkt, bei Gefäßverschlüssen der Hirn- und Halsarterie, zu einem Schlaganfall kommen. Häufig führt die Arteriosklerose auch zu Schädigungen der Niere und der Augen.

Die Behandlung einer Arteriosklerose im Frühstadium kann zumeist durch eine gesunde Lebensweise erzielt werden. Dabei können die bekannten Risikofaktoren der Arteriosklerose, also zum Beispiel das Übergewicht, durch ausreichende Bewegung oder eine Diät reduziert werden. Außerdem besteht die Möglichkeit, die Arteriosklerose und deren Folgeerkrankungen durch Medikamente einzudämmen. Ist die Arteriosklerose schon weit fortgeschritten, sodass Komplikationen drohen, ist zur Therapie eine Operation erforderlich.

Vortrag bei der Rotation.

Herzinfarkt

In Deutschland erleiden jährlich rund 250.000 Menschen einen Herzinfarkt. Er ist die Folge des Verschlusses eines Herzkranzgefäßes, welches das Herz mit Blut versorgt. Solch ein Verschluss entsteht meist durch eine Arteriosklerose. Reißt eine innere Gefäßwand, setzt der Wundverschluss ein und es bildet sich ein Blutgerinnsel, das Teile des Herzmuskels von der Sauerstoff- und Nährstoffversorgung abtrennt. Risikofaktoren, die zu einem Herzinfarkt führen können, sind vor allem Hypertonie (Bluthochdruck), Stress, Übergewicht, Rauchen und Diabetes.

Der Herzinfarkt äußert sich häufig durch stechende Schmerzen hinter dem Brustbein und ein Druck- bzw. Engegefühl in der Brust (Angina pectoris, Brustenge). Die Schmerzen können dabei bis in den linken Arm, die Schulter, den Hals oder den Oberbauch ausstrahlen. Meist dauern diese Schmerzen nur kurze Zeit an und treten oft nur bei körperlichen und/oder psychischen Belastungen auf.

Auch starke Unruhe, eine blass-graue Gesichtsfarbe, Atemnot, Übelkeit und Erbrechen, ein plötzlicher Kreislaufzusammenbruch, Schweißausbrüche und Herzrhythmusstörungen können Anzeichen für einen Herzinfarkt darstellen.

Grundsätzlich bestehen drei Therapieformen zur Behandlung des Herzinfarkts, so kann der Blutstrom in den Herzkranzgefäßen durch eine Lysetherapie, eine Ballonaufdehnung (Angioplastie) oder eine Bypass-Operation wieder in Gang kommen.

Bei der Lysetherapie wird das Blutgerinnsel (Thrombus) durch Medikamente aufgelöst – Mediziner sprechen auch von Fibrinolyse. Die eingesetzten Medikamente bewirken, dass die körpereigenen Abbauenzyme (Plasminogen) aktiviert werden, die den Thrombus auflösen. Bei der akuten Angioplastie wird ein Herzkatheter eingeführt, der das verstopfte Gefäß mithilfe eines Ballons erweitert. Oft wird zusätzlich eine kleine Gefäßstütze (ein Stent) implantiert, damit das Gefäß offen bleibt. Bei einer Bypass-Operation überbrückt der Arzt die stark verengten oder komplett verschlossenen Herzkranzgefäße durch eine Umleitung (Bypass = engl. Umleitung). Als Überbrückung verwendet man häufig kleine Venenstücke aus dem Unterschenkel bzw. Oberschenkel (aortokoronarer Venen-Bypass) oder eine Umleitung der Brustwandarterie (Arteria-mammaria-interna-Bypass).

Folgen des Herzinfarktes, zum Beispiel Herzrhythmusstörungen und Kammerflimmern, können zum Herztod führen. Die Pumpfunktion des Herzens wird so beeinträchtigt, dass der Kreislauf zusammenbricht. Auch wenn der Patient den Infarkt überlebt, ist die Leistungsfähigkeit des Herzens danach meist geringer, da abgestorbenes Muskelgewebe am Herzen vernarbt und zu starrem Bindegewebe wird, das nicht zur Pumpfunktion des Herzens beiträgt. Hierdurch kann es auch zu einer gestörten Reizweiterleitung kommen.

Schlaganfall

Einleitung

Der Schlaganfall ist oft die Folge einer Erkrankung an Hypertonie und weltweit die zweithäufigste Todesursache. Allein in Deutschland erleiden etwa 200 000 Menschen pro Jahr einen Schlaganfall, wobei hauptsächlich ältere Menschen davon betroffen sind. Es können jedoch auch Menschen mittleren Alters, Kleinkinder und Neugeborene einen Schlaganfall erleiden. Besonders wachsam sollten vor allem Menschen sein, die an Arteriosklerose, hohem Blutdruck, hohem LDL-Cholesterinspiegel, Diabetes oder Übergewicht leiden. Auch Rauchen und/oder die Einnahme der Antibabypille können zum Schlaganfall führen.

Symptome

Die Symptome eines Schlaganfalls können unterschiedlich stark sein, denn der Schweregrad variiert je nach betroffenem Gehirnareal. Typisch dabei ist, dass die Beschwerden nur einseitig auftreten. Allgemein ist der Schlaganfall durch den Verlust körperlicher und geistiger Fähigkeiten gekennzeichnet. Die Schmerzen sind meist nicht besonders stark. Häufig treten je nach betroffenem Hirnareal folgende Symptome auf:

- plötzliche einseitige Lähmung, insbesondere im Arm
- einseitiges Taubheitsgefühl in Arm, Bein, Gesicht, Zunge oder Mundraum (taubes, pelziges oder kribbeliges Gefühl)
- einseitig herabhängender Mundwinkel
- Sehstörungen bis hin zur vorübergehenden Erblindung
- Sprachstörungen bis hin zum Verlust des Sprachvermögens
- Verwirrtheit
- Hörverlust
- Gleichgewichtsstörungen, Schwindel (Stehen und Sitzen ist nicht mehr möglich)
- Übelkeit, Erbrechen
- Bewusstlosigkeit
- Starke Kopf- und Nackenschmerzen

Dauern derartige Symptome nur kurz an und bilden sich vollständig zurück, spricht man vom Schlaganfall-Vorboten TIA (transitorische ischämische Attacke; Durchblutungsstörung), der allerdings trotzdem sofort ärztlich untersucht und behandelt werden sollte, da diese kurzzeitigen Anfälle meist Vorzeichen eines kommenden Schlaganfalls sind.

Erste Hilfe

Nach dem Auftreten eines Schlaganfalls, sollte man sofort einen Notarzt rufen, da bestimmte Medikamente ein eventuelles Blutgerinnsel auflösen und so das Gehirn vor einem dauerhaften Schaden schützen können. Allerdings muss die ärztliche Hilfe innerhalb von drei bis vier Stunden einsetzten. Währenddessen den erkrankten Menschen keiner körperlichen Belastung aussetzen, sondern mit erhöhtem Oberkörper lagern und fortlaufend das Bewusstsein dieses Menschen kontrollieren. Darüber hinaus gilt, dass man dem Menschen nichts zu trinken und essen geben darf, da sonst eine Aspirationsgefahr besteht. Das bedeutet, dass das Gehirn eventuell den Schluckvorgang nicht mehr richtig steuern kann und so die Gefahr des Verschluckens besteht. Zudem hilft es das Fenster weit zu öffnen und eng sitzende Kleidung zu lockern. Wenn der Patient über Übelkeit klagt oder bewusstlos werden sollte, gilt es, den Betroffenen in die stabile Seitenlage zu bringen und den Puls und die Atmung immer wieder zu kontrollieren. Falls keinen Puls oder keine Atmung mehr festzustellen ist, muss der Betroffenen wieder aus der Seitenlage auf den Rücken gedreht werden. Anschließend sollte der Patienten auf eine harte Unterlage, zum Beispiel auf den Boden gelegt und die Mund-zu-Mund-Beatmung mit Herzdruckmassage durchgeführt werden.

Folgen

Die eventuell schwerwiegenden Folgen eines Schlaganfalls können meist erst nach einigen

Tagen, teilweise auch erst nach Wochen sichtbar werden. Das Ausmaß eines Schlaganfalls hängt sehr davon ab, wo und wie stark die Schädigung im Gehirn war.

In den meisten Fällen bleibt eine mehr oder weniger starke Lähmung von Gesicht, Arm und/ oder Bein auf einer Körperhälfte zurück. Man nennt sie darum Halbseitenlähmung (Hemiparese). Es ist immer die gegenseitige Körperhälfte der Seite der Hirnschädigung betroffen, d.h. bei einer Schädigung der rechten Hirnhälfte wird die linke Körperseite gelähmt und umgekehrt. Häufig treten neben einer Lähmung auch Sprach-, Sprech- und Schluckstörungen sowie Aufmerksamkeitsstörungen, Gedächtnis- und Sehstörungen auf.

Ursachen

Ein Schlaganfall ist eine plötzliche Minderversorgung des Gehirns mit Blut. Die Gehirnzellen werden so nicht mehr ausreichend mit Sauerstoff und Nährstoffen versorgt, was zum Absterben der Zellen führt. Dieser unwiederbringliche Tod von Nervenzellen bringt Funktionsausfälle des Nervensystems mit sich. Der Schlaganfall wird in zwei Hauptgruppen eingeteilt. Man unterscheidet zwischen dem ischämischen Schlaganfall (Apoplex)und dem hämorrhagischen Schlaganfall. Beim ischämischen Schlaganfall sind meist die Blutgefäße verstopft, beispielsweise durch Arteriosklerose, einen Embolus (Embolie) oder einen Thrombus. Die Ursache des hämorrhagischen Schlaganfalles ist eine Gehirnblutung, wobei ein Hirngefäß reißt und das darin enthaltene Blut in das umliegende Gehirngewebe eintritt, wodurch das Gehirn geschädigt wird. Durch die rasche Volumenzunahme im Gehirn werden schnell lebenswichtige Zentren, wie die für die Regelung der Atmung und des Herzschlags, gequetscht und dadurch in ihrer Funktion beeinträchtigt. Der ischämische Schlaganfall tritt wesentlich häufiger auf als der hämorrhagische (85 % der Schlaganfallbetroffenen).

Es gibt allerdings noch weitere Risikofaktoren:

- Alter: etwa zwei Drittel der Betroffenen sind über 70 Jahre alt
- Genetische Veranlagung: Verwandte ersten Grades haben ein erhöhtes Risiko
- Diabetes mellitus, Bluthochdruck, ein hoher Cholesterinspiegel und Rauchen. Auch zu viel Alkohol kann gefährlich werden, da dieser den Blutdruck ansteigen lässt und zu Bluthochdruck führt
- Herzkrankheiten, insbesondere Vorhofflimmern und Herzklappenprobleme
- Übergewicht und mangelnde Bewegung
- Antibabypille

Vorbeugung

Um einem Schlaganfall vorzubeugen, sollte man seinen Blutdruck, sein Gewicht und sein Cholesterin auf optimale Werte senken. Dazu ist es sinnvoll, seine Lebensgewohnheiten auf gesunde Ernährung, wie viel Obst, Gemüse, Fisch und möglichst wenig Süßes und Fettes umzustellen und sich viel zu bewegen. Denn Bewegung stärkt den Körper, intensiviert die Sauerstoffversorgung und hält die Blutgefäße elastisch. Um einen erneuten Schlaganfall zu verhindern, sollte man keinen sehr anstrengenden Sport treiben. Für Raucher lohnt es sich, das Rauchen aufzugeben, denn schon fünf Jahre nach der letzten Zigarette reduziert sich das Schlaganfall-Risiko auf das eines Nichtrauchers. Gegen die Entstehung von Thrombosen hilft es, viel zu trinken und eventuell Thrombosen-Strümpfe zu tragen.

Bluter

Bei der Bluterkrankheit, die in der Fachsprache Hämophilie genannt wird, handelt es sich um eine Erbkrankheit, bei der die Blutgerinnung nicht funktioniert. Die Blutgerinnung ist ein Schutzmechanismus des Körpers, der das Verbluten des Menschen verhindert. Der Vorgang der Blutgerinnung verläuft in mehreren Phasen. Insgesamt sind dreizehn verschiedene Gerinnungsfaktoren daran beteiligt. Bei den meisten Menschen, die an der Bluterkrankheit leiden, fehlt der Gerinnungsfaktor VIII, was dazu führt, dass das extrinsische System, das eigentlich nach Sekunden einsetzen sollte und wie das intrinsische System zum Wundverschluss dient, nicht einsetzt. Das intrinsiche System setzt erst viel später ein und ist somit ineffizient.

Die Krankheit wird X-chromosomal rezessiv vererbt. Das heißt, dass bei Männern die Krankheit viel häufiger ausgeprägt vorkommt, während Frauen in der Regel Überträger sind, da Frauen zwei X-Chromosomen haben und Männer nur eines. Bei nur einem kranken X-Chromosom bei der Frau übernimmt das gesunde Chromosom die Aufgabe des anderen Chromosoms mit. Beim Mann besteht diese Möglichkeit nicht.

Bluter ist nicht gleich Bluter, das heißt, dass im Falle von Faktor VIII-Patienten die Restaktivität des Faktors VIII über die Schwere der Krankheit entscheidet. So gibt es zum Beispiel Patienten, die sich selbst intravenös den gentechnisch hergestellten Faktor VIII spritzen müssen. Das heißt, Faktor VIII wird als Medikament zugeführt. Bei Patienten hingegen, die eine Restaktivität des Faktor VIII von circa zehn Prozent haben, sind leichtere Verletzungen mit muskulären Blutungen und kleinere offene Wunden kein Anlass zu substituieren. Bei Gelenkblutungen muss jedoch immer substituiert werden.

Im Alltag sehen sich Hämophile mit dem Problem konfrontiert, dass Faktor VIII Präparate lückenlos gekühlt werden müssen, das heißt eine Urlaubsreise oder ein Flug muss gut geplant werden. Auch in ihrer Freitzeit sind Hämophile eingeschränkt, denn sie sollten/dürfen nicht jeden Sport ausüben wie zum Beispiel Reiten und Ski fahren. Besonders gut geeignet sind dagegen gelenkschonende Sportarten wie zum Beispiel Schwimmen. Auch bei der Berufswahl muss die Hämophilie bedacht werden: körperlich sehr anstrengende Berufe sollten nicht ausgeübt werden, um die Gefahr von Verletzungen zu minimieren.

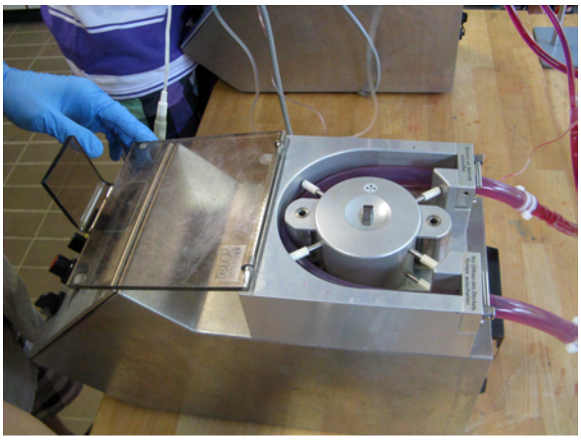
Blutkreislaufmodell

von Natalie Keil, Milena Wesemann, Thomas Wodtko, Constanze Kuhn, Carolin Schreyeck

Im Laufe der zweiwöchigen Akademie probierten wir viele verschiedene Blutkreislaufmodelle aus und entschieden uns am Schluss für ein großes Modell, welches wir auch bei der Abschlusspräsentation verwendeten.

Herz

Als Herz dienten uns zwei Peristaltikpumpen der Firma Stöckert, die je eine Herzhälfte darstellten. Diese funktionieren mittels eines sogenannten Quetschverfahrens, wobei in die Pumpen integrierte Walzen elastische Silikonschläuche zusammenquetschen und so das enthaltene Wasser stoßweise herauspressten.



Je eine Quetschpumpe diente zur Simulation der jeweiligen Herzhälfte.

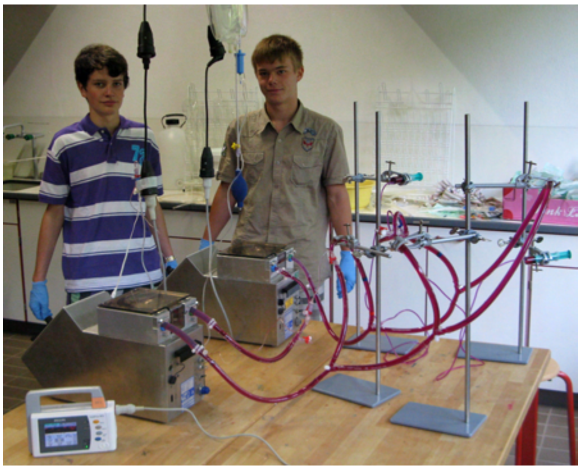
Über die Frequenz der Pumpen konnten wir den Puls simulieren. Das Herzauswurfvolumen wurde durch den Druck der Walzen auf die Schläuche eingestellt. Da die linke Herzhälfte beim Menschen kräftiger ist, haben wir die linke Pumpe auf einen dementsprechend größeres Herzauswurfvolumen eingestellt.

Gefäße

Für die Gefäße verwendeteten wir Kunststoffschläuche, mit drei unterschiedlichen Durchmessern (1/2, 3/8, 1/4 Zoll). Als Verbindung zwischen Schläuchen verschiedener Dicke und Verzweigung der Schläuche dienten Kunststoffadapter. Da die Schläuche durchsichtig waren, konnten wir das Blut durch rot gefärbtes Wasser sehr gut simulieren (Früchtetee oder Methylenrot).

Großer und kleiner Blutkreislauf

Von der linken Herzhälfte aus, die durch die linke Peristaltikpumpe simuliert wurde, führte ein 1/2 Zoll Schlauch, der sich anschließend auf drei 3/8 Zoll Schläuche aufteilte. Letztendlich gingen diese in die dünnsten Schläuche mit einem Durchmesser von einem 1/4 Zoll über. Auf dem Rückweg zur rechten Peristaltikpumpe verhielten sich die Schlauchdicken umgekehrt zum Hinweg. Ist das „Blut“ in der rechten Pumpe angekommen, ist der große Blutkreislauf abgeschlossen, nicht jedoch die Reise des „Blutes“. Dieses floss über einen 3/8 Zoll Schlauch zurück zur linken Pumpe, womit auch der kleine Blutkreislauf dargestellt wurde.



Gesamtmodell des Blutkreislaufes.

Windkesselfunktion

Um die Windkesselfunktion zu veranschaulichen, bauten wir ein weiteres Modell auf, welches aus einer Pumpe und zwei 1/2-Zoll-Schläuchen, die Aorta und Hohlvene simulierten, bestand. In diesem Modell konnten wir sehen, dass das Wasser ungleichmäßig und stoßweise herauskam, da die Schläuche fest und inelastisch waren. Unsere menschliche Aorta jedoch passt sich an den sich stetig verändernden Druck durch Variieren des Durchmessers an, da sie aus vielen elastischen Fasern besteht. Zieht sich das Herz bei der Systole zusammen und wirft Blut aus, verhindert das bereits vorhandene Blut den Durchfluss und die Aortenklappe den Rückfluss. So wird ein Druck von innen auf die Aortenwand aufgebaut. Dadurch dehnt sie sich aus. Gleichzeitig baut sich von außen ein Gegendruck auf, der dazu führt, dass die Aorta sich wieder zusammenzieht (Abbildung 3). Das Herz wirft wieder neues Blut aus und dieses Prinzip wiederholt sich fortschreitend.

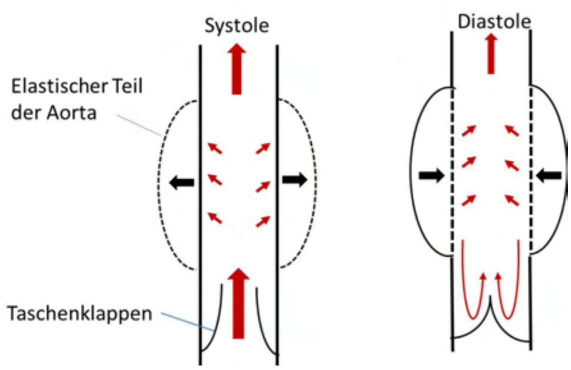


Abbildung 3: Schema der Windkesselfunktion.

Nach Einbau einer Wasserbombe (Abbildung 4), die die Funktion der elastischen Fasern in unserem Modell übernahm, zirkulierte das Wasser gleichmäßig.

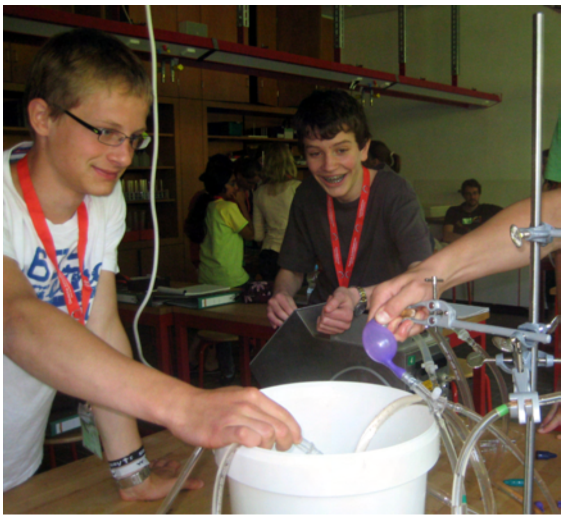


Abbildung 4: Eine Wasserbombe wird verwendet, um die Windkesselfunktion nachzuahmen.

Experimente

Luca Ambrosy, Natalie Keil, Maurice Morgenthaler, Carolin Schreyeck, Jonas Steiner, Milena Wesemann, Manuel Zimmerer

Gefäßweite und Volumina

In diesem Themengebiet erforschten wir die Zusammenhänge zwischen dem Blutvolumen sowie der Gefäßweite in unserem Körper. Anhand unseres künstlichen Blutkreislaufmodells konnten wir diese Abhängigkeiten experimentell beobachten und die Ergebnisse dementsprechend interpretieren.

Zur Verfügung standen uns die folgenden Materialien.

1. Peristaltikpumpe: Diese diente als Antrieb für die Wasserzirkulation im Modell.
2. Silikonschlauch: Dieser war direkt mit der oben erwähnten Peristaltikpumpe verbunden und war somit Teil des Antriebsapparates.
3. Kunststoffschläuche: Sie dienten zum Wassertransport.
4. Messzylinder (3×1000 ml): Hiermit wurde das Auffangen und Messen der Flüssigkeit möglich.
5. Eimer (10 l): In diesem befand sich das Wasser für den Kreislauf, welches später wieder aus den Messbechern in den Eimer zurückgeführt wurde.
6. Stoppuhr: Modell Casio G-Shock um permanent dieselbe Zeitspanne für das Auswurfvolumen zu erhalten.

In der Peristaltikpumpe war dauerhaft derselbe 3/8 Zoll Silikonschlauch eingelegt. Als erstes wurde die Walzeneinstellung unserer Peristaltikpumpe auf 4 mm eingestellt; die Frequenz auf 30 U/min. Danach wurde das Auswurfvolumen in Abhängigkeit verschiedener Schlauchdicken 3× pro Schlauch getestet. Anschließend wurde die Walzeneinstellung von 4 mm auf 6 mm geändert und die Frequenz auf 60 U/min und in Abhängigkeit gestellt. Daraufhin wurde noch eine Versuchsreihe mit unterschiedlichen Kombinationen und unterschiedlichen Gefäßdurchmessern durchgeführt, allerdings alle vom 3/8 Silikonschlauch ausgehend.

Die Annahme war, dass bei Walzeneinstellungen kleinerer Größe mehr Volumen durch den Kreislauf gequetscht wird. Also eine Abhängigkeit zwischen Schlauchdurchmesser und Durchflussvolumen besteht. Außerdem nahmen wir an, dass die doppelte Frequenz das doppelte Durchflussvolumen verursacht.

Zu sehen sind hier die Ergebnisse der Versuchsreihe mit verschiedenen Schlauch- und Walzeneinstellungen. Aus den jeweils drei Messungen sind die Mittelwerte mit jeweiligen Standardabweichungen angegeben:

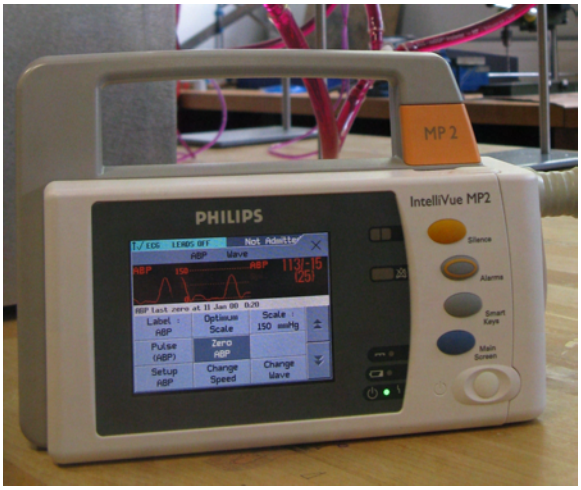
Walzeneinstellung	Frequenz	Schlauchdurchmesser	Mittelwert
4 mm	30 U/min	1/4 Zoll	233 ml ± 15 ml
4 mm	30 U/min	3/8 Zoll	253 ml ± 15 ml
4 mm	30 U/min	1/2 Zoll	283 ml ± 6 ml
6 mm	30 U/min	1/4 Zoll	127 ml ± 6 ml
6 mm	30 U/min	3/8 Zoll	330 ml ± 10 ml
6 mm	30 U/min	1/2 Zoll	227 ml ± 12 ml
4 mm	60 U/min	1/4 Zoll	523 ml ± 21 ml
4 mm	60 U/min	3/8 Zoll	560 ml ± 17 ml
4 mm	60 U/min	1/2 Zoll	530 ml ± 27 ml

Die Versuche mit Pumpeneinstellungen von 4 mm Walzenabstand und 30 U/min bestätigte die Annahme, dass bei größerem Schlauchvolumen mehr Flüssigkeit durchgequetscht wird. Je 1/8 Zoll bedeutet eine Steigerung des Durchflussvolumens um etwa 20–30 ml. Zu größerem Staunen haben die anderen Ergebnisse geführt. Erst einmal trifft es zu, dass die weitere Walzeneinstellung von 6 mm weniger Flüssigkeit durch den Schlauch quetscht. Jedoch fällt der Wert für den 3/8 Zoll-Schlauch vollkommen heraus. Hier wird mehr Flüssigkeit durch den Schlauch gequetscht als bei 4 mm Walzeneinstellung, aber weniger als bei dem dickeren Schlauch.

Die höhere Umdrehungszahl führt dazu, dass – wie erwartet – mehr Wasser durch den Schlauch gedrückt wird. Jedoch wird bei dem 3/8 Zoll-Schlauch wieder mehr Wasser durchgequetscht als beim 1/2 Zoll-Schlauch. Mit unserem Versuchsaufbau konnten wir uns das nicht erklären.

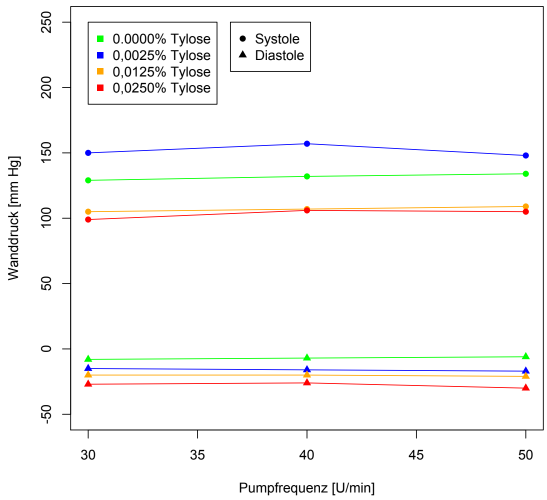
Sämtliche Messergebnisse wurden mehrmals überprüft. Selbstverständlich ergaben sich hierbei Abweichungen, die sowohl auf Messfehler als auch auf andere Ungenauigkeiten zurückzuführen sind u.a. Faktoren wie Zeitnahme oder Ablesen der Messskalen. Die Abweichungen lagen in einem Rahmen von weniger als 10 %, die auf die oben genannten Faktoren zurückzuführen sind. Anomalien größeren Ausmaßes wurden auf deren Richtigkeit überprüft. Wir konnten keine Fehler in der Durchführung finden. Leider war es uns daher mit den vorliegenden Bedingungen nicht möglich, den Idealfall zu simulieren, sodass beispielsweise eine auf alle Eventualitäten zutreffende Formel hätte gefunden werden können. Dennoch bleibt zu sagen, dass diese Versuchsreihen wichtige Grundlagen für die später durchgeführten Arbeiten darstellten und uns einen Einblick ins Forscherleben gewährten.

Einfluss der Viskosität auf den Blutdruck



Der Druck in den Schläuchen wurde „intraarteriell“ aufgenommen und mit einem Patientenmonitor dargestellt.

In einem Versuch im Rahmen der Blutdruckmessungen wurde getestet, ob die Viskosität einer Flüssigkeit – in unserem Falle die des Wassers – einen Einfluss auf den statischen Wanddruck, also den Blutdruck hat. Anhand eines sehr einfach gebauten Schlauchsystems, das den Blutkreislauf im menschlichen Körper darstellte, wollten wir dies testen. Unsere Testflüssigkeit war Leitungswasser, dessen Viskosität mithilfe des Verdickungsmittels Tylose MH20 verändert wurde. Für den Versuch wurden drei Lösungen in verschiedenen Konzentrationen hergestellt. Eine 0,25 %ige Lösung, eine 1,25 %ige und schließlich eine 2,5 %ige. Diese mussten wir über Nacht stehen lassen, damit sich die Tylose komplett im Wasser lösen konnte. Insgesamt hatten wir so einschließlich des Leitungswassers vier Flüssigkeiten, die es zu testen galt. An unser Schlauchsystem wurde ein Blutdruckmessgerät angeschlossen. Um den Versuch jeweils bei möglichst gleichen Ausgangsbedingungen durchzuführen, wurde zuerst das gesamte Schlauchsystem mit Wasser gefüllt und somit das Gesamtvolumen bestimmt. Im Folgenden maßen wir den Blutdruck bei drei unterschiedlichen Pumpfrequenzen (30, 40 und 50 Umdrehungen pro Minute). Nach den Messungen wurden die Schläuche zuerst komplett entleert, um den gleichen Vorgang mit den drei anderen Lösungen durchzuführen. Die Grafik zeigt unsere Messergebnisse für das Wasser und die Lösungen bei den genannten Pumpfrequenzen.



Wanddruck in Abhängigkeit der Viskosität.

Trotz unserer Bemühungen dürften unsere Ergebnisse leichte Abweichungen haben, denn es gelang uns nicht, das Schlauchsystem völlig luftleer zu bekommen. Die Ergebnisse verwirrten uns anfangs sehr, denn wir hatten erwartet, dass bei höherer Viskosität der Blutdruck steigt. Wir dachten uns, dass eine Flüssigkeit langsamer fließt, wenn man sie dickflüssiger macht. Eine geringere Fließgeschwindigkeit bei gleich bleibender Gefäßweite führt – so vermuteten wir – zu einem höheren Blutdruck. Unsere Messergebnisse zeigten jedoch das Gegenteil; nämlich, dass der Blutdruck geringer wurde. Nach langem Überlegen glauben wir, eine Erklärung gefunden zu haben: Eine Flüssigkeit hat wahrscheinlich eine größere Trägheit, je höher die Viskosität ist. Bei größer werdender Trägheit wird auch die Beschleunigung durch die Pumpe größer, was zu einer höheren Fließgeschwindigkeit und damit zu einem niedrigeren Blutdruck führt.

Wieso der Blutdruck aber bei Wasser niedriger ist als bei einer 0,15 %igen Tylose-Lösung, konnten wir trotz Hilfe der Physiker nicht komplett beantworten (an dieser Stelle ein großes Dankeschön an die Leiter des Physikkurses). Eine Vermutung zu diesem Phänomen war, dass es einen bestimmten Grenzwert gibt, bei dem die Tylose-Lösung träge genug ist, um die gleiche/eine höhere Geschwindigkeit als Leitungswasser zu bekommen. Dieser Wert müsste ungefähr bei einer Konzentration von 1 % Tylose liegen.

Unser Versuch bewies aber – und das war ja das eigentliche Ziel –, dass die Viskosität einen Einfluss auf den Blutdruck hat. Um das oben beschriebene Phänomen jedoch genauer zu untersuchen, hätten wir schlichtweg mehr Messungen machen müssen, wozu uns aber die Zeit und die Mittel fehlten.

Echtblut

Wirklich spannende Versuche waren die Echtblutversuche. Doch keine Angst: Wir benutzten kein Blut von Kursteilnehmern oder -leitern, die sich die Finger aufzustechen hatten! Nein, wir verwendeten extra für uns angeliefertes Schweineblut. Allerdings leiteten wir das Echtblut nicht einfach in ein Schlauchsystem hinein (das hätte eine ziemliche Schweinerei gegeben), sondern wir beschränkten uns auf die Versuche, die mit Farbe und Konsistenz des Blutes unter Zugabe verschiedener Stoffe und Chemikalien zu tun hatten.

Alles heller, oder was?

Unser erster Versuch bestand darin, zu zeigen, wie sich die Farbe und Helligkeit des Blutes veränderte, wenn man Luft hineinführte.

Dickes Blut

Wenn man Blut offen stehen lässt, beginnt es nach einer gewissen Zeit zu verklumpen. Das liegt daran, dass im Blut Calcium freigesetzt wird, das eine Blutgerinnung hervorruft. Um das zu verhindern, kann das Blut durch einen Überschuss an Natrium flüssig gehalten werden. Mit großen Mengen Natriumchlorid (Kochsalz) kann eine Blutgerinnung verhindert werden.

Im zweiten Versuch wollten wir herausfinden, was passiert, wenn wir Calciumcarbonat zum Blut hinzufügen. Calcium hat bei der primären Hämostase (primäre Blutgerinnung) den Effekt, das Blut dickflüssiger werden zu lassen, sodass sich bei einer Verletzung die Wunde so schnell wie möglich wieder verschließt. Gaben wir eine calciumhaltige Verbindung (z. B. Calciumcarbonat, $CaCO_3$) zu ein paar Tropfen Blut hinzu, war zu erkennen, dass das Blut anfängt zu verklumpen.

Durchsichtiges Blut? Das klingt ungesund!

Der nächste Versuch war wahrscheinlich der verblüffendste von allen. Unsere Aufgabe bestand darin zu beobachten, was geschieht, wenn wir destilliertes Wasser zum Schweineblut hinzugeben. Dazu füllten wir einen Erlenmeyerkolben mit etwas Echtblut, gaben demineralisiertes Wasser hinzu und mussten dann einige Zeit warten. Nach 10 bis 15 Minuten war das gesamte Blut durchsichtig geworden! Warum wird das Blut durchsichtig?

Wenn wir Wasser zum Blut hinzugeben, saugen sich die Erythrozyten aufgrund einer osmotischen Druckdifferenz mit Wasser voll. Nach kurzer Zeit platzen diese wegen des steigenden Zellinnendrucks. Dabei wird das Hämoglobin freigesetzt, sodass es jetzt in der Lösung vorliegt. Das Hämoglobin löst sich auf und das darin gebundene Eisen liegt offen im Wasser als Ion vor. Nun verhält es sich mit dem Eisen folgendermaßen: Die meisten Eisenverbindungen sind in einer Lösung (hier: Wasser) durchsichtig. Das ist der Grund, weshalb das Blut so klar wurde.

Der rote Schaum

Was geschieht wohl, wenn wir ein paar Tropfen Blut in ein wenig Wasserstoffperoxid (H_2O_2) träufeln? Aus dem Becherglas quillt nach und nach immer mehr rötlich-weißer Schaum, bis das Becherglas fast nicht mehr zu sehen ist, weil der Schaum alles bedeckt! Was passiert hier chemisch betrachtet? Das Wasserstoffperoxid reagiert mit einem Bestandteil des Hämoglobins, sodass Kohlendioxid freigesetzt wird. Das Kohlendioxid sitzt nun in den vielen kleinen Schaumbläschen.

Mittlerer Blutdruck des Medizinkurses

Um den mittleren Blutdruckwert des Medizinkurses zu ermitteln, haben wir bei den 18 Teilnehmern und Kursleitern mit zwei verschiedenen Methoden den Blutdruck gemessen.

Die erste Methode war die weit verbreitete indirekte Messung nach Riva-Rocci. Hierbei wird eine Manschette am linken Oberarm angelegt und aufgepumpt, bis der Puls nicht mehr fühlbar ist. Lässt man nun langsam die Luft aus der Manschette entweichen, ist nach kurzer Zeit durch ein Stethoskop ein Rauschen zu hören, der sogenannte Korotkow-Ton. Er zeigt den systolischen Wert an. Die Manschette wird weiter entleert, bis der letzte hörbare Ton den diastolischen Wert anzeigt.

Zur zweiten Messung benutzten wir ein elektrisches Blutdruckmessgerät (Philips IntelliVue MP2), welches die Werte oszillometrisch misst. Dieses Gerät misst den mittleren arteriellen Druck, indem der größte Unterschied der Oszillationsamplituden ermittelt wird. Daraus berechnet das Gerät den systolischen und den diastolischen Blutdruck.

Beide Messungen wurden am linken Oberarm durchgeführt. Die Testpersonen saßen vor der Messung ca. 3 min. in Ruhe, um den Kreislauf zu beruhigen. Das Durchschnittsalter der Testpersonen betrug 16,11 Jahre.

In Abbildung 5 ist die Verteilung der Blutdruckwerte aller Teilnehmer für beide Messmethoden zu sehen. Interessanterweise zeigt

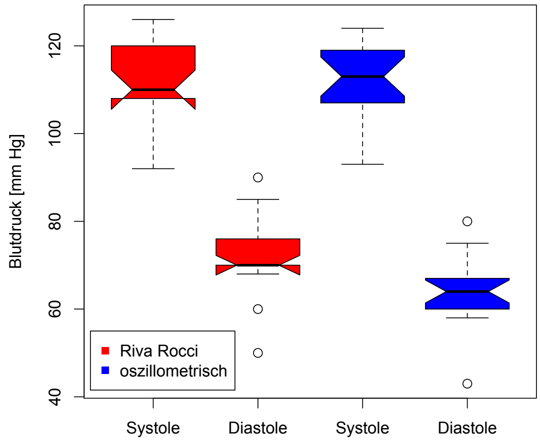


Abbildung 5: Blutdruckwerte der Kursteilnehmer (inklusive Leiter).

sich, dass der diastolische Wert bei dem oszillometrischen Messgerät etwas niedriger als bei den Riva-Rocci Werten liegt. Ansonsten besteht kein wesentlicher Unterschied zwischen den Messmethoden.

Laut den Leitlinien der WHO (World Health Organization, Welt-Gesundheits-Organisation), liegt der mittlere Blutdruck des Medizinkurses (111/72 mmHg bzw. 111/63 mmHg) im optimalen bis normalen Bereich. Dies war zu erwarten, da wir davon ausgehen können, dass keine Krankheiten oder andere Blutdruck senkende oder steigernde Faktoren bei den Testpersonen vorliegen. Die unterschiedlichen Werte zwischen den Riva-Rocci Messungen und den oszillometrischen Messungen beruhen auf den unterschiedlichen Funktionsprinzipien der beiden Geräte. Es kann nicht genau gesagt werden welche Methode „besser“ ist, da beide Vor- und Nachteile haben.

Bei der oszillometrischen Messung zum Beispiel kann es bei Menschen mit verkalkten Gefäßen zu ungenauen Werten kommen, da das Messgerät die Schwingungen der Gefäßwände misst. Bei Riva-Rocci können auf Grund der verschiedenen Geräuschwahrnehmungen und ungenauem Ablesen verfälschte Werte entstehen.

Zusammenfassung

Berit Filges, Melanie Gansel,
André Pfob, Manuel Zimmerer

Von den insgesamt siebzig Teilnehmern der diesjährigen Science Academy arbeiteten fünfzehn im Medizinkurs mit, dessen Aufgabe darin bestand, ein Modell des menschlichen Blutkreislaufes zu bauen. Eine sehr anspruchsvolle Aufgabe, angesichts der kurzen, zur Verfügung stehenden Zeit, die somit nicht nur eine gut organisierte und strukturierte Herangehensweise, sondern auch eine gut funktionierende Zusammenarbeit unseres Kurses als Team erforderte. Deshalb teilten wir uns meist in Gruppen auf, um parallel verschiedene Themen intensiv bearbeiten zu können. So setzten wir uns zum Beispiel mit dem Aufbau und der Funktionsweise des menschlichen Blutkreislaufes, mit der Blutgerinnung und dem Blutdruck auseinander. Wir lernten die Normwerte des menschlichen Blutdruckes kennen, aber auch gesundheitliche Risiken und Erkrankungen, die Abweichungen von diesen Normwerten mit sich bringen können.

Der Modellbau des Blutkreislaufs selbst war eine große Herausforderung. Wir arbeiteten daran hauptsächlich experimentell. Viele gute Ideen waren gefragt, denn schließlich sollte unser Kreislaufmodell vergleichbar dem Original funktionieren. Voller Stolz konnten wir am Abschlusstag unser selbst entwickeltes, funktionstüchtiges Modell des menschlichen Blutkreislaufes präsentieren. Zwar zeigte dies keinen realistischen Blutdruckwert an, doch dies war technisch bedingt, da wir mit unseren Mitteln unmöglich die Bedingungen nachbauen konnten, die in einem menschlichen Körper bestehen. Schläuche sind nun mal keine Blutadern.

Bei unseren Versuchen stand die praktische Arbeit immer im Vordergrund und auch bei Theorieeinheiten waren wir voll dabei. Wenn unsere Köpfe dann rauchten, wurde eine kurze „Tea-time“ einberufen und statt Felix, Jana und Natalie war dann das Pfeifen des Teekochers zu hören. Als die dampfenden Tassen schließlich vor uns auf dem Tisch standen, waren wir wieder voll aufnahmefähig. Auch wenn wir unsere Kursleiter mit Fragen löcherten, für deren vollständige Beantwortung wir wohl heute noch dasitzen würden, fanden sie immer einen Weg uns in kurzen Worten zu erklären, um was es geht.

Telefonnummernaustausch in letzter Minute.

Zusammenfassend muss man sagen, dass die Zeit hier im Kurs mit nichts zu vergleichen war und wir sie in guter Erinnerung behalten werden. Wir glauben, jeder von uns hat in diesen zwei Wochen sehr viel mitgenommen, aber auch seine Grenzen erlebt, da es, angesichts des knappen Zeitrahmens, oft recht stressig wurde und wir unter Zeitdruck standen. Doch all das meisterten wir „Mediziner“ mit Bravour. Der absolute Höhepunkt war für uns die Exkursion in die Chirurgische Klinik der Universitäts-Kliniken in Heidelberg. Die Erlebnisse dort werden wir wohl nie vergessen.

Exkursion zur Herzchirurgie nach Heidelberg

Julia Bonfig, Berit Filges,
Melanie Gansel, Constanze Kuhn,
Carolin Schreyeck

Operationssaal

Schon seit dem Vorbereitungswochenende freuten wir uns auf diesen Tag, denn wir sollten etwas ganz Besonderes erleben dürfen. Unsere Exkursion führte uns in die Klinik für Herzchirurgie der Universitätsklinik in Heidelberg. Dafür mussten wir uns schon früh am Morgen auf den Weg machen.

Berthold Klein erläutert das Vorgehen bei einer Herzoperation.

Vor der chirurgischen Klinik wurden wir von Herrn Lutz Hoffmann erwartet, der uns an diesem Tag zusammen mit Herrn Berthold Klein durch die Klinik führen sollte. Nachdem er uns mit den wichtigsten Regeln für das Besuchen der Klinik vertraut gemacht hatte, ging es endlich auf in Richtung Operationssäle. Dort mussten wir uns zunächst komplett in steriles Grün kleiden, denn in OP-Bereichen wird sehr viel Wert auf Hygiene und Sterilität gelegt, um Patienten und Operationspersonal nicht zu gefährden. In der grünen OP-Kleidung, neben Mundschutz und Haube, konnten wir uns nur noch anhand der Körpergröße und der Augen unterscheiden. Danach mussten wir unsere Hände gründlich gemäß einer speziellen Waschmethode waschen, und Natalie drückte jedem von uns rasch noch einen Traubenzucker in die Hand – nur für den Notfall. Dabei dachte sie an Schwindelgefühle, aufgrund des in allen OP-Bereichen herrschenden leichten Überdruckes und der trockenen Luft, was Bakterien fern halten soll. Der Traubenzucker konnte aber, wie sich zeigen sollte, nicht jedem von uns helfen.

Wir wurden vom leitenden Kardiotechniker, Herrn Berthold Klein, in Gruppen zu je vier bis fünf Personen eingeteilt und zu verschiedenen Operationssälen geführt, denn als Höhepunkt unseres Exkursionstages war uns erlaubt worden, hinter Scheiben, einigen Herzoperationen zuschauen zu dürfen. Doch dann kam die große Überraschung, auch für unsere Kursleiter: Denn die Türen der Operationssäle öffneten sich für uns und wir standen mit an den Operationstischen und verfolgten verschiedene Operationen am Herzen.

Bei einem Patienten wurde eine Arterie nahe des Herzens verkürzt, bei einem anderen wurde eine Verkalkung am Herzen entfernt und in einer dritten Operation wurden Herzklappen ausgetauscht. Während der Operationen erklärten uns die Chirurgen und Kardiotechniker immer genau, was sie taten und welche Funktion die eingesetzten Maschinen, Apparate und Computer hatten. So lernten wir zum Beispiel die Funktionsweise der Herz-Lungenmaschine kennen, die bei Herzoperationen sehr häufig zum Einsatz kommt. Diese Maschine übernimmt während der Operation die Arbeit des Herzens und der Lunge des Patienten. Daneben ermöglicht die Maschine die Beigabe erforderlicher Medikamente in das Blutkreislaufsystem und die Kontrolle der Sauerstoffzufuhr.

Operationssaal der Herzchirurgie.

Einige von uns haben die Herz-Lungenmaschine auch im Einsatz gesehen. Sie waren dabei, als nach zweistündiger Operation die Maschine abgestellt wurde und das Herz des Patienten wieder zu schlagen begann, wobei allerdings mit dem Defibrillator nachgeholfen werden musste. Ein sehr beeindruckendes Erlebnis. Doch nicht jeder Kreislauf der Kursteilnehmer verkraftete die bereits genannten Besonderheiten in den OP-Räumen bzw. die visuellen Eindrücke der Operationen, da half auch der verabreichte Traubenzucker nicht mehr! Sie wurden dann außerhalb der Operationsäle wieder stabilisiert.

Diese ungefähr 90 Minuten, die wir den Operationen beiwohnten, waren für alle Teilnehmer des Medizinkurses nicht nur ein unvergessliches Erlebnis, sondern auch der Höhepunkt der gesamten Akademiezeit.

Herztransplantation

Herz-Lungen-Maschine.

Die erste Herztransplantation fand 1967 in Südafrika statt. Weltweit wurden von 1967 bis 1983 nur sehr wenige Herztransplantationen durchgeführt. Ab 1983 stieg die Zahl rapide an, denn es wurde ein sehr wichtiges Medikament namens Ciclosporin, ein Immunsuppressivum, entwickelt. Dieses bewirkt, dass der Körper nicht mehr so viele Antikörper bildet. Auf diese Weise wird eine Abstoßung des Spenderorgans verhindert. Durch dieses Medikament liegt die heutige Überlebensquote fünf Jahre nach der Transplantation bei 70–80 %. Im Jahre 1995 erreichte die Zahl der Herztransplantationen ihren Höhepunkt, denn weltweit wurden in diesem Jahr ungefähr 5000 Herztransplantationen durchgeführt. Bis zum Jahre 2008 sank die Zahl wieder auf 3500. Ein Grund dafür waren fehlende Spenderorgane.

Im Jahre 2008 wurden in Deutschland 269 Herzen gespendet. Doch diese Anzahl an Organspenden reichte nicht aus, um jedem, der 815 Menschen, die ein Herz und den 58 Menschen, die Herz und Lunge benötigten, durch Transplantate eine neue Lebenschance bieten zu können. Nachdem ein möglicher Spender gestorben ist, müssen zwei voneinander unabhängige Ärzte dessen Hirntod bescheinigen. Wenn der Verstorbene einen Organspendeausweis und gesunde Organe besitzt, kommt er als Spender in Frage und es werden drei Transplantationszentralen angefunkt. Diese führen Wartelisten mit den Patienten, die Spendeorgane benötigen. Ein möglicher Empfänger des Organs wird nach bestimmten Kriterien ausgesucht. Hierbei spielen Größe, Alter, Gesundheit, Blutgruppe und Gewebekompatibilität des Patienten eine wichtige Rolle. Außerdem wird berücksichtigt, wie lange der Patient schon auf ein neues Organ wartet und wie lange es dauern würde, das neue Organ oder den Patienten in das entsprechende Krankenhaus zu bringen.

Der Empfänger muss immer erreichbar sein. Dafür trägt jeder Mensch, der auf der Warteliste aufgeführt ist, ein kleines Gerät bei sich. Nachdem der Empfänger angefunkt wurde, ist es seine Pflicht, sich innerhalb von 30 Minuten bei der Zentrale zu melden, sonst wird ein anderer angefunkt. Anschließend wird das Organ auf mögliche Schäden untersucht und für den Transport vorbereitet, indem es gekühlt und in eine Nährstofflösung gelegt wird. Auch während des Transportes schlägt das Herz immer weiter. Entscheidend sind jetzt die nächsten vier bis fünf Stunden. Nach dieser Zeit muss das neue Herz dem Empfänger eingepflanzt worden sein. Wenn dies nicht der Fall ist, kann sich das Herz nur sehr schlecht erholen, was für den Patienten schwerwiegende Folgen haben kann. Der Empfänger muss sich vor der Transplantation einem Gesundheitscheck unterziehen und wird, falls er diesen besteht, für die Operation vorbereitet.

Nach einer Herztransplantation hat der Empfänger zwar eine neue Lebenschance bekommen, ist aber nicht automatisch außer Gefahr. Im Gegenteil, denn es besteht immer ein sehr großes Risiko, dass das Spenderherz vom Körper als Fremdkörper erkannt und abgestoßen wird. Dagegen wirkt das Medikament Ciclosporin (s.o.). Eine Nebenwirkung des Medikaments ist, dass auch die Bildung von Antikörpern zur Abwehr anderer Krankheiten eingedämmt wird. Schon eine leichte Erkältung kann so schwerwiegende Folgen haben. Herztransplantierte müssen deshalb großen Wert auf Hygiene legen, sich regelmäßig die Hände waschen und sich von kranken Menschen fernhalten. Erfreulicherweise gibt es Patienten, die mit ihrem neuen Herz 20 bis 30 Jahre lang weiterleben. Ebenso gibt es Patienten, die sich während ihrer Wartezeit auf ein neues Organ wieder so gut erholen, dass sie von der Warteliste gestrichen werden können.

Gespräch mit einem Herztransplantierten

Wir sprachen mit einem herztransplantierten Mann, der uns seine Geschichte erzählte und dem wir Fragen stellen durften.

Er berichtete uns von jahrelangen Herzproblemen, die nach einer Bauchspeicheldrüsenentzündung im Jahre 2009 so akut wurden, dass schnell gehandelt werden musste. Der Mann erhielt ein Kunstherz, das außerhalb des Körpers getragen wird. Ein halbes Jahr lag er im Krankenhaus und verbrachte acht Wochen in einer Rehabilitationsklinik. Was dann geschah, bezeichnete der Patient selbst als ein Wunder. Es sei an einem Freitag gewesen, als er endlich auf die Warteliste der „high urgent"-Fälle (high urgent=sehr dringend) für ein Spenderherz gesetzt wurde. Und schon am Montag habe man ihm sein „neues" Herz eingesetzt. Die zehnstündige Operation sei jetzt ein Jahr her und bisher habe man glücklicherweise keine Abstoßungserscheinungen festgestellt. Er beschrieb uns, was er in dem Moment fühlte, als er erfuhr, dass es ein passendes Spenderherz für ihn gäbe: Er sei überglücklich gewesen, trotz der Risiken, die eine solche Transplantation mit sich bringt. Er habe diese und mögliche Komplikationen ausblenden müssen, um seinen Ängsten nicht zu viel Raum zu geben, denn er hatte keine Alternative. Ohne die Transplantation hätte er wahrscheinlich sterben müssen. Mit der Transplantation bestand zumindest die Chance auf ein „neues" und beschwerdefreies Leben.

Mittagspause im botanischen Garten der Universität Heidelberg.

Nach der Transplantation habe er erfahren, dass er nun das Herz einer 48-jährigen Frau in sich trage. Allerdings habe er keine weiteren Informationen zur Spenderin erhalten. In den ersten Wochen und Monaten nach der Transplantation habe ihn der Gedanke daran, dass er weiterleben kann, weil ein anderer Mensch gestorben war, belastet, zum Teil auch Schuldgefühle geweckt. Eine große Hilfe sei ihm bei der Verarbeitung dieser Gedanken seine Ehefrau gewesen, die ihm auch sonst in jeder schweren Stunde zur Seite gestanden habe. Heute sei er nur noch dankbar für das ihm geschenkte „zweite Leben". Der Mann gab seiner großen Hoffnung Ausdruck, noch viele Lebensjahre mit seinem „neuen" Herzen genießen zu können. Mit hygienischer und gesunder Lebensweise möchte er auch weiterhin Krankheiten vermeiden, um so sein anfälliges Herz zu schonen. Während er erzählte, spürte man die Freude des Mannes und seinen neuen Lebensmut, der uns alle mitriss. Wir konnten gar nicht anders, als uns mit ihm zu freuen. Dieses persönliche Gespräch mit dem Empfänger eines Spenderherzens, das dessen Leben rettete, war ein sehr bewegendes Erlebnis, das der Bedeutung von Organspenden großen Nachdruck und einen persönlichen Bezug verliehen hat.

Experimentelle Herzchirurgie

Nach diesem sehr interessanten Gespräch machten wir uns auf den Weg in die Räumlichkeiten der experimentellen Herzchirurgie, wo uns Lutz Hoffmann durch „sein Reich" führte. In der experimentellen Herzchirurgie arbeiten Chirurgen, Kardiotechniker und Informatiker, sowie Studenten gemeinsam an der Verbesserung von Techniken und Methoden chirurgischer Eingriffe am menschlichen Herzen. Diese werden in Tierversuchen erprobt. Lutz Hoffmann und seine Mitarbeiter arbeiten zum Beispiel derzeit an der Verbesserung der Konservierung von Transplantaten während des Transportes. Insbesondere der Transport von Spendeorganen muss heutzutage sehr schnell erfolgen, da die Organe sonst ihre Funktion einstellen, wenn sie zu lange von einem Körper mit einem Kreislaufsystem getrennt sind. Sie könnten dann nicht mehr in den Körper des Empfängers des

Spendeorgans eingesetzt werden. Mit Hilfe von Tierorganen und Gefäßpräparaten werden verschiedene, selbst entwickelte Flüssigkeiten hinsichtlich ihrer Konservierungseigenschaften getestet. So haben wir miterlebt, wie einer Ratte die Aorta entnommen und in verschiedene Testflüssigkeiten gegeben wurde. Außerdem zeigten uns die Mitarbeiter die einzelnen Organe der Ratte, die wir durch ein Mikroskop genauer betrachten konnten.

Besonders interessant war zu erfahren, dass man an den Ratten Operationen, wie etwa Herztransplantationen, durchführt, ihnen dabei aber nicht das eigene Herz entnimmt und sie auch nicht an eine Herz-Lungenmaschine anschließt, was technisch auch nicht möglich ist, sondern ihnen ein zweites Herz einpflanzt. Ratten könnten also Eingriffe an einem Herzen überleben. Allerdings dürfen die Mitarbeiter Versuchstiere, wie extra gezüchtete Ratten, Hunde und Schafe, nach Abschluss der jeweiligen Versuche nicht am Leben lassen. Dies ist gesetzlich vorgeschrieben. Vielen von uns ging das sehr zu Herzen und machte uns deutlich, welch hohen Preis man für die Gesundheit der Menschen zahlen muss.

Ein zentrales Thema in der experimentellen Chirurgie ist die Entwicklung von Möglichkeiten zur Herstellung natürlicher Gewebe und Organe als Ersatz für erkrankte, um künstliche Implantate zu vermeiden. So zeigte uns Herr Hoffmann eine Maschine, an der er auch selbst mitarbeitet, und berichtete von der Idee, mit dieser Maschine die Stammzellen eines Schweineherzens, welches dem des Menschen sehr ähnlich ist, zu entfernen und mit den Stammzellen des menschlichen Empfängers zu besiedeln, wodurch die Abstoßung des Transplantates durch unser Immunsystem verhindert werden könnte. Dies würde die Transplantationschirurgie revolutionieren. Der Besuch der experimentellen Herzchirurgie bildete den Abschluss unserer Exkursion.

Müde und erschöpft, aber auch überwältigt von den Eindrücken und Erlebnissen des Tages, kehrten wir am Abend in die Akademie zurück.

Schlusswort

BERIT FILGES, MELANIE GANSEL, MAURICE MORGENTHALER, ANDRÉ PFOB, MANUEL ZIMMERER

Zwei Wochen nahmen wir am Kurs Medizin teil, zwei Wochen, in denen wir das menschliche Herz und den Blutkreislauf erforscht und dadurch sehr viel gelernt haben. Wir haben in die Wissenschaft der Medizin „hineingeschnuppert“, persönliche Fähigkeiten gestärkt und neue Freundschaften geschlossen. Für jeden war etwas dabei, was er zur Gestaltung seines weiteren Lebensweges mitnehmen konnte.

Dies haben wir hauptsächlich unseren Kursleitern zu verdanken: Felix, Jana und Natalie, die uns immer auf dem Gleis gehalten haben, egal was passiert ist. Mit ihren gelegentlichen Spielpartien Jeopardy haben sie uns nicht nur viel Spaß bereitet, sondern auch gleichzeitig unser Wissen vertieft und die Gemeinschaft gestärkt. Unseren tollen Kursleitern und allen anderen: „Wir sagen euch vielen Dank.“ Dank des hohen Engagements jedes Einzelnen, der konzentrierten und ergebnisorientierten Arbeitsweise aller sowie dem guten Zusammenwirken des Kurses als Team, haben wir das Kursziel erreicht.

Wir Mediziner sind unsere Aufgaben stets mit Witz und Spaß, aber auch der nötigen Portion Ernsthaftigkeit (und natürlich Intelligenz...) angegangen. Auch wenn wir des Öfteren unsere Blutkreislaufmodelle als Wasserspritzen missbrauchten und den Raum unter Wasser setzten, haben Felix, Jana und Natalie nie die Geduld verloren; im Gegenteil: Wenn wir die „Spielkinder“ waren, dann waren die drei „Spielriesen“. Bei all dem konnten sich erst gar keine Spannungen unter uns aufbauen, jeder hat mit

jedem gelacht, gearbeitet, diskutiert und experimentiert. Auch unser Süßigkeitentisch hatte wohl einen großen Anteil daran, dass die Atmosphäre unter uns immer gut war. Und wenn der Vorrat mal wieder erschöpft war, wurde aus der Stadt Nachschub geholt, was stets einen Applaus wert war. So war die ganze Akademie über immer etwas da, was auch dringend nötig war (vor allem nach den Theoriestunden, von denen wir dann oft völlig geplättet waren). Zum Schluss bleibt von Teilnehmerseite nur eines zu sagen: Die Sommerakademie in Adelsheim 2011 war ein unvergleichliches und vor allem unvergessliches Erlebnis, das wir alle immer in bester Erinnerung behalten werden – leider waren es nur zwei Wochen.

Danksagungen

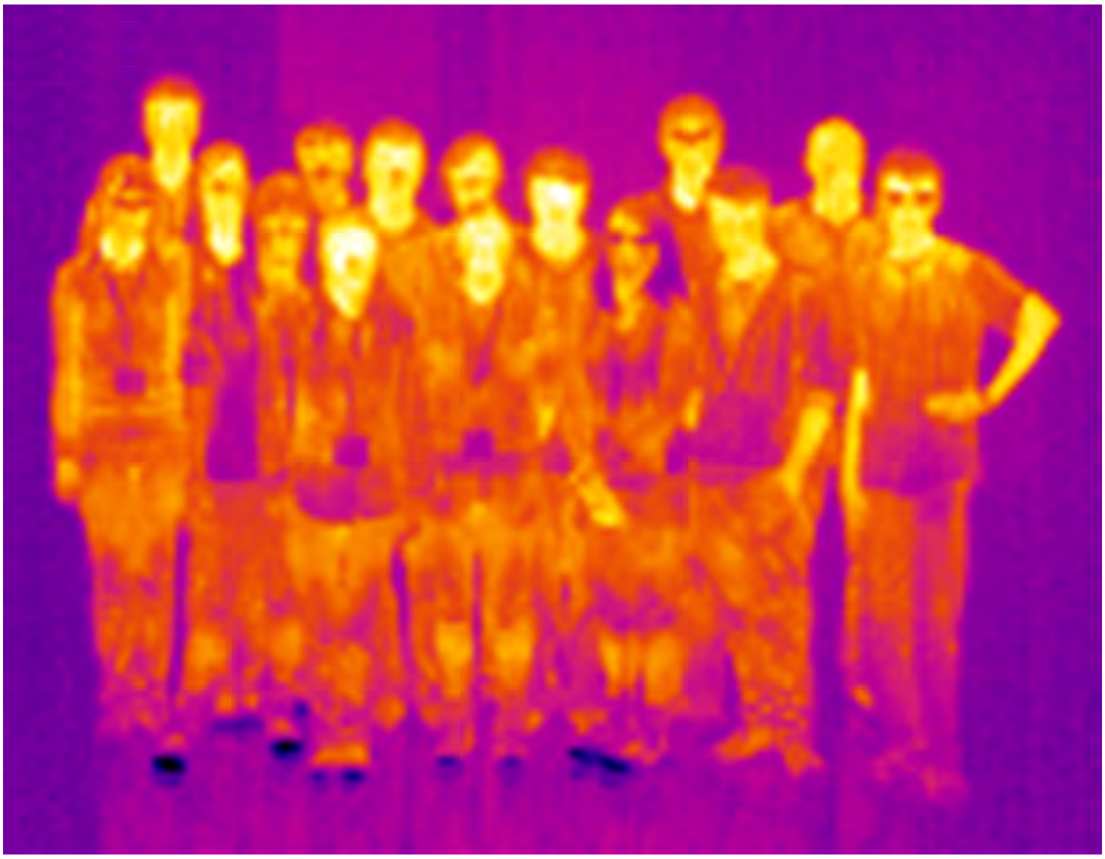
Wir möchten uns herzlich bei Claudia und Werner Gansel bedanken, die uns Patientenmonitore der Firma Philips zur Verfügung stellten. Besonderer Dank gebührt auch Berthold Klein und Lutz Hoffmann des Universitätsklinikums Heidelberg/Klinik für Herzchirurgie/Abt. Kardiotechnik/Abt. Experimentelle Chirurgie, die uns einen unvergesslichen Exkursionstag ermöglichten. Ohne Lutz wäre der Kurs gar nicht erst zustande gekommen, erhielten wir doch von ihm sämtliche Materialen für den Bau des Modells, von den Pumpen über die Schläuche bis zu Klemmen. Berthold Klein beantwortete mit großer Geduld alle Fragen der Teilnehmer und ermöglichte das Gespräch mit einem Herztransplantationspatienten.

PHILIPS

Literatur

- K. Aktories, U. Förstermann, F.B. Hofmann, K. Starke: *Repetitorium Allgemeine und spezielle Pharmokologie und Toxikologie*, Elsevier GmbH München, 2006 (1. Auflage)
- P. Brunn: *Rheologie* aus Microsoft®Encarta®; 2007
- G. Cheers: *Anatomica, Körper und Gesundheit*, TandemVerlag GmbH H.F. Ullmann, 2007
- E. Haus, S. Gross: *Innere Medizin, Band 4* ,Verlag Haus & Gross; 1991
- H. Hildebrandt: *Pschyrembel Klinisches Wörterbuch*, Walter de Gruyter & Co; 1993 (257. Auflage)
- W. Jungbauer (Hrsg.): *Netzwerk Biologie 2*, Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH, Braunschweig; 2005
- T. Karow, R. Lang-Roth: *Allgemeine und Spezielle Pharmakologie und Toxikologie*, Thomas Karow, Pulheim; 2007 (15. Auflage)
- M. Keil (Hrsg.): *BIOS 2*, Westermann Schroedel Diesterweg Schöningh Winklers GmbH, Braunschweig; 2005
- M. Keil (Hrsg.): *BIOS 9-11*, Verlag Moritz Diesterweg GmbH & Co. Frankfurt am Main, 2001
- G. Löffler, P. Petrides (Hrsg.): *Biochemie und Pathobiochemie*, Springer Medizin Verlag Heidelberg, 2003 (7. Auflage)
- R. F. Schmidt (Hrsg.), F. Lang (Hrsg.): *Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie*, Springer Medizin Verlag Heidelberg, 2007 (30. Auflage)
- G. Thews, P. Vaupel: *Vegetative Physiologie*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 2005 (5. Auflage)
- G. Thews, E. Mutschler, P. Vaupel: *Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen*, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart, 1999 (5. Auflage)
- U. Weber (Hrsg.): *Biologie Oberstufe – Gesamtband* Cornelsen Verlag Berlin, 2009 (2. Auflage)
- C. Wendel: *Biologische Grundversuche S I*, Aulis Verlag Deubner & Co KG, Köln; 2002
- http://www.apotheken-umschau.de/Bluthochdruck, 26.10.2011 23:50
- http://www.apotheken-umschau.de/Herzinfarkt, 17.10.2011 19:00
- http://www.apotheken-umschau.de/Niedriger-Blutdruck, 17.10.2011 15:05
- http://www.apotheken-umschau.de/Schlaganfall/, 17.10.2011 15:00
- http://www.chirurgie-portal.de/herzchirurgie/bypass-operation.html, 26.10.2011 23:55
- http://de.wikipedia.org/wiki/Arterielle_Hypotonie, 26.10.2011 23:55
- http://de.wikipedia.org/wiki/Arteriosklerose, 26.10.2011 23:55
- http://de.wikipedia.org/wiki/Blut, 4.9.2011 10:39
- http://de.wikipedia.org/wiki/Hypertonie, 26.10.2011 23:55
- http://de.wikipedia.org/wiki/Lysetherapie, 17.10.2011 19:00
- http://de.wikipedia.org/wiki/Schlaganfall, 15.10.2011 15:00
- http://www.biologieunterricht.info/unterrichtsmaterialien/windkesselfunktion_aorta, 15.10.2011 15:00
- http://www.diabetes-ratgeber.net/Herzinfarkt, 26.10.2011 23:45
- http://www.gesundheitsportal-privat.de/Krankheiten/Herzinfarkt/Therapie, 27.10.2011 0:05
- http://www.kinder-hd-uni.de/bluter1.html, 27.10.2011 0:05
- http://www.patientenleitlinien.de/Bluthochdruck/bluthochdruck.html, 27.10.2011 0:05
- http://www.schlaganfall-netzwerk-heidelberg.de/informationen/folgen-eines-schlaganfalls.html, 27.10.2011 0:00
- http://www.springerlink.com/content/n252682g74n4h175, 15.10.2011 15:00

Kurs 5 – Physik: Durchblick mit Infrarot



Unser Kurs

Christina zeichnete sich besonders durch ihren ausgeprägten Humor und ihre fröhliche Art aus. Sie motivierte die Truppe auf Durststrecken mit ihrem lustigen Wesen, sodass wir gerne mit ihr zusammen arbeiteten und gemeinsam lachten. Ihre Kreativität ließ auch in stressigen Situationen nicht nach, was die „Emissionsgrad-Dose“ bezeugen kann.

Dana Da unser Kursraum jeden Morgen stark nach Kaffee roch, und weil sich unsere Kursleiter strikt weigerten, ihr Kaffee auszuhändigen, litt Dana schnell unter Entzugserscheinungen. So führte auf unserer Exkursion nach Heidelberg ihr erster Weg in einen Starbucks, um dort ihre Sucht zu befriedigen. Aber auch an fachlichen Kenntnissen mangelte es bei ihr nicht und oft hatte sie fördernde Beiträge in den Kurs eingeworfen. Außerdem konnten wir sie als einen sehr liebevollen Menschen kennenlernen.

Julian war durch seine Computerkenntnisse von sowohl Word und Excel, als auch Videoschnitte und Programmierung ein wichtiger Bestandteil des Kurses. Durch sie war er vor allem bei der Dokumentation nicht wegzudenken. Aber auch mit seinem Sinn fürs Praktische war er der Experte für die dynamische Füllstandmessung.

Katharina Still, aber mit unheimlich großem Allgemeinwissen, so lernten wir Katharina kennen. Nicht zuletzt durch ihre kritische Art wurden unsere Präsentationen zu dem, was sie sind. Sie war sehr interessiert an dem Thema und mit großem Eifer dabei.

Lisa Zwar dürfen wir laut ihr nur „Liebes“ über sie schreiben, aber viel anderes könnte man sowieso nicht über sie erzählen. Am Sporttag konnte unsere „Kursälteste“ (jedenfalls von uns Teilnehmern) leider nicht teilnehmen, trotzdem feuerte sie uns voller Elan an, was letztendlich auch einen großen Teil zum ersten Platz beigetragen hat. Sie war immer motiviert und gut gelaunt (jedenfalls, wenn wir nicht gerade an ihrem Erzfeind Nr. 1 arbeiteten: DEM COMPUTER!)

Manuel (kommt aus: „Hier um’s Eck“) Obwohl wir hier von der Außenwelt abgeschnitten waren, war Manuel im Bereich des Sportes immer auf dem aktuellsten Stand. Aber im Kurs brachte er seine eigenen Ideen ein. Er erfand neue Wörter, die man aber gleich verstand. Des weiteren hat er einen starken neidemerischen (oder auf Deutsch: Neudenauer) Dialekt, der viele zum lachen brachte, vor allem die ständige Wiederholung des Wortes „Dingens-Bummens“.

Marco Mit seinem unverwechselbaren horbschen Dialekt hörte man sofort, wenn er mal wieder was zu sagen hatte. Er wusste immer Bescheid über unsere tiefgründige Arbeit in die Welt der Physik. Auch bei der Abschlusspräsentation konnte er prompt Antworten auf Fragen finden, die für so manch eine/n eine wahre Herausforderung dargestellt haben.

Max ist jemand, der es nicht schafft, einen Tag ohne drei für ihn wesentliche Dinge zu überstehen: Elementarer Bestandteil seiner Philosophie sind kartierte Hemden und weiße T-Shirts, ohne die geht gar nichts! Außerdem immer dabei sind ein Kugelschreiber zum „(kreativen) Arbeiten“ und sein iPod. Er brachte uns nicht nur Jumpstyle bei, sondern versprühte stets gute Laune und war immer für einen Witz zu haben.

Paul zeichnete sich vor allem durch seine ironische Art aus, die uns immer wieder aufmunterte, wenn wieder einmal überhaupt nichts funktionierte. Auch am Computer gab er ständig Tipps und kannte sich damit super aus. Seine große Liebe galt den Zauberwürfeln, bei deren Lösung er von den zwei Wochen im Sommer bis zum Doku-Wochenende enorme Geschwindigkeitsfortschritte erzielte.

Teresa war die Zweitjüngste in unserem Kurs. Trotz ihrer schüchternen Art war sie eine treibende Kraft im Kurs und bei den zahlreichen Experimenten. Besonders ihre Brownies wurden von allen sehr bewundert. Auch in der Batik-KüA konnte sie alle von ihrer kreativen Ader überzeugen und mit ihrer Begeisterung anstecken.

Theresa war unser kleines Küken im Kurs. Das lies sie sich allerdings nicht anmerken. Sie brachte uns mit ihrer Art alle zum Lachen und war auch sonst immer gut gelaunt, hilfsbereit und auch sehr zielstrebig (Zitat: „Faulheit ist mein höchstes Gut!“… wir sind da allerdings ganz anderer Meinung ☺. In den Sommerferien zeichnete sie sich vor allem durch ihre riesigen Portionen in der Mensa aus.

Wayne Man könnte denken, Wayne ist alles egal, aber so ist es nicht. Er ist ein sehr guter Teamkamerad. Er bringt immer neue Ideen ein, die zum Thema passend und nützlich sind. Jeder der mit ihm zusammen gearbeitet hat weiß, dass das Arbeiten mit ihm viel mehr Spaß macht. Wayne hat immer gute Laune, die die Umstehenden sehr schnell ansteckt.

Daniela Obwohl sie manchmal ein bisschen verpeilt war, war sie eine hervorragende Korrekturleserin und auch als Schülermentorin Spitze! Man konnte sie sofort für eine neue Idee zur Durchführung eines physikalischen Versuchs begeistern. Sie half dann auch tatkräftig mit. Sie pflegte stets einen guten Kontakt zu uns und motivierte uns auch in den Phasen, in denen gewisse Internet-Portale interessanter erschienen als unsere eigentliche Arbeit.

Jörg Als Prüfungsrichter beim „Bärenzählen“ war Jörg auch außerhalb des Kurses aktiv. Im Kurs wurde er alle zehn Minuten wegen seines großen Wissens gelöchert, blieb aber trotz aller Fragen immer der hilfsbereite und gutmütige Mensch, der ein offenes Ohr für uns hatte.

Matthias Unser Onkel Matthias, der von so manch einem in seiner Abwesenheit „Matze“ genannt wurde, las uns sehr zu unserem Vergnügen jeden Abend eine „Gute-Nacht-Geschichte“ vor. Er war derjenige, der uns immer wieder an unsere eigentliche Arbeit erinnerte und uns mit großer Geduld immer wieder aufs Neue die Sachverhalte der Physik erklärte.

Infrarot – was ist das überhaupt?

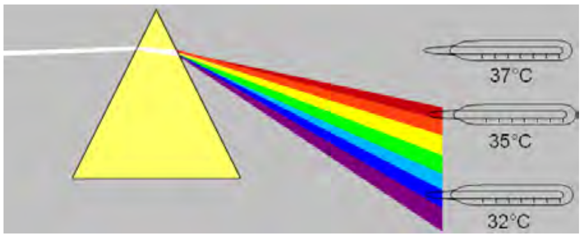
LISA BRANDENBURG

Die Entdeckung der Infrarotstrahlung

Die Infrarotstrahlung wurde im Jahre 1800 von dem deutsch-englischen Astronom und Musiker Friedrich Wilhelm Herschel (1738–1822) entdeckt – und das mehr durch Zufall.

Friedrich Wilhelm Herschel[1]

Um die Energieverteilung des Sonnenlichts zu messen, baute Herschel einen Versuch auf, bei dem Sonnenlicht durch ein Glasprisma fällt und dabei in seine Spektralfarben zerlegt wird. Er positionierte drei Quecksilberthermometer hinter dem Glasprisma, sodass jedes in einer anderen Farbe des Spektrums lag. Angeblich soll er dann eine Teepause eingelegt haben. Als er zurückkam, lag eines der Thermometer außerhalb des Spektrums, da die Sonne weiterwanderte bzw. die Erde sich weiter gedreht hatte. Erstaunt stellte er fest, dass das Thermometer, das nun außerhalb des Spektrums lag, die höchste Temperatur anzeigte. Herschel schloss daraus, dass es neben dem sichtbaren Licht noch einen weiteren Bereich geben muss. Diesen Bereich bezeichnete er als Infrarotbereich.



Herschel-Versuch

Was ist Infrarotstrahlung?

Infrarotstrahlung (IR-Strahlung) ist elektromagnetische Strahlung, die von allen Objekten mit einer Temperatur über dem absoluten Nullpunkt ausgesendet wird. IR-Strahlung ist für das menschliche Auge unsichtbar, aber wir können sie als Wärme spüren, wenn sie auf unsere Haut trifft. Deshalb wird IR-Strahlung auch als Wärmestrahlung bezeichnet.

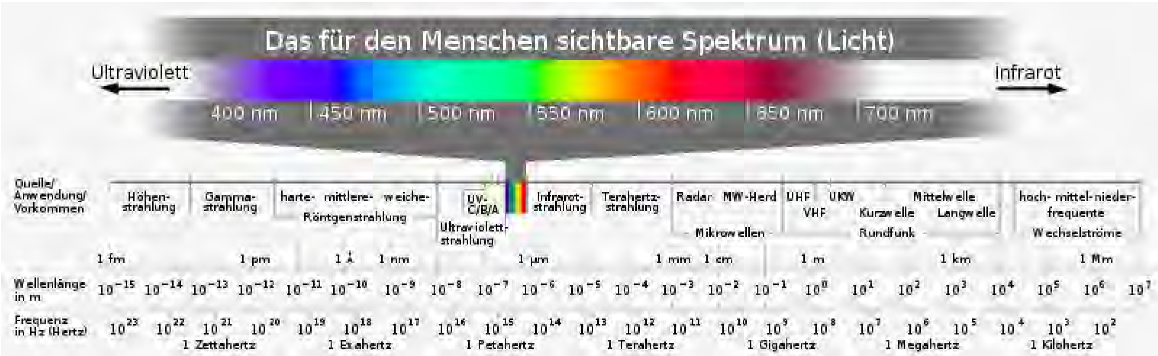
Der Infrarotbereich schließt sich an das rote Ende des sichtbaren Spektrums an. Daher kommt auch die Bezeichnung Infrarot (diesseits von rot).

Der Wellenlängenbereich von Infrarot reicht etwa von 780 Nanometer bis 1 Millimeter. Er wird in drei kleinere Bereiche aufgeteilt:

- das nahe Infrarot (NIR) mit einer Wellenlänge von 0,8 bis 5 Mikrometer
- das mittlere Infrarot (MIR) mit einer Wellenlänge von 5 bis 30 Mikrometer
- das ferne Infrarot (FIR) mit einer Wellenlänge von 30 bis 350 Mikrometer

An den FIR-Bereich schließt sich der Submillimeterbereich an und daran der Mikrowellenbereich.

[1] Quelle: `http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:William_Herschel01.jpg`



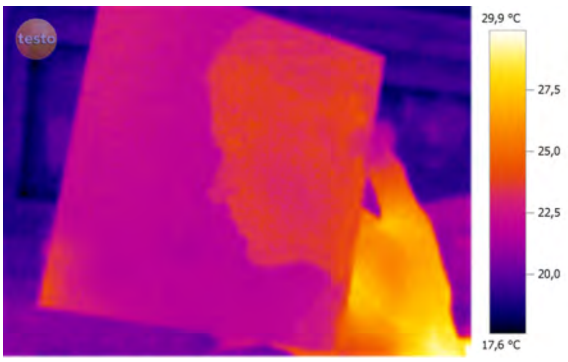
Das elektromagnetische Spektrum[2]

Reflexion/Streuung

Teresa Wang

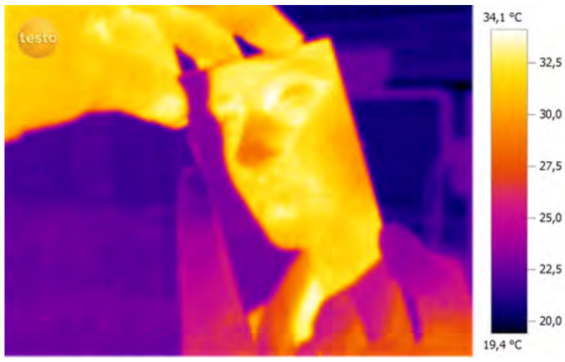
Welche Übereinstimmungen gibt es bei den Eigenschaften der IR-Strahlung und des für uns Menschen sichtbares Lichts? – Das haben wir uns zu Beginn des Kurses gefragt.

Die einfachste Möglichkeit das herauszufinden ist, es einfach auszuprobieren – und genau das haben wir dann gemacht. Zunächst nahmen wir einen normalen Spiegel, also eine mit einem Metallüberzug verspiegelte Glasplatte zur Hand, an der sichtbares Licht bekanntlich sehr gut reflektiert wird. In der untenstehenden Thermographie-Aufnahme ist die reflektierte Person zwar zu erkennen, jedoch lange nicht so deutlich, wie man es bei einem Spiegel kennt.



Ein normaler Glasspiegel reflektiert im Infraroten nur schlecht.

Woran liegt das? Welches Material ist dafür verantwortlich, das Glas oder das Metall? Ein weiterer Versuch half uns, das zu verstehen. Wir untersuchten zuerst eine polierte Metallplatte auf ihre Reflexionseigenschaften. Das Ergebnis: Sowohl sichtbares Licht als auch IR-Strahlung werden sehr gut reflektiert.



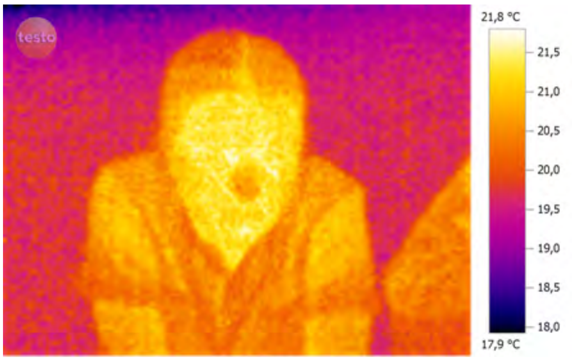
Eine polierte Metallplatte reflektiert sichtbares Licht wie auch im Infraroten.

Wie reagiert Infrarotstrahlung nun aber auf Glas? Die Lösung brachte uns wieder ein Experiment. Wie zu erwarten, ist Glas durchlässig für sichtbares Licht – aber nicht für Infrarotstrahlung! In der Infrarotaufnahme unserer Glasscheibe ist dafür aber eine Reflexion zu erkennen. Daraus lässt sich schließen, dass Glas IR-Strahlung größtenteils absorbiert (aufnimmt) und einen kleinen Rest reflektiert. Das liefert uns die Erklärung für die schlechte Reflexion des Spiegels.

Wie sieht es aber mit Materialien aus, die sichtbares Licht kaum reflektieren? Dazu experimentierten wir mit einer matten Metallplatte. Das Ergebnis erscheint zunächst verblüffend: Durch die Wärmebildkamera lässt sich eine nahezu perfekte Reflexion erkennen. Woran liegt

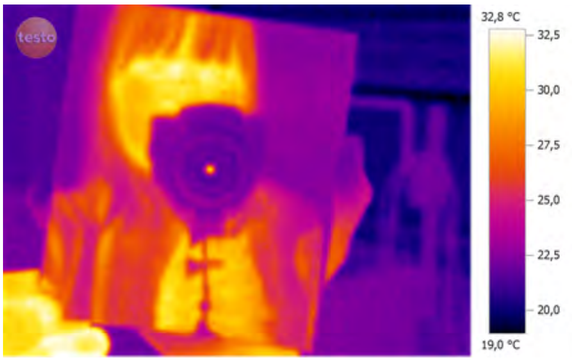
[2] Quelle: Horst Frank/Phrood/Anony
`http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Electromagnetic_spectrum_c.svg`

das? Auch dieses Phänomen lässt sich physikalisch erklären: Die (mikroskopisch gesehen) raue Oberfläche der matten Metallplatte streut das sichtbare Licht in alle Richtungen, es gibt



Man sieht nicht, was sich jenseits der Fensterscheibe befindet, stattdessen sieht man ein schwaches Spiegelbild.

also kaum Reflexion. Die IR-Strahlung hat jedoch eine relativ große Wellenlänge, sodass die „raue“ Oberfläche im Vergleich dazu glatt erscheint und die Lichtwellen reflektiert.



Überraschenderweise ist eine matte Metallplatte ein „Infrarot-Spiegel“.

Das Ergebnis unserer Versuchsreihe lautet also: IR-Strahlung wird nicht immer auf die gleiche Weise wie sichtbares Licht reflektiert, es kommt auf den Absorptionsgrad und die Oberflächenbeschaffenheit des Materials an.

Absorption von Infrarotstrahlung

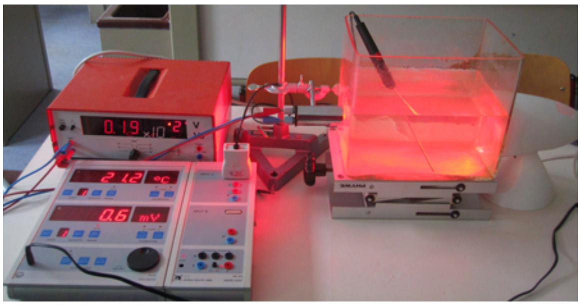
Marco Raible, Manuel Trautmann

Auf unserem Tisch fanden wir ein Wasserbecken und eine Infrarotlampe vor. Die Aufgabe war sehr einfach: Wir sollten uns eine Frage zu diesem „Rohmaterial“ überlegen. Unsere erste Frage war dann auch gleich, welche Materialien wie stark Infrarotstrahlung absorbieren. Dazu benutzten wir das Wasserbecken und ermittelten, wie viel Strahlung von dem Becken absorbiert wird. Für den Versuch bestrahlten wir das Wasserbecken 15 Minuten lang mit einer Infrarotlampe. Dabei wurde das Wasser um 2,5 K wärmer. Bei einer bekannten Masse des Wassers von 4600 g kann man dann mit Hilfe folgender Formel leicht die Energie berechnen, die vom Wasser aufgenommen wurde:

$$\begin{aligned} E_{\text{Wasser}} &= c \cdot m \cdot \Delta\vartheta \\ &= 4{,}16\,\frac{\mathrm{J}}{\mathrm{g\,K}} \cdot 4600\,\mathrm{g} \cdot 2{,}5\,\mathrm{K} \\ &= 48\,100\,\mathrm{J} \end{aligned}$$

Man kann auch errechnen, wie viel Energie die Lampe aufgenommen hatte. Dazu verwendet man diese Formel:

$$\begin{aligned} E_{\text{Lampe}} &= P \cdot t = 100\,\mathrm{W} \cdot 15\,\mathrm{min} \\ &= 90\,000\,\mathrm{J} \end{aligned}$$



Links sieht man den Messverstärker, darunter die Temperaturanzeige. Rechts ist das Wasserbecken, welches durch die Infrarotlampe bestrahlt wird. Links neben dem Becken steht die Thermosäule.

Die Lampe hat 90 000 J Energie aufgenommen, davon absorbierte das Wasser über die Hälfte. Der tatsächliche Absorptionsgrad ist sogar höher, weil die Lampe Energie nicht nur an das Wasser, sondern auch an die Umgebung abgibt.

Denselben Versuch führten wir auch mit einem Plastikgefäß durch. Dieses Mal wurde die Vorderwand des Gefäßes bis zu 67 °C warm, das Wasser erwärmte sich jedoch kaum.

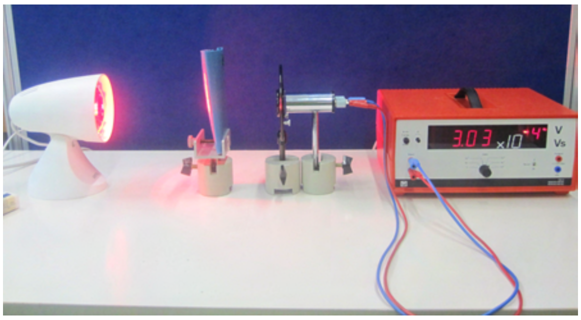
Aus diesen beiden Versuchen könnte man folgern, dass die Ursache für die unterschiedlichen Werte an den Materialien der Wände liegt, weil das Glas eine bessere Wärmeleitfähigkeit besitzt und somit die Energie schneller an das Wasser abgeben kann. Dies lässt sich jedoch mit einem einfachen Versuch widerlegen. Hält man die Hand vor eine eingeschaltete Infrarotlampe, so spürt man die Hitze sehr deutlich. Befindet sich nun bei gleichem Abstand zwischen Hand und Lampe nur das Glas des Gefäßes, so ist die Wärme noch gut spürbar, aber nicht mehr so stark wie vorher. Befindet sich das Gefäß mit Wasser dazwischen, so fühlt man die Wärme so gut wie gar nicht mehr. Hält man hingegen eine Plexiglasscheibe zwischen Lampe und Hand, so fühlt es sich nur wenig warm an. Daraus haben wir geschlossen, dass der größte Teil der Energie vom Wasser absorbiert wird und nicht vom Glas, und beim Versuch mit dem Plexiglasgefäß schon von diesem.

Als nächstes wollten wir den exponentiellen Zusammenhang zwischen der Füllhöhe im Gefäß und der hinter dem Gefäß ankommenden Strahlungsintensität überprüfen. Zuerst versuchten wir es mit der bekannten Glaswanne. Die gemessenen Werte entsprachen jedoch nicht dem erwarteten exponentiellen Zusammenhang. Unsere Vermutung war, dass die Ursache an der gewölbten Glasunterseite liegen muss, die wie eine Art Sammellinse fungierte, und so unsere Werte verfälschte. Deswegen haben wir weitere Messreihen durchgeführt, bei denen wir versuchten, mögliche Fehlerquellen zu eliminieren:

- Mit einem Glaszylinder anstatt des Gefäßes
- Der Glaszylinder wurde mit Aluminiumfolie ausgekleidet.
- Vor die Thermosäule wurde ein Infrarotdurchlassfilter gehalten.
- Der Abstand zwischen Infrarotlampe und Wasseroberfläche blieb unverändert.

Die besten Werte erhielt man, wenn alle Maßnahmen zusammen angewendet wurden. Aber selbst dann gab es starke Abweichungen vom erwarteten Zusammenhang, die wir uns letztendlich nicht erklären konnten.

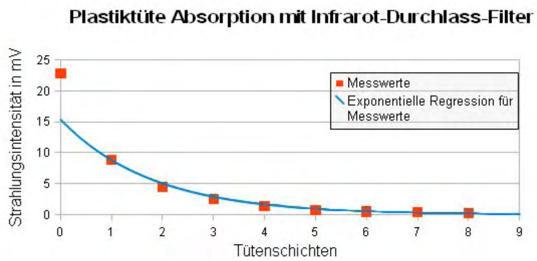
Bei einer Variante des Versuchs wurde der exponentielle Zusammenhang dagegen gut bestätigt:



Der Versuchsaufbau

Die Infrarotlampe wird vor eine Plastiktüte gestellt. Hinter der Plastiktüte steht eine Thermosäule, die mit einem Messverstärker verbunden ist, und vor der noch ein Infrarot-Durchlassfilter steht. Nun misst man die Strahlungsintensität bei einer untreschiedlichen Anzahl von Schichten [doppelt, 3fach, 4fach, n-fach] der Plastiktüte.

Aus diesen Werten erhielten wir folgendes Diagramm:



Die durchgelassene Strahlung in Abhängigkeit von der Schichtdicke

Man erkennt einen schönen exponentiellen Verlauf. Die Messwerte liegen fast alle direkt auf der exponentiellen Ausgleichslinie. Nur der erste Punkt fällt aus der Reihe, da an der ersten Schicht der Plastiktüte Infrarotstrahlung reflektiert bzw. gestreut wird. Dies ist an den weiteren Schichten nicht mehr möglich, da diese dann so eng aneinander liegen, dass sich kaum noch Luft dazwischen befindet.

Wir können daraus jetzt folgendes Fazit ziehen:

- Wasser und Plexiglas absorbieren Infrarotstrahlung sehr stark, Glas und unsere Plastikfolie deutlich geringer.

- Den Zusammenhang zwischen Absorption und Materialdicke kann man exponentiell beschreiben: Verdoppelt man die Materialdicke, halbiert sich die Strahlungsintensität; verdoppelt man die Materialdicke nochmals, ist nur noch 1/4 der Ausgangsstrahlung vorhanden.

Kirchhoffsches Strahlungsgesetz

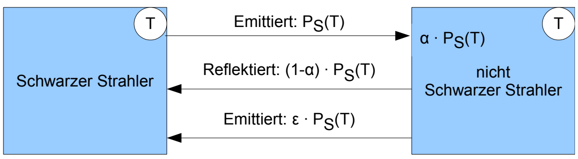
Dana Tran, Katharina Enin

Ein deutscher Physiker namens Gustav Robert Kirchhoff untersuchte 1859 den Zusammenhang zwischen Absorption und Emission von Strahlung.

Um dies besser zu verstehen, führten wir ein Gedankenexperiment durch, welches im Folgenden beschrieben wird.

Ein Objekt, welches sämtliche Strahlung, die auf ihn auftrifft, absorbiert, nennt man „Schwarzer Körper“ oder auch „Schwarzer Strahler“. Sein Absorptionsvermögen α, auch Absorptionsgrad genannt, beträgt 100 %. Es gilt somit $\alpha = 1$, das heißt, es wird keine Strahlung reflektiert oder transmittiert (durchgelassen).

In unserem Gedankenexperiment stellen wir einen Schwarzen Strahler einem Nicht-Schwarzen Strahler gegenüber.



$P_S(T)$ gibt die Strahlungsleistung eines Schwarzen Strahlers bei einer bestimmten Temperatur T an.

Wir berechnen die Strahlungsleistung $P(T)$ des anderen Körpers als Anteil der Leistung des Schwarzen Strahlers:

$$P(T) = \varepsilon \cdot P_S(T)$$

Den Faktor ε nennt man Emissionskoeffizient bzw. Emissionsgrad.

Ein schwarzer Strahler mit $\varepsilon = 1$ und ein nicht schwarzer Strahler mit $\varepsilon \neq 1$, die beide dieselbe Temperatur besitzen, werden gegenüber gestellt.

Der Schwarze Strahler sendet Strahlung mit der Leistung $P_S(T)$ aus. Die vom Schwarzen Strahler emittierte Strahlung trifft auf den Nicht-Schwarzen Strahler, der einen bestimmten Anteil $\alpha \cdot P_S(T)$ der Strahlung absorbiert. Der Rest der Strahlung $(1 - \alpha) \cdot P_S(T)$, welcher vom Nicht-Schwarzen Strahler nicht absorbiert wird, wird reflektiert und anschließend vom Schwarzen Strahler absobiert.

Der nicht-schwarze Strahler emittiert seinerseits die aufgenommene Strahlung $\varepsilon \cdot P_S(T)$, die ebenfalls vom Schwarzen Strahlers absorbiert wird.

Da sich die Temperatur der Körper ja nicht von alleine ändert, gilt folgende Energiebilanz:

$$\begin{aligned} P_S(T) &= (1 - \alpha) \cdot P_S(T) + \varepsilon \cdot P_S(T) \\ 1 &= (1 - \alpha) + \varepsilon \\ \alpha &= \varepsilon \end{aligned}$$

Wie man sieht, ist der Emissionsgrad ε gleich dem Absorptionsgrad α. Daraus folgt: Je besser ein Körper Strahlung absorbiert, umso mehr emittiert er. Je mehr dagegen reflektiert wird, desto weniger wird absorbiert und dementsprechend wird auch weniger emittiert. Daraus folgt aber auch, dass kein Objekt mehr Strahlung emittieren kann als ein Schwarzer Strahler, da das Absorptionsvermögen α und somit auch der Emissionsgrad ε nicht größer als 1 sein können ($\varepsilon \leq 1$).

Der Zusammenhang $\alpha = \varepsilon$ ist auch als Kirchhoffsches Strahlungsgesetz bekannt.

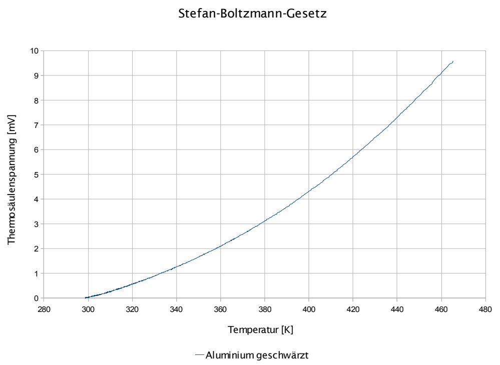
Schwarzer Strahler

Katharina Enin, Dana Tran

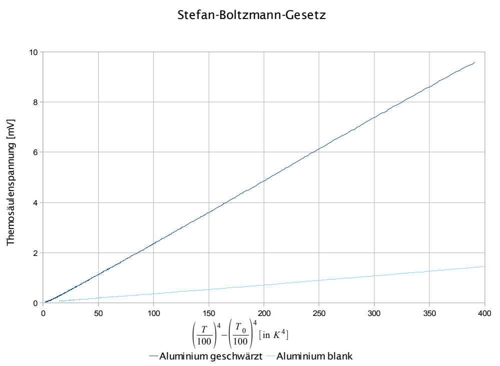
Um die Funktionsweise der Wärmebildkamera zu verstehen, haben wie uns mit folgendem Versuch beschäftigt:

Ein berußtes Aluminiumplättchen wird auf ca. 250 °C erhitzt und auf einen Temperaturfühler aufsteckt. Direkt vor das Plättchen wird eine Thermosäule gestellt. Die an der Thermosäule gemessene Spannung ist ein Maß für die von dem Plättchen ausgesandte Strahlungsleistung. Strahlungsleistung und Temperatur werden von einem Messwerterfassungssystem aufgezeichnet.

In einem Diagramm werden unsere Messergebnisse (Thermosäulenspannung in mV gegen Temperatur in K) eingetragen. Unsere Werte bilden folgende Kurve:



Aus der Theorie weiß man, dass die Strahlungsleistung proportional zur 4. Potenz der Temperatur ist. Um das zu bestätigen, haben wir dieses Mal die Strahlungsleistung gegen die 4. Potenz der Temperatur aufgetragen.



Man sieht, dass sich die Messwerte jetzt auf einer Ursprungsgeraden befinden, d. h. die Strahlungsleistung ist tatsächlich proportional zur 4. Potenz der Temperatur in Kelvin (T_0 ist dabei die Umgebungstemperatur).

Für das blanke Aluminiumplättchen gilt dieses Gesetz ebenfalls. Allerdings strahlt blankes Aluminium weniger stark. Das blanke Aluminiumstückchen emittiert bei gleicher Temperatur weniger Infrarotstrahlung als das geschwärzte Aluminiumstückchen, da das blanke Aluminiumstückchen einen niedrigeren Emissionsgrad hat als das berußte Aluminiumplättchen. Das geschwärzte Aluminiumplättchen gleicht beinahe einem Schwarzen Strahler.

Im obigen Diagramm sieht man, dass das blanke Aluminium nur etwa 15 % des geschwärzten Aluminiums abstrahlt. Der Emissionskoeffizient von blankem Aluminium beträgt nach unserer Messung $\varepsilon = 0,15$ (der Literaturwert ist ε = 0,1–0,4).

Unsere Messung bestätigt somit das Stefan-Boltzmann-Gesetz:

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

P: Strahlungsleistung, σ: Stefan-Boltzmann-Konstante, A: Fläche, T: Temperatur in Kelvin

Nach diesem Gesetz funktioniert eine Wärmebildkamera. Sie wandelt für jedes Pixel die empfangene Strahlungsleistung in einen Spannungswert um und stellt diesen in einer Falschfarbe dar.

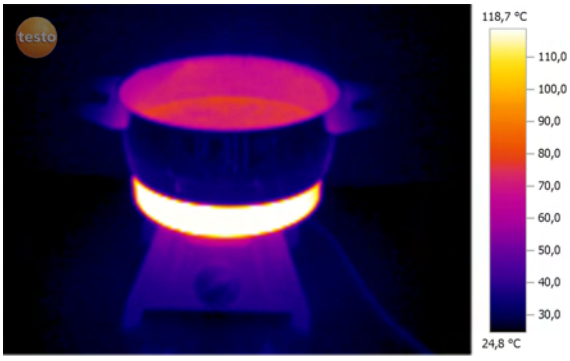
Der Emissionsgrad

Theresa Küchle

Kann man sich immer auf die Temperaturangaben der Wärmebildkamera verlassen? Um das nachzuprüfen, erhitzten wir einen polierten Edelstahl-Topf mit Wasser auf einer Herdplatte.

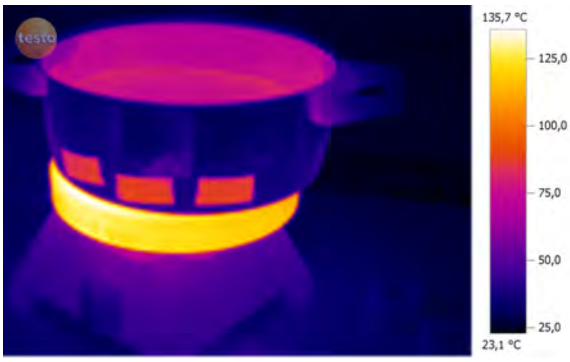
Die Kamera zeigte bei der Herdplatte und beim Wasser sehr hohe Temperaturen an, während sie beim Topf selbst nur Raumtemperatur anzeigte.

Doch wie kann das sein? Kann man einen Topf mit 70 °C heißem Wasser wirklich anfassen, ohne sich zu verbrennen? Wir probierten es natürlich nicht aus, doch das Kontaktthermometer half uns weiter: es zeigte dieselbe Temperatur an wie beim Wasser. Aber was macht die



Warmes Wasser in einem kalten Topf auf einer heißen Herdplatte?

Kamera denn falsch? Um der Sache näher zu kommen, klebten wir etwas normales Klebeband auf die Außenseite des Topfes, und siehe da, die Kamera zeigte bei den Klebebändern eine annähernd richtige Temperatur an.

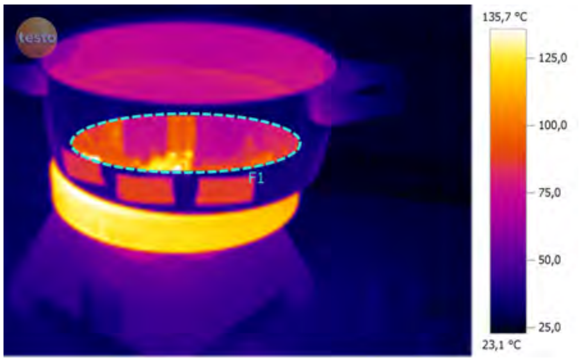


Das Klebeband verrät die wahre Temperatur.

Doch weshalb? Antwort darauf gibt uns der Emissionsgrad, der ein Maß für die Fähigkeit eines Stoffes Infrarotstrahlung auszusenden, ist.

Nur wenige Stoffe transmittieren Strahlung, wie z. B. Plastiktüten, durch die man mit der Wärmebildkamera fast „hindurchsehen" kann, so wie das für uns sichtbare Licht durch eine Fensterscheibe „fällt". Der Stahltopf transmittiert keine Infrarotstrahlung, und reflektiert einen Großteil der Strahlung, weshalb nur ein Bruchteil absorbiert wird. Da der Absorptionsgrad dem Emissionsgrad entspricht, hat der Stahltopf einen sehr geringen Emissionsgrad.

Die meisten Materialien haben einen vergleichsweise hohen Emissionsgrad, weshalb bei der Kamera automatisch ein hoher Wert voreingestellt ist. Bei Oberflächen mit einem kleinen ε wird deshalb eine zu niedrige Temperatur angezeigt. Um dieses Problem zu beheben, kann man z. B. den Emissionsgrad an der Kamera umstellen, was dann aber das ganze Bild betrifft und daher meistens nicht sinnvoll ist, da im Blickfeld der Kamera meist unterschiedliche Gegenstände (Materialien) mit verschiedenen Emissionsgraden sind. Die andere, meist geeignetere Methode ist, den Emissionsgrad für bestimmte Bildbereiche mit einer Software zu korrigieren.



Korrigiert man per Software den Emissionsgrad, stimmt die Temperaturskala wieder.

Man kann auch die Oberfläche des problematischen Objektes so verändern, dass sie kaum noch Strahlung reflektiert, etwa mit einem geeigneten Klebeband.

Anwendungen der Thermographie

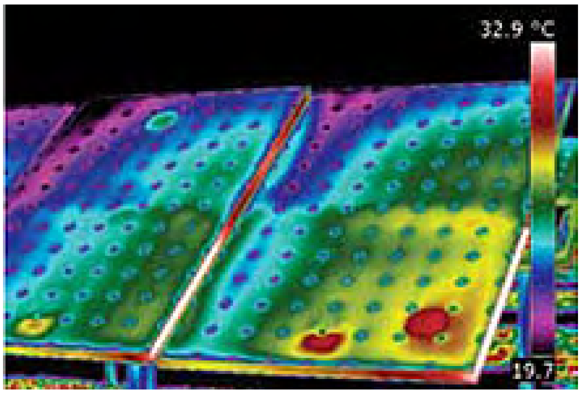
CHRISTINA KLAUDA

Den Begriff Infrarotstrahlung verbindet man vor allem mit Physikunterricht und viel Theorie. In unserem Physikkurs „Durchblick mit Infrarot" lernten wir aber schnell die vielen Anwendungsmöglichkeiten in der Praxis kennen.

Eine davon ist der Einsatz von Wärmebildkameras, wie sie uns von der Firma Testo zur Verfügung gestellt wurden. Wir verwendeten diese größtenteils dazu, Versuche zum Thema Infrarot durchzuführen. Doch auch im Alltag werden die Geräte genutzt. So kann man etwa auf dem Infrarotbild eines Hauses Isolationslücken erkennen. Von diesen Lücken wird mehr Wärmestrahlung ausgesandt, und das wiederum ist auf dem Bild als Farbunterschied erkennbar.

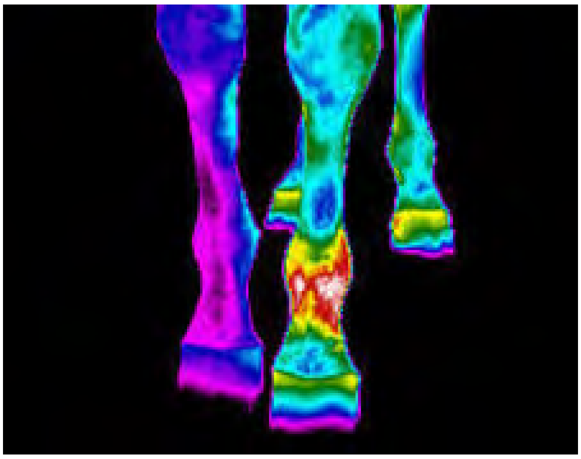
Isolationslücken bei einem Gebäude[3]

Häufig lassen sich defekte Bauteile daran erkennen, dass sie im Betrieb entweder kälter oder wärmer sind als ordnungsgemäß funktionierende Teile. Beispiele sind schadhafte Widerstände, kalte Lötstellen, heißgelaufene Achsen, defekte Bremsen oder wie in der Abbildung eine schadhafte Stelle in einem Photovoltaikmodul.



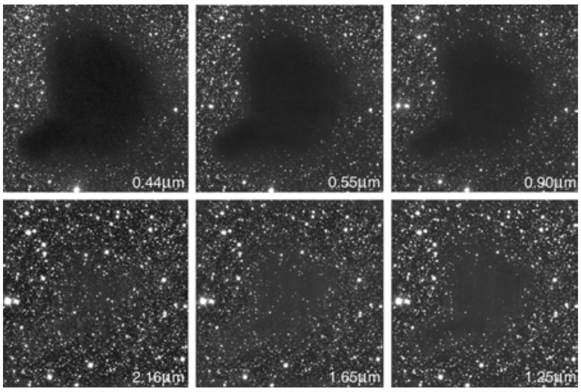
Eine defekte Solarzelle kann im Betrieb erkannt werden[3]

Veterinärmediziner stehen vor dem Problem, dass Tiere nicht sagen können, wo es weh tut. Auf einem Wärmebild kann man entzündete Stellen leicht identifizieren.



Ein entzündetes Gelenk[3]

Aber nicht nur auf der Erde ist die Thermographie hilfreich. Auch in der Raumfahrt und Astronomie ist die Technik heutzutage nicht mehr wegzudenken. Bei unserer Exkursion nach Heidelberg zum Max-Planck-Institut erfuhren wir, wie Astronomen Sterne hinter einer für das sichtbare Licht undurchsichtigen interstellaren Wolken beobachten: Das funktioniert, weil die langwellige Infrarotstrahlung – im Gegensatz zum für uns sichtbaren Licht – von den Teilchen, aus denen die Wolken bestehen, nicht absorbiert wird.



Für Infrarotstrahlung ist eine Dunkelwolke durchsichtig[4]

Füllstandmessung

Wayne Weigel, Max Lutz

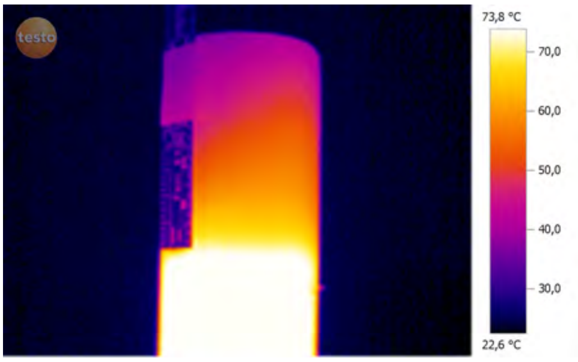
Die Bedeutung der Füllstandmessung mit der Infrarotkamera zeigt sich in ihren Anwendun-

[3] Mit freundlicher Genehmigung der Herzog GmbH, http://www.herzog-systemtechnik.de

[4] Quelle: ESO, http://www.eso.org/public/images/eso9934b

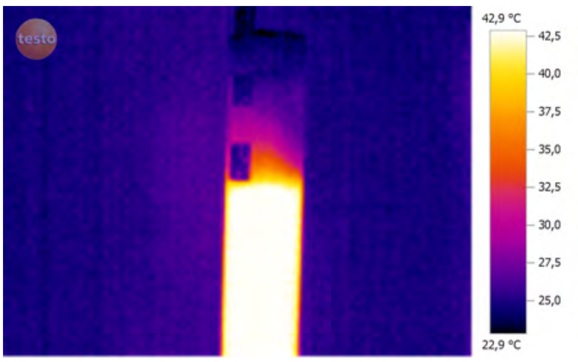
gen: Beispielsweise kann etwa die Polizei den Füllstand eines Tanklasters messen, ohne ein Messgerät fest installieren zu müssen. Eine andere Anwendung wäre die Messung des Füllstands einer explosiven Flüssigkeit in einem Behälter. Dort kann man keine elektrischen Geräte verwenden, da sonst Funken entstehen könnten.

Ob es tatsächlich möglich ist, mit Hilfe einer Wärmebildkamera den genauen Füllstand einer Flüssigkeit in einem geschlossenen Behältnis zu bestimmen, wollten wir in unserem Kurs herausfinden.



Nahaufnahme des Füllstands; links kann man deutlich das Lineal edrkennen, mit dem wir den „wahren Füllstand“ ablesen konnten

Dazu haben wir mehrere Versuche durchgeführt, und letztendlich wurde daraus auch ein Versuch für das Schülerlabor der Firma Testo,

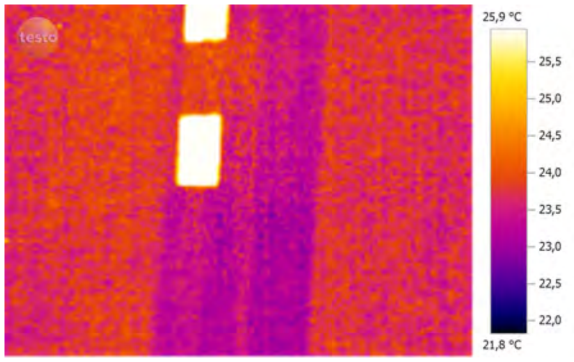


Bei heißem Wasser ist der Füllstand deutlich erkennbar.

die uns netterweise ihre Thermographieausrüstung zur Verfügung gestellt hat.

Hierbei hatten wir zu beachten, dass wir mit der Wärmebildkamera nicht durch das Gefäß hindurchsehen können, vielmehr erfasst diese nur die Oberflächenstrahlung erfasst. In unserem Fall erwärmt Wasser das Gefäß.

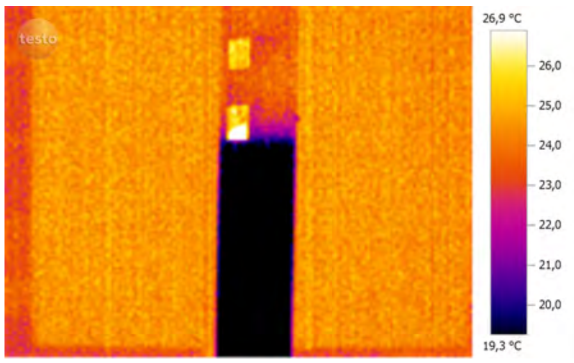
Bei unserem Versuch ging es also um die Frage: Wie groß muss die Differenz der Temperatur des Wssers zur Zimmertemperatur sein?



Versuch bei Zimmertemperatur, also ca. 23 °C; der Füllstand ist nicht erkennbar

Um das herauszufinden, präparierten wir ein Plastikrohr an der Außenseite mit einem Metalllineal. Damit wollten wir später den „wahren Füllstand“ mit dem auf der Wärmebild abgbildeten Füllstand vergleichen. Das Lineal ist auf den Bildern als Rechteck erkennbar, unterbrochen vom Klebeband, mit dem es befestigt wurde.

Als erstes füllten wir das Plastikrohr mit Wasser, das Zimmertemperatur hatte. Anschließend betrachteten wir es mit der Wärmebildkamera, auf deren Bildschirm sich jedoch nur das Rohr und nicht der Füllstand des Wassers erkennen ließ.

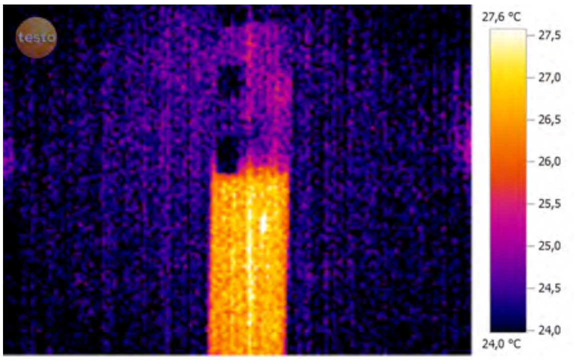


Auch, wenn das Wasser kälter ist als die Umgebung, kann man den Füllstand bestimmen.

Daraufhin erhitzten wir das Wasser auf 40 °C und füllten es wieder in das Plastikrohr. Dieses Mal war auf dem Wärmebild eine klare Temperaturgrenze zu sehen, die dem Füllstand entsprach.

Außerdem konnten wir bei einem weiteren Versuch mit kaltem Wasser (15 °C) feststellen, dass der Füllstand erkennbar ist.

Bei unserem Gefäß kann die Füllstandhöhe also schon bei einer Temperaturabweichung von etwa 2–4 K von der Zimmertemperatur die Füllstandhöhe klar bestimmt werden kann.



Schon bei einer Abweichung von nur 2 K kann man erkennen, wie hoch das Wasser steht.

Versuchsaufbau

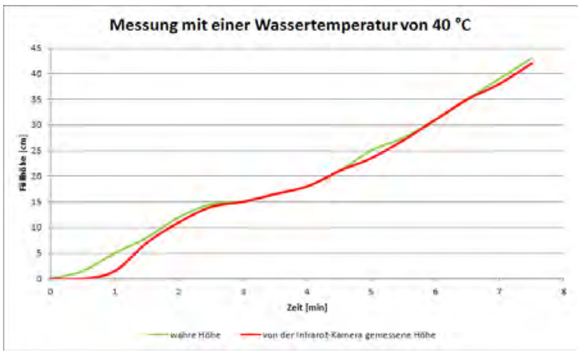
Dynamische Füllstandsmessung

Julian Keller

Wie wir eben erkennen konnten, ist eine Thermographiekamera zur Füllstandsmessung sehr gut geeignet, wenn sich dieser nicht ändert. Was aber, wenn das Gefäß gerade befüllt wird?

Hierzu haben wir einen Versuchsaufbau gewählt, bei dem ein Plastikrohr langsam über einen Schlauch mit heißem Wasser befüllt wurde. Währenddessen wurde mit einer Wärmebildkamera der Firma Testo der aktuelle Füllstand gemessen. Zur Ermittlung des tatsächlichen Füllstands diente ein Ultraschallmessgerät der Firma Endress+Hauser, das gleichzeitig eingesetzt wurde.

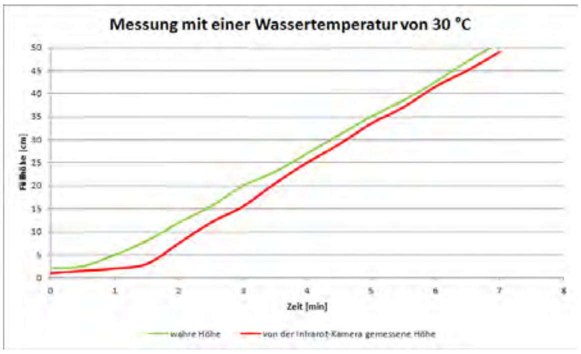
Damit man während das Wasser eingefüllt wurde den „echten" Füllstand mit dem Ergebnis der IR-Kamera vergleichen konnte, haben wir ein kurzes Video erstellt, in dem die Aufnahme der Wärmebildkamera und das Messergebnis-Diagramm des Ultraschallmessgeräts übereinander gelegt wurden. Somit konnte man, während das Wasser eingefüllt wurde, den „echten" Füllstand mit dem Ergebnis der IR-Kamera vergleichen. Das Ergebnis kann man in folgenden Diagrammen erkennen.



Beim ersten Versuch, bei dem die Wassertemperatur 40 °C betrug, waren die Ergebnisse der Wärmebildkamera und des Ultraschallmessgeräts relativ ähnlich.

Um nun zu überprüfen, ob sich dies bei niedrigeren Temperaturen anders verhält, haben wir eine zweite Messung durchgeführt, diesmal betrug die Temperatur des Wassers jedoch nur 30 °C.

Die Ergebnisse haben deutlich gezeigt, dass die



angezeigte Füllstandshöhe der Wärmebildkamera der angezeigten Füllstandshöhe des Ultraschallmessgeräts hinterherhinkt.

Dies ist damit zu begründen, dass die Kamera nicht den Füllstand im Objekt wahrnehmen kann, sondern nur die Oberflächentemperatur ermitteln kann. Diese passt sich jedoch bei geringerer Differenz zur Umgebungstemperatur langsamer an die Temperatur des Wassers an. Folglich dauert es länger, bis die IR-Kamera den Unterschied messen kann.

Fazit

Die Infrarotkamera kann zur dynamischen Füllstandsmessung verwendet werden, jedoch bleibt zeitlich der gemessene Füllstand hinter dem aktuellen Füllstand zurück. Dies kann minimiert werden, indem der Unterschied der Temperatur der Flüssigkeit zur Umgebungstemperatur möglichst groß gehalten wird. Eine Verbesserung kann auch hervorgerufen werden, indem ein Gefäß mit guter Wärmeleitfähigkeit verwendet wird.

Exkursion

Teresa Wang

Einer der Höhepunkte der zwei Akademiewochen war unsere Exkursion. Zunächst besichtigten wir zusammen mit dem Astronomiekurs die Landessternwarte in Heidelberg (nähere Beschreibung im Teil des Astronomiekurses). Anschließend machten wir uns auf den Weg zum Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg.

Dort besichtigten wir zunächst das Büro von Olaf und Cecilia, um einen Einblick in die Arbeit am Institut zu bekommen. Danach bekamen wir einen Vortrag über die Infrarot-Astronomie, was ja sowohl für den Physik- als auch für den Astronomiekurs interessant war. Wir erfuhren, dass die Thermographie in der Astronomie besonders zum „Hineinschauen“ in Dunkelwolken, den Entstehungsorten von neuen Sternen, verwendet wird. Diese Beobachtung kann zum einen mit Teleskopen von der Erde aus erfolgen, zum anderen aber auch aus der Luft innerhalb der Erdatmosphäre (z. B. mit dem SOFIA-Flugzeug) oder direkt im Weltraum durch IR-Satelliten und Teleskope. Dabei ergibt sich im Weltraum allerdings das Problem, dass die Kameras selbst IR-Strahlung emittieren (aussenden). Sie müssen also mit Flüssiggasen gekühlt werden.

Während des Vortrags wurde uns auch erklärt, dass die Kamera durch gleichmäßige Bewegungen über das Objekt viele einzelne Teilbilder als Film aufnimmt, die dann zu einem großen Gesamtbild zusammen gefügt werden. Das faszinierte die meisten von uns besonders.

Nach dem interessanten Vortrag gingen der Physik- und der Astronomiekurs getrennte Wege.

Der Physikkurs blieb am Max-Planck-Institut, um das dortige Physik-Labor zu besichtigen. Da wir die für uns vorbereiteten Experimente zur Thermographie aber schon im Kurs kennengelernt hatten, wurde uns flüssiger Stickstoff vorgeführt. Es löste eine allgemeine Begeisterung aus, die eigene Hand ganz kurz in den ca. $-200\,°\mathrm{C}$ warmen (oder viel mehr kalten) Stoff zu halten. Dabei konnte uns natürlich nichts passieren (vorausgesetzt, man hält die Hand nicht zu lange hinein), da die Hand von einem gasförmigen Stickstoffpolster umgeben wird. Zum Schluss zeigten uns die beiden Wissenschaftler außerdem eine Besonderheit ihres Labors: Es war ein Faradayscher Käfig. Um das zu demonstrieren, schalteten sie ein Radio ein. Sobald die Tür geschlossen wurde, konnten die Radiowellen es nicht mehr erreichen und es verstummte schlagartig. Wenn man sich jedoch einem elektrischen Gerät näherte, setzte aufgrund des elektromagnetischen Feldes ein Piepsen ein.

Im Anschluss an diesen krönenden Abschluss am Max-Planck-Institut ging es per Bus nach Heidelberg, wo wir in kleinen Gruppen die Hauptstraße auf eigene Faust erkundeten. Auf der Rückfahrt im Zug trafen wir dann auf die nicht weniger erschöpften Teilnehmer des Medizinkurses.

Im Kurs

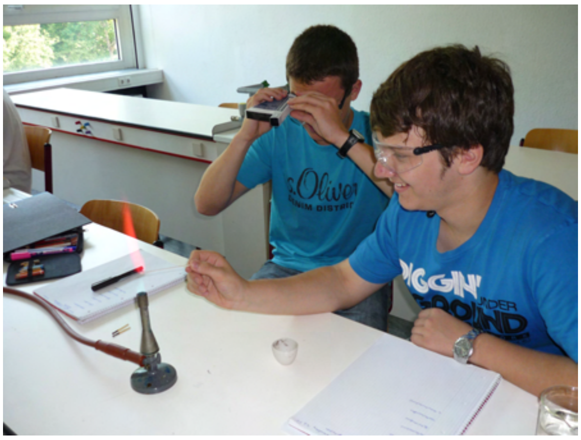
Paul Meehan, Christina Klauda

Es ist 9 Uhr morgens. Aus dem Physikraum duftet es herrlich nach Kaffee. Doch: Der ist nicht für die 12 Kursteilnehmer. Ihr Auftrag: Erstellen von Schülerversuchen für die Messgerätefirma Testo.

Der Physikkurs

Nach kurzer Besprechung der Lage geht die Arbeit der Gruppn weiter. Größtenteils werden am Computer die Messergebnisse ausgewertet und zusammengefasst, doch auch die experimentelle Arbeit kommt nicht zu kurz. Man erkennt den Unterschied zu Schule deutlich: Es herrscht ein lockeres Arbeitsklima, die Kursleiter sind keine „Aufpasser“ sondern Helfer, jeder kann in seinem eigenen Tempo arbeiten, statt starren Versuchsanweisungen zu folgen werden viele Versuche selbst entwickelt und jeder hilft jedem, wo er nur kann.

Nachdem wir die erste Woche hinter uns hatten, fingen wir, wieder in neuen Kleingruppen, an, unsere eigentliche Aufgabe zu bearbeiten: Schülerversuche für die Firma Testo. Während der ersten Woche hatten wir uns mit dem Thema vertraut gemacht und Experimente durchgeführt.



Die experimentelle Arbeit kam nicht zu kurz. . .

Nun waren wir an der Reihe uns selber Experimente zu überlegen.

Teilweise konnten wir Bestandteile der Experimente der ersten Phase übernehmen, aber größtenteils erarbeiteten wir sie selbst.

Auf unserem Tagesplan standen aber natürlich noch andere Dinge als die Arbeit im Physikraum und Klassenzimmer. Zu diesen „Events“ gehörte unter anderem das Sportfest, bei dem wir den ersten Platz belegten; und das nicht nur durch Jörgs Einstellung: „Mein Kurs gewinnt immer!“ Trotz fehlender Hymne für unseren Kurs (zwischenzeitlich hatte sich der Schlachtruf „Zicke Zacke, Zicke Zacke, Hoi, Hoi, Hoi!!!“ eingebürgert) legten wir sowohl beim „Adelsheimer-Bus-Ziehen“ als auch beim „Reifenlauf“ eine tolle Vorstellung hin.

Der Physikkurs beim „Adelsheimer-Bus-Ziehen“

So gewannen wir trotz der geringen Anzahl an Leuten, Lisa als Invalide konnte nur photographieren und Maskottchen sein, einen „gesunden Obstkorb“, der nicht nur Obst enthielt und in den nächsten Tagen für einen rundum glücklichen Kurs sorgte. Davon gründlich und nachhaltig gestärkt, legten wir nach zwei gemeinsamen Wochen am letzten Tag noch vier absolut gelungene Abschlusspräsentationen hin, trotz Lampenfieber und großer Aufregung.

Versuche für das Schülerlabor der Firma Testo

Während der zwei Wochen in der Akademie stellte uns die Firma Testo einige Messgeräte, wie zum Beispiel die Wärmebildkameras und die Kontaktthermometer zur Verfügung. Eines unserer Ziele war es, Versuche für das Schülerlabor der Firma Testo zu entwickeln. Diese Versuche sollen dazu dienen, Schülern der Klassenstufe 7 bis 10 die Grundlagen der Infrarotstrahlung nahezubringen. Die Schüler sollen sich durch Experimente selbstständig erarbeiten, wie eine Wärmebildkamera funktioniert und wofür man sie benutzen kann.

Wir entwickelten fünf Versuche:

1. Bestimmung des Emissionsgrads ausgewählter Oberflächen
2. Der Zusammenhang zwischen Emission und Reflexion
3. Lambert-Strahler
4. Temperaturabhängige Füllstandmessung
5. Absorption von IR-Strahlung

Zu den Versuchen bereiteten wir Arbeitsblätter für die Schüler sowie Informationen für die Lehrer mit einer Beispielauswertung vor. Auf den folgenden Seiten ist ein Beispiel abgedruckt.

Danksagung

Unser Dank gilt den Firmen Testo und Endress+Hauser für die vielfältige Unterstützung unseres Kurses. Ebenfalls danken möchten wir Dr. Cecilia Scorza und PD Dr. Olaf Fischer vom Haus der Astronomie, deren Experimentierkoffer[a] zum Thema Infrarotstrahlung wir einzelne Versuche, aber auch Anregungen entnahmen, und die uns den spannenden Besuch der Sternwarte und des MPI für Astronomie in Heidelberg ermöglichten.

[a] Scorza, C. & Fischer, O.: Handbuch „SOFIAs unsichtbares Weltall entdecken“ (Handbuch zum Experimentierkoffer mit 20 Infrarot-Experimenten), Publikation des Deutschen SOFIA Institutes 2011

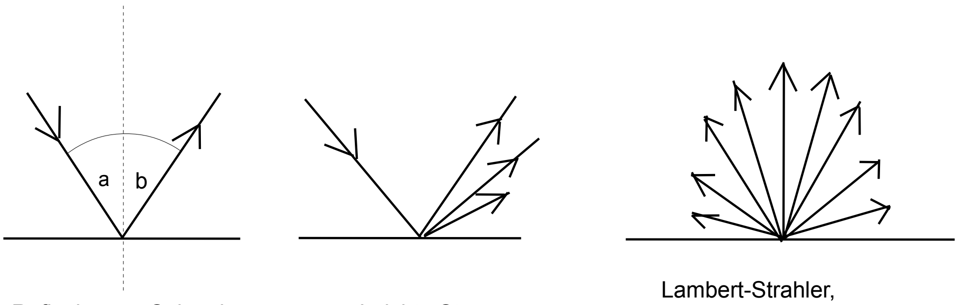
Versuch 3: Lambert-Strahler

Fragestellung

Wie verhalten sich unterschiedliche Materialen in Bezug auf Streuung und Reflexion von Infrarot?

Einleitung

Viele Materialien spiegeln Strahlung oder streuen sie nur leicht. Es gibt aber auch andere Materialien, welche Strahlung in jede Richtung streuen. Solche Materialien nennt man Lambert-Strahler.
Dabei sollte es keine Rolle spielen, aus welchem Winkel die Strahlung auf das Material trifft.



Reflexion am Spiegel | Leichte Streuung | Lambert-Strahler, streut Strahlung unabhängig vom Einstrahlwinkel

Bei diesem Versuch untersuchen wir verschiedene Objekte daraufhin, ob sie Infrarot-Strahlung eher reflektieren oder streuen.

Material

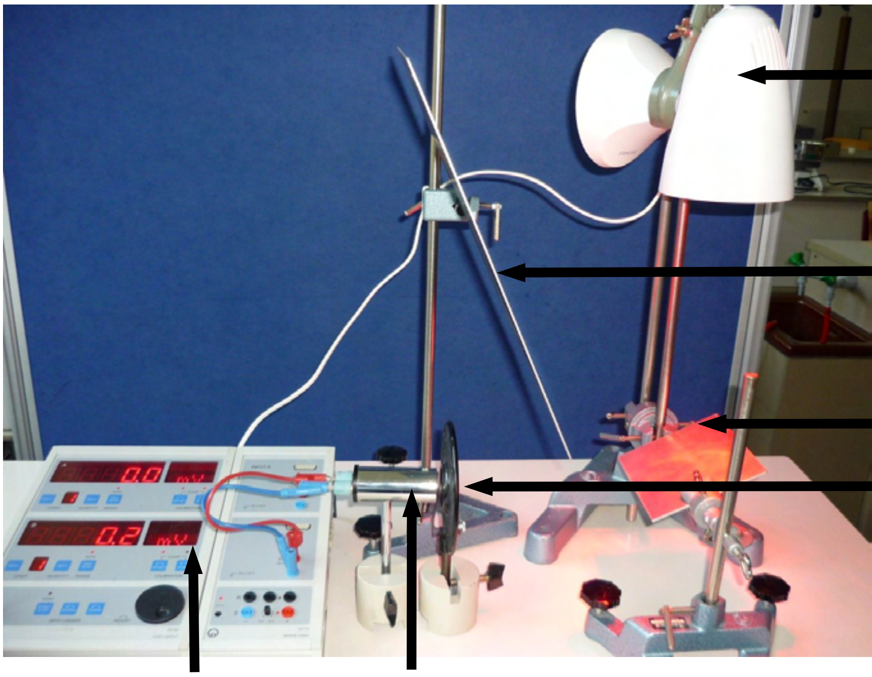
- mehrere Stative
- Infrarot-Lampe
- Infrarot-Filter
- dünne Platte mit Griff
- Thermosäule
- Messverstärker oder computerunterstützte Messwerterfassung (z. B. Cassy von der Firma Leybold®)
- verschiedene Materialien zum Testen

Versuchsaufbau

1. Schließt die Thermosäule mithilfe der Kabel an den Messverstärker an. Stellt den Infrarot-Filter vor die Thermosäule. Führt am Messverstärker eine Nullpunkts-Kompensation durch.
2. Spannt das zu testende Material in die Drehmuffe und befestigt diese im 30°-Winkel auf Höhe der Thermosäule.

3. Nehmt ein anderes Stativ und spannt darin die Infrarot-Lampe in einer Drehmuffe ein. Dabei solltet ihr beachten, dass die Lampe drehbar ist und dass sie beim Drehen immer den gleichen Abstand zum Testobjekt hat.
4. Die Lampe leuchtet auch direkt in die Thermosäule und verfälscht somit die Messung. Die Platte dient zur Vermeidung von Messungenauigkeiten. Deshalb spannt ihr die Platte zwischen Infrarot-Lampe und Thermosäule als Abschirmung wie das Bild oben zeigt.

Durchführung des Versuches

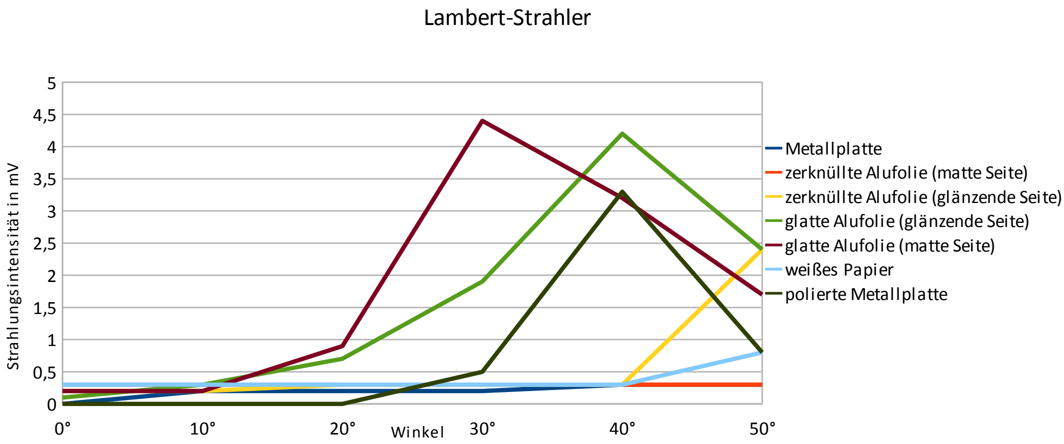


1. Nehmt die Metallplatte (s. o.) und spannt sie wie oben bereits beschrieben in das Stativ ein.
2. Schaltet die Infrarot-Lampe an.
3. Notiert euch die Strahlungsintensität, die der Messverstärker anzeigt, in der dafür vorgesehenen Tabelle auf der nächsten Seite.
4. Dreht die Lampe anschließend vorsichtig (!) mit der Drehmuffe in 10°-Schritten. Der Abstand zwischen Testobjekt und Lampe sollte dabei gleich bleiben.
5. Tragt jeweils die gemessene Spannung in die Tabelle ein. Andere Materialien könnt ihr testen, indem ihr beispielsweise die Metallplatte nehmt und diese mit Alufolie bespannt.
6. Erstellt jeweils ein Diagramm, bei dem die Spannung der Thermosäule gegen den Winkel aufgetragen ist.
7. Was stellt ihr fest? - Welches Material ist als Lambert-Strahler gut geeignet?

Information für Lehrer

Das Diagramm können die Schüler auch mit einer Tabellenkalkulationssoftware erstellen.

Beispielauswertung



Aus dem Diagramm ist ersichtlich, dass weißes Papier, die Metallplatte und die matte Seite zerknüllter Alufolie als Lambert-Strahler am besten geeignet sind. Sie streuen die Infrarot-Strahlung aus jedem Einfallswinkel gleich stark, so wie ein Lambert-Strahler es tun sollte.
Dass der letzte Wert höher ist als die Vorherigen liegt daran, dass die Lampe trotz der Abschirmung schon ziemlich direkt in die Thermosäule hinein strahlt.
Die glatte Alufolie und die polierte Metallplatte wirken wie Spiegel, welche die Strahlung nur reflektieren. Es gilt: Einfallswinkel gleich Ausfallswinkel. Somit sieht man im Diagramm im mittleren Bereich einen Peak. Die unterschiedliche Lage der Peaks führt daher, dass die Testobjekte nicht exakt im selben Winkel eingespannt waren.

Kursübergreifende Angebote und weitere Veranstaltungen

Adelsheim – Unsere Bühne

Sharina Kimura, Carolin Schreyeck, Leon Schmid

Eines der aufwendigsten kursübergreifenden Angebote, kurz KüA genannt, war dieses Jahr die Theater-KüA; denn nur mit viel Fleiß und der Opferung fast jeder freien Minute konnte innerhalb der 14 Tage dauernden Akademie ein komplett bühnenreifes Stück auf die Beine gestellt werden.

Das Interesse hierfür war bei uns größer als erwartet und so kam die KüA auf eine stolze Anzahl von 19 Teilnehmern, was den bisherigen Rekord sprengte.

Sebastian, der Leiter der KüA, zeigte uns gleich am Anfang, auf was es beim Theaterspielen ankommt und dass es alles andere als einfach werden würde, unser Ziel, nämlich die Aufführung eines Theaterstücks am Abschlussabend, zu verwirklichen. Doch wir wollten die Herausforderung annehmen.

Die Ankunft der „alten Dame“ in Güllen.

Was passiert aber, wenn 19 motivierte Teilnehmer versuchen, sich auf ein Stück zu einigen? Eine hitzige Diskussion entflammte und kostete uns fast die gesamte erste KüA-Schiene, bis wir uns auf Friedrich Dürrenmatts „Besuch der alten Dame“ einigten.

In diesem Stück geht es um eine alte Milliardärin, die in ihr verarmtes Heimatdorf zurückkehrt, um sich an einem ihrer Liebhaber zu rächen. Er hatte damals die Vaterschaft zu ihrem Kind geleugnet und soll nun mit dem Leben dafür bezahlen. Die Dame bietet eine Milliarde für das Dorf, wenn ihn jemand umbringen würde und somit Gerechtigkeit herstelle. Anfangs lehnen die Bürger den Antrag ab, doch verschuldet sich das Dorf immer mehr, da auf den Tod des Liebhabers spekuliert wird, bis ihnen schließlich nichts anderes mehr übrig bleibt, als den Mann zu töten.

Nun hatten wir unser Stück ausgewählt, also mussten auch die Rollen vergeben werden. Wir hatten einen Tag Zeit, um 123 Seiten Text zu überfliegen und unsere „Traumrolle“ auszuwählen. Das hört sich nicht nur unmöglich an, es war auch unmöglich. In der nächsten KüA-Schiene bekamen jedoch die meisten ihre Wunschrolle, und die Arbeit konnte endlich beginnen!

Hier die Besetzung der Theater-KüA 2011:

Die Besucher	
Claire Zachanassian:	Laura (1.Akt), Carolin S. (2.Akt), Johanna (3.Akt)
Butlerin:	Sharina
Koby und Loby:	Alicia R., Maurice M.
Toby und Roby:	Lorenz, Sebastian W.
Die Besuchten	
Alfred Ill:	Leon S. (1.Akt), Sophie (2.Akt), Constanze (3.Akt)
Seine Tochter:	Anna (Alicia R.)
Sein Sohn:	Sebastian W.
Bürgermeisterin:	Lalita
Pfarrerin:	Alicia G.
Lehrer:	Leon K.
Ärztin:	Alicia R.
Polizist:	Hannes
Erster bis Vierter:	Viola und Moritz

Die Sonstigen
Bahnhofsvorstand: Lennard
Pfändungsbeamter: Anna (Alicia R.)

Die Lästigen
Pressemann I & II: Lennard
Radioreporter: Maurice M.

Diese Arbeit war hauptsächlich das Lernen des Textes. Weil wir dafür während der Akademie kaum Zeit hatten sah man tagsüber fast überall, egal ob in der Mensa beim Essen, während den Kurspausen, oder abends in den Zimmern jede Menge Schauspieler, die fleißig ihre Texte lernten. In den ersten KüA-Schienen führten wir Textproben durch. Gemeinsam probten wir in Gruppen unsere Dialoge und lernten so, uns aufeinander abzustimmen.

Nach dem Bergfest war es dann soweit: Wir durften zum ersten Mal auf die Bühne!

Zum einen ist es etwas ganz anderes auf der Bühne zu proben, und zum anderen schauten die übrigen Teilnehmer der KüA zu.

Claire und Ill nehmen Abschied im Wald.

Während der Proben bekamen wir von Sebastian alle Einzelheiten erklärt. Wir wussten nun, wann wir wo zu stehen hatten, wie wir unsere Mimik verändern sollten, damit wir authentisch wirkten und wie laut und deutlich wir reden mussten. Zusammen überlegten wir uns ein Bühnenbild, gaben uns gegenseitig Tipps zur Verbesserung und konnten auch über so manche Panne lachen.

Doch was wir alle zwar gewusst, jedoch verdrängt hatten, war: Wir hatten wenig Zeit. Zu wenig Zeit. Wir hatten so wenig Zeit, dass wir auch in der Abend-KüA-Schiene proben mussten und es oft ziemlich spät wurde, bis wir ins LSZUII kamen.

Gegen Ende brach Hektik aus, da noch nicht alles so lief, wie wir es uns vorgestellt hatten. Am Tag vor der Generalprobe war es tatsächlich so extrem, dass fast eine weitere radikale Textkürzung bevorstand. Verärgert darüber, dass wir sowieso schon so viel Text gekürzt hatten und ein Großteil unserer Freizeit während der Akademie in die KüA investiert hatten, wollten wir das Stück natürlich aufführen. Wir versprachen, dass wir uns alle am Riemen reißen würden. Und das taten wir auch.

Audienz bei der „alten Dame“. Gewissensbisse bei Lehrer und Arzt.

An diesem Abend wurde mehr Text gelernt denn je und am nächsten Morgen hörte man beim Frühstück immer wieder Passagen aus der „alten Dame“.

Bei der Generalprobe überraschten wir unsere KüA-Leiter. Sie lief nahezu perfekt, die Souffleusen Daniela und Jana mussten kaum etwas einsagen, und Sebastian war richtig begeistert. Erleichtert und mit neuer Motivation verbesserten wir noch die letzten Stellen und wiederholten die Passagen so lange, bis wir der Aufführung mit Begeisterung entgegensehen konnten.

Leider wurde Anna am Tag vor der Aufführung krank und musste deshalb durch Alicia R. ersetzt werden. Obwohl wir diese Änderung kurzfristig vornahmen, lief unsere Aufführung wie am Schnürchen und wir waren überrascht, wie gefesselt das Publikum von unserem Theaterstück war. „Der Besuch der alten Dame“ war ein voller Erfolg!

Letztendlich waren wir alle einer Meinung: Motivation, Vertrauen, Teamarbeit und Spaß haben uns zusammenwachsen lassen und uns gezeigt, was wir auf die Beine stellen können.

Musik-KüA

Hanna Pillin, Martin Dieterle

Die Musik blieb in unserer Zeit in Adelsheim natürlich auch nicht außen vor, denn unter uns gab es viele Musikfans und Instrumentalisten, die auch während der Science Academy Lust hatten, zu musizieren. Am Eröffnungswochenende trug jeder Musikbegeisterte sich mit seinem Instrument oder dem Wunsch nach einem Chor in eine Liste ein, die Elisabeth und Johannes während der Zeit vor der Akademie auswerteten. „Was gibt es für Instrumente? Reicht es für ein Orchester? Wie wäre es mit einem Chor?“ – all das waren Fragen, mit denen wir uns zusammen mit Elisabeth und Johannes im Vorfeld der Sommerakademie beschäftigt haben.

Als die Sommerakademie dann startete, hatten viele Kästen mit ihren Instrumenten dabei, bereit, um etwas einzustudieren und dann hoffentlich auch an einem Hausmusikabend aufzuführen. Die Musik KüA fand sowohl in der ersten Schiene (13.45–15.45 Uhr) mit Chor und Orchester(teilweise auch Body Percussion), als auch in der zweiten Schiene (20.00–21.00 Uhr) mit den Ensembles, die sich gefunden hatten, statt. Am ersten Tag trafen sich alle, die im Orchester mitspielen wollten. Zugegeben, es war eine etwas magere Besetzung, aber Johannes hat uns unser Wunschstück „Fluch der Karibik“ passend arrangiert und wir konnten mit dem Proben beginnen. Das Orchester probte meistens bis 14.45 und danach konnte man entweder selbst für sich ein wenig üben, oder im Chor von Elisabeth mitsingen. Abends fanden sich einige Ensembles zusammen, die dann auch fleißig Stücke sortierten, auswählten und einübten.

Man lernte sich in der Musik KüA besser kennen, unterhielt sich über musische Tätigkeiten im Privatleben, ... Nach einigen erfolgreichen Proben brachte uns Elisabeth noch ein zweites Orchesterstück mit. Eine Gigue von Georg Friedrich Telemann, die wir dann auch sofort anspielten. Ein schönes Stück war das, mit einer Melodie, die sich im Nu in unsere Köpfe gewunden hatte und uns viel Spaß am Spielen bereitete. Jetzt gingen die Orchesterproben meist etwas länger, da sich der hauseigene Chor aufgrund zu niedriger Besetzung nicht länger aufrecht erhalten konnte. Anstatt des Chores wurde nach den Proben des Orchesters eine Body Percussion KüA von Elisabeth im Plenum angeboten.

Auch in unseren Ensembles kamen wir gut voran, um einen schönen Hausmusikabend zu füllen. Es entstand eine Band, die immer in der Mittagspause probte. Außerdem hatten sich viele kleinere Ensembles gebildet, die ebenfalls in den Abend-KüAs fleißig probten. Auch im Orchester kamen wir gut voran, wir waren bereits am Ausfeilen von Tempo und Ausdruck. Nun konnte ja nichts mehr schief gehen, um einen gelungenen Hausmusikabend auf die Beine zu stellen. Und für uns alle war das ein großer Kairos-Moment, wir packten die Gelegenheit beim Schopfe und probten zusammen mit anderen tollen Musikern Stücke, die wir dann sogar aufführen würden.

Unser besonderer Dank gilt Elisabeth und Johannes, ohne deren Engagement und Hilfe wir niemals so tolle Musik hätten zum Besten geben können!

Sport

Luca Ambrosy und Wayne Weigel

Was auch bei der diesjährigen Science Academy auf gar keinen Fall als Bestandteil der mittaglichen KüA-Schiene fehlen durfte, war die Sport-KüA. Für unsere „Sportbeauftragte" Valentina ging die Arbeit schon früh morgens los, während sich andere Mitarbeiter gerade erst den Schlaf aus den Augen gerieben hatten, bzw. noch in der Decke eingewickelt vom Frühstück träumten. Gibt es etwas Schöneres, als um 7.00 Uhr zwanzig bis dreißig Minuten lang im Wald herumzulaufen und Frühsport zu treiben? Für die Teilnehmer der Jogging-KüA ein klares NEIN, auch wenn das bei anderen Teilnehmern oft zu verständnislosem Kopfschütteln führte. Täglich trafen sich die motivierten Sportler, denen selbst Kälte, Wind und leichter Regen nichts ausmachte, zur Jogging-Runde im Eckenbergschen Wald. Bei den zwei verschiedenen Routen zu je 3 und 5 Kilometern war für jeden etwas dabei. Doch Achtung, das Jogging-Fieber scheint ansteckend zu sein! In Windeseile verbreitete sich das „Virus" und die Teilnehmerzahl schwankte zwischen sechs und bis zu 20 Personen!

Die eigentliche Sport-KüA fand aber erst mittags statt. Mit beträchtlich höheren Teilnehmerzahlen wurden die verschiedensten Sportarten durchgeführt – von Basketball bis hin zu Baseball. Von Volleyball bis hin zu Tennis und immer waren alle mit vollem Ehrgeiz dabei (naja zumindest fast immer). Was natürlich auch nicht fehlte, war Fußball. Eine Neuheit für die meisten war jedoch das „Tschoukball", eine relativ junge Sportart mit einer rasanten Spielweise. Dabei spielen zwei Teams gegeneinander auf einem Feld, das etwa so groß ist wie ein Handballfeld. Die Besonderheit ist, dass man nicht auf Tore spielt, sondern auf trampolinartige Netze. Ziel ist es, den Ball so auf das Netz zu werfen, dass er zurück springt und in der gegnerischen Hälfte aufkommt. Dabei darf die Abwehr das angreifende Team nicht stören. Ihr einziges Ziel dabei ist es, sich so zu positionieren, dass man den zurückspringenden Ball fängt, um dann möglichst schnell einen Konter einzuleiten. Nach anfänglichen Schwierigkeiten begriffen dann alle das Spielprinzip und man lieferte sich ein heiß umkämpftes Match, wobei der Spaß nie zu kurz kam.

Insgesamt hatten wir also was den Sport anging ein volles Programm und wirklich jeder kam auf seine Kosten. An dieser Stelle ein riesiges Dankeschön an Valentina und Nico, die uns ein solch vielfältiges Programm geboten haben.

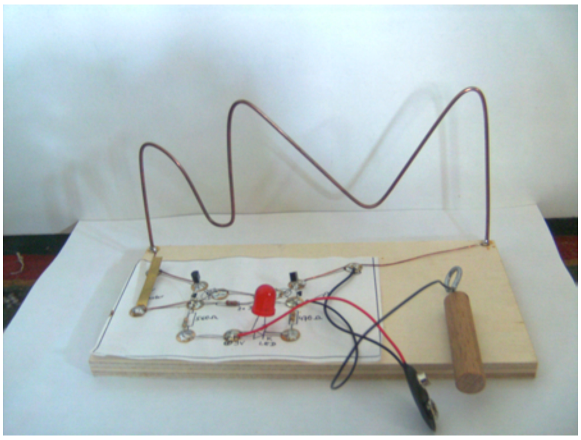
Physik

Jothini Sritharan

Die Physik-KüA wurde mehrere Male unter der Leitung von Hans Geerds, dem Physik Lehrer des Eckenberg-Gymnasiums, angeboten. Die Physik-KüA war unter den Teilnehmern sehr begehrt und innerhalb von wenigen Sekunden waren die 10 freien Plätze bereits vergeben.

Heißer Draht

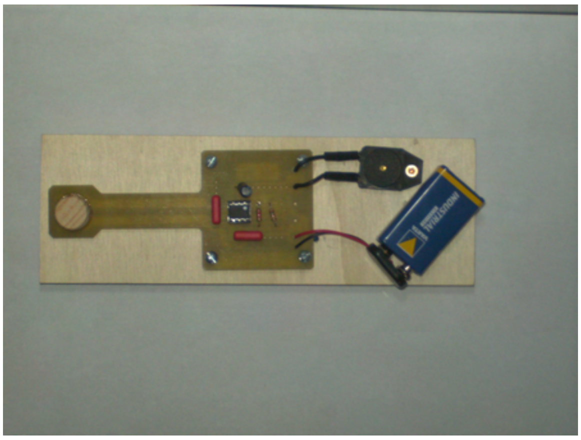
In der ersten Physik-KüA konnten wir einen „Heißen Draht" bauen. Es handelt sich hierbei um ein Geschicklichkeitsspiel, bei dem man einen Metallhaken entlang einer Metallbahn führen muss, ohne mit ihm in Berührung zu kommen. Wenn das passieren sollte, leuchtet die Lampe auf, weil so der Stromkreis geschlossen wird.



Da wir noch alle recht unerfahren beim Löten waren, bekamen wir eine kleine Einführung. Mit gegenseitiger Hilfe konnten wir dann die Schaltung nachbauen und gleich daran testen, ob wir eine ruhige Hand haben.

Morsegerät

Am Anfang der KüA bekamen wir einige interessante Informationen über das Morsealphabet und die Geschichte des Funks. Anschließend löteten wir die bereitgelegten Bauteile mit Hilfe der Bauanleitung auf der Platine fest. Den Lautsprecher und die Platine befestigten wir dann mit Schrauben an einer Holzplatte. Zum Schluss versuchten wir uns noch gegenseitig unsere Namen zu funken, was ohne Morsetabelle unmöglich gewesen wäre.



Fuchsjagd

Die Fuchsjagd war ein Angebot, das im Freien statt fand. Herr Geerds hat zuvor vier Peilsender, die die Füchse darstellen sollen, auf dem ganzen Akademiegelände versteckt. Jedes Zweierteam wurde mit einem Peilempfänger und einer Geländekarte ausgerüstet und in verschiedenen Zeitabschnitten wurden die Teams dann nacheinander losgeschickt. Das Ganze funktionierte wie folgt: Die verschiedenen Peilsender senden verschiedene Morsecodes aus, damit man sie voneinander unterscheiden kann. Den Peilempfänger musste man durch Ausprobieren auf eine bestimmte Frequenz einstellen, um einen bestimmten „Fuchs“ zu hören. Durch die verändernde Lautstärke beim Drehen des Peilempfängers konnten wir die Richtung des „Fuchs“ erkennen.

Nach einer spannenden Jagd kehrten alle wieder gesund zurück und bekamen eine kleine Belohnung.

Auch wenn es wegen des großen Andrangs nicht möglich war, alle Angebote zu besuchen, bereitete den Teilnehmern sowohl das Bauen als auch das Testen des Gebauten große Freude.

Zeitungs-KüA

André Pfob

Wem der allmorgendliche Stress bei der Jogging KüA zu viel war und der doch auch am Morgen nichts verpassen wollte, war bei uns in der Zeitungs-KüA genau richtig. Das frühe Aufstehen lohnte sich, denn es wurde immer durch frischen Klatsch und Tratsch und natürlich brandheiße News belohnt. Diskussion und Meinungsaustausch zu den neusten Themen der Welt gehörten auch mit dazu. Etwas ganz Besonderes bei uns war auch die Atmosphäre auf unserem Zeitungssofa: manchmal still und nur vom Zeitungsgeraschell unterbrochen, manchmal von Stimmengewirr erfüllt, um Meinungsverschiedenheiten auszutragen oder sich auf interessante Artikel aufmerksam zu machen.

Während wir also in unsere Zeitungen vertieft waren und nach interessanten Neuigkeiten für unsere kleine Morgenrede beim Plenum suchten, tauchten auch die anderen Akademiebewohner nach und nach auf und trotteten zum Frühstück; oder kamen, wenn mal wieder ein Bundesliegaspieltag war, die Treppe heruntergerannt, um außer Atem nach den Ergebnissen zu fragen. Dementsprechend beliebt waren die Zeitungs-KüA und deren Mitglieder, die man immer etwas über aktuelle News fragen konnte und ohne die man sich nicht ganz so isoliert vom Rest der Welt fühlte.

Neben dem harten Kern, der täglich vertreten war, u. a. unsere zwei Leiter Natalie und Dani (herzliches Dankeschön an die beiden, die uns das ermöglicht haben!), gab es auch die „One-Morning-Date“-Gäste, welche ebenfalls stets willkommen waren. Die alten Hasen der Zeitungs-KüA hatten allerdings nach einigen Tagen ihre festen Themengebiete, der Neuzugang musste das nehmen, was übrig blieb …

oder eine gute Überredenskunst haben. Am Ende kam aber stets etwas Gutes heraus, dass dann dem Rest der Akademie im täglichen Plenum präsentiert wurde und deren Wissenshunger stillte … zumindest bis zum nächsten Morgen.

Tanzen

Bastian Boll, Pia Bauspiess

Auch die Tanzbegeisterten der Science Academy 2011 fanden in der abendlichen KüA-Schiene erfüllende Beschäftigung. Petra, Natalie und Patricia legten mit stets frischem Enthusiasmus den Grundstein für das gesellschaftliche gehobene Auftreten der Teilnehmer. So fanden Klassiker des Tanzparketts wie Langsamer Walzer, Foxtrott und Cha Cha Cha bei Anfängern wie Fortgeschrittenen ebenso Anklang wie Disco Fox, Tango, Salsa, Merengue oder Jive. Entgegen unserer Erwartungen war sogar das Zahlenverhältnis von Mädchen und Jungen weitgehend ausgeglichen. Allen Beteiligten, meist zwischen 10 und 30 Akademielern, oft auch inklusive Eileen, Hülya, Lynton und Daniel, die auch mit viel Spaß bei der Sache dabei waren, wurde beinahe jeden Abend eine gute Stunde lang Unterhaltung und kulturelle Beschäftigung geboten. Den lateinamerikanischen Aspekt der KüA bereicherten insbesondere Petra und Cecilia, die sich erfreulicherweise bereiterklärten, die Teilnehmer auch mit der Salsa und der Merengue vertraut zu machen. Das Ambiente war immer freundschaftlich und lustig und es kam des Öfteren vor, dass sich die Tänzer untereinander über die verschiedensten Figuren austauschten, von den anderen lernten und sich auch „im Plenum“ neue Tänze vermittelten (an dieser Stelle ist zu erwähnen, dass man vom Tanzen mit Mikrophon in der Hand absehen sollte!). Außerdem hat sich so im Rahmen der Tanz-KüA auch eine Jumpstyle-Gruppe um Max Lutz gefunden, deren Choreographie wir unter anderem beim Bergfest und am Abschlussabend bewundern durften. Für das alles möchten wir uns herzlich bedanken. Das Tanzen hat uns viel Freude bereitet und der Akademiealltag wäre ohne es sicherlich nicht dasselbe gewesen.

Batik

Jothini Sritharan

Zu dem vielfältigen KüA-Angebot gehörte auch die Batik-KüA, die von Theresa geleitet wurde.

Batiken ist eine aus Indonesien stammende Kunst, bei der man einzelne Teile eines Stoffes abbindet, damit diese beim Färben nicht mit dem Färbemittel in Berührung kommen.

Zu dieser einmaligen KüA trafen sich einige kunstbegeisterte Teilnehmer mit noch weißen T-Shirts oder Stofftaschen. Die verschiedenen Farbbäder standen schon bereit und wir mussten nur noch einige Stoffzipfel bilden und diese fest mit Schnüren umwickeln. An genau diesen Stellen entstehen später die verschiedenen Kringel. Den Stoff haben wir anschließend in das Farbbad getaucht und nach einer kurzen Einwirkzeit in sauberem Wasser ausgewaschen, um so die überschüssige Farbe auszuspülen. Zum Schluss mussten wir nur noch die Schnüre entfernen und konnten die einzigartigen Muster bewundern.

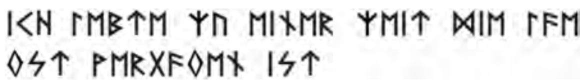
Alte Schriften

Katharina Enin, Giulia Dovico

Die KüA rund um „Alte Schriften“ wurde von der Teilnehmerin Giulia Dovico angeboten und fand zweimal abends im Eckenberg-Gymnasium statt. Neben dem phönizischen hat uns Giulia noch das etruskische Alphabet beigebracht.

Wir erfuren Interssantes über die Phönizier und Etrusker, die in einem Handelsbündnis miteinander standen. Giulia zeigte uns ein Bild in einem Buch, auf dem etruskische Keramik zu sehen war: Die Etrusker hatten den griechischen Stil so gut kopiert, dass wir zuerst dachten, es handle sich um attische Keramik. Giulia schrieb das etruskische Alphabet neben dem phönizischen an die Tafel. Anschließend durften wir sogar etruskische Wörter ins Deutsche übersetzen, was gar nicht so einfach war, schließlich schrieben die Etrusker von rechts nach links.

Dann folgte das Runen-Futhark, was zunächst sehr kompliziert aussah. Richtig interessant wurde es, als Giulia uns einen deutschen Satz in Runenschrift an die Tafel schrieb und wir ihn entziffern mussten. Das hat richtig Spaß gemacht. So sah der Satz ungefähr aus:



Die Übersetzung lautet: Ich lebte zu einer Zeit, die längst vergangen ist.

Überrascht waren wir, als wir erfuhren, dass jeder von uns eine Namensrune besitzt, die etwas über unsere Persönlichkeit aussagt.

Um seine Namensrune zu bestimmen, muss man die Zahlenwerte der Runen, die den eigenen Vor- und Nachnamen bilden, zusammenzählen und die Quersumme der erhaltenen Zahl berechnen. Die Rune mit dem erhaltenen Zahlenwert ist dann die Namensrune.

So ergab sich für den Namen „Katharina Enin“ die Zahl 16 und der Runen-Buchstabe Sowilo („S“), der für die Sonne steht und Giulias Namensrune ist das Wunjo („W“), das für Lebensfreude und Zufriedenheit steht.

Besonders witzig war es, als Giulia einem Jungen verkünden musste, dass seine Namensrune für weibliche Fruchtbarkeit steht. Ob die Namensrune in allen Fällen etwas über die Persönlichkeit aussagen muss, ist dann wohl doch Ansichtssache …

Raketen

Maurice Reichhart

Sssssssssssssssssss … Und die Rakete hob ab in den Himmel, bis kein Wasser mehr darin war und sie auf den Boden fiel. Nun hieß es: Reparaturen vornehmen, Verbesserungen anbauen und warten bis man wieder an der Reihe war das selbstgebaute Flugobjekt zu zünden. So war es in unserer Raketenbau KüA. Wir haben am Anfang alle eine Plastikflasche bekommen und sollten versuchen daraus etwas Flugtaugliches zu bauen. Die Flugobjekte wurden mit Wasser gefüllt und mit einer Pumpe erhöhten wir den Innendruck, sodass unsere Raketen nach dem Start mit einem Zischen abhoben. Dazu hatten wir zudem viele Hilfsmittel wie zum Beispiel Pappe, aus der Finnen wurden. Natürlich waren unsere KüA-Leiter Nico und Lynton immer zur Stelle und gaben uns auch so manchen Tipp. Nach einigen Starts gingen wir ein bisschen auf das Prinzip des Rückstoßes ein und erfuhren so, dass durch den Impuls des Wasserstrahls, der durch den erhöhten Druck aus unseren Flaschen schoss, eben diese losflog. Nach dieser Theorie starteten wir die Flaschenraketen noch einige Male mit einem Luftdruck von FÜNF statt nur drei Bar, wie am Anfang. Das Wasser wurde jedoch nicht nur zum Starten der Raketen benutzt sondern fand auch in einer kleinen Wasserschlacht zwischen unserer Akademieleitungsassistenz Hülya und unserm KüA-Leiter Nico seine Verwendung. Zum Schluss ließen Lynton und Nico noch ihre alte „Mango-Rocket“ starten die eine beträchtliche Höhe erreichte. Es war eine Augenweide und auch sonst hatten wir sehr viel Spaß.

Programmieren in Delphi

Julian Keller

In der KüA „Programmieren in Delphi“, die von Julian Keller angeboten wurde, konnten die Teilnehmer die Grundlagen des Programmierens in der Programmiersprache Delphi erlernen. Hierzu wurde die kostenlose Programmierumgebung „Lazarus“ eingesetzt. Für die KüA standen zwei Stunden zur Verfügung.

Angesprochen waren sowohl Anfänger als auch Interessierte, die schon Programmiererfahrung hatten. Ziel des Kurses war die Erstellung eines kleinen Rechenprogramms. Anschließend hatten die Teilnehmer unter Anleitung die Möglichkeit, eigene Ideen umzusetzen, z. B. in Form eines kleinen Tick-Tack-Toe Spiels.

Das Feedback der Teilnehmer war sehr positiv und sowohl Teilnehmer als auch „Leiter“ der KüA hatten gemeinsam viel Spaß.

Scottland Yard

David Stürner, Bastian Boll

Eine Eilmeldung aus Adelsheim: Mr. X wurde gesichtet.

Nun galt es, ihn aufzuspüren. Dazu fanden sich zwanzig wagemutige Freiwillige während der

Mittags-KüA-Schiene in der Zentrale ein. Nach kurzem Informationsaustausch verteilten sich die Gruppen und begannen in einem adrenalingeladenen Wettstreit mit der Jagd. In kontinuierlichen Abständen bekamen die Teams Informationen bezüglich Tätermerkmalen und Aufenthaltsorten per SMS. Wer Mr. X erspähte, versucht ihn dingfest zu machen und ihm die Codefrage zu stellen: „Bist du aus dem Gefängnis ausgebrochen?“

Bei der Suche war nicht nur das taktische Geschick der Teilnehmer, sondern auch ihre sportliche Gewandtheit und Kondition gefordert.

War eine Gruppe erfolgreich, bekam sie einen Punkt und durfte sich nach kurzer Pause erneut auf die Suche begeben. Doch bis dahin war es ein langer Weg, denn der unbekannte Mr. X und seine zur Ablenkung angeheuerten Komplizen hetzten die Teams listenreich durch ganz Adelsheim. Nach zwei Stunden wilder Verfolgungsmanöver und Beschattungen kamen die Teams völlig ausgepowert zur schlussendlichen Lagebesprechung in die Zentrale zurück.

Diese von den Schülermentoren erdachte Verfolgungsjagt stieß bei allen Teilnehmern auf Begeisterung und bereicherte den oft stressigen Akademiealltag um einen wesentlichen Spaßfaktor. Auch beim zweiten Durchlauf wenige Tage darauf wurde das KüA-Angebot mit großer Begeisterung angenommen und es fand sich sogar ein neuer (und wirklich unbekannter) Mr. X.

Pralinen

Milena Wesemann, Teresa Wang

Bei der Pralinen-KüA führte Jana uns in die Kunst des Pralinenmachens ein.

An einfachen Pralinen wie Schokocrossies oder Nougat-Marzipan Pralinen durften wir dann selbst unser Können versuchen. Jana zeigte uns dabei wichtige Tipps und Tricks, sodass wir sie dann auch selbst zu Hause ausprobieren können.

Das Herstellen der Pralinen, die wir in der Stunde machen durften, war eigentlich gar nicht so schwer. Viel anstrengender erschien es uns, die schokoladigen Kunstwerke einen ganzen Tag zum Festwerden stehen zu lassen. Doch das Warten zahlte sich aus, die Pralinen schmeckten am Ende super lecker!

Schach

Florian Peters

Die Schach-KüA wurde von Marco Raible, Selina Kurtz und mir angeboten und fand zweimal in der Abend-KüA-Schiene statt. Das erste Mal ohne und das zweite Mal mit Schachbrettern. Am zweiten Abend konnte die Schach-KüA in einem der beiden Internatsgebäude in einem Klassenzimmer statt. Dort gab es fünf Schachbretter. Die meisten der sieben Teilnehmer und Teilnehmerinnen spielten einfach nach Lust und Laune gegeneinander Schach. Wer wollte, dem wurden auch ein paar Grundelemente erklärt oder auf gute und schlechte Züge hingewiesen. Es herrschte eine gemütliche Atmosphäre.

Kartenspiel KüA

Sophie Bleuel

Bube, Dame, As – das macht allen Spaß. Unter diesem Motto stand die Kartenspiel-KüA. Hannes Botzet hat sich spontan entschieden, den anderen Teilnehmern Kartenspiele beizubringen. Trotz oder gerade wegen der geringen Anzahl von Interessierten, hatten wir beim Bohnanzaspielen sehr viel Spaß. Daher möchte ich mich ganz herzlich bei Hannes bedanken, dass er so toll die Spielrunden geleitet hat.

Gutenachtgeschichte

Giulia Dovico

Die allabendliche (abgesehen vom Ankunftstag und der Nachtwanderung) Gutenachtgeschichte im Treppenhaus des LSZU II wurde abwechselnd von Matthias und Patricia gelesen. Zuerst las Matthias Grimmsche Märchen: „Bruder Lustig“, „Das blaue Licht“ und „Der Eisenofen“. Außerdem bekam die wachsende Fangemeinde, die auch ziemlich viele Jungs beinhaltete (wer hätte das gedacht?), den Anfang der „Schachnovelle“ von Stefan Zweig vorgelesen. Patricia las aus dem Buch von Horst Evers „Für Eile fehlt mir die Zeit“ lauter witzige Kurzgeschichten vor.

Schon seit dem ersten Mal war die Atmosphäre einfach schön. Kein Geschrei im Treppenhaus konnte die Zuhörenden dauerhaft ablenken und auch wenn das Licht zwischendurch ausging, war das nicht schlimm, denn die Vorleser hatten ihre Taschen- oder Stirnlampen immer dabei. Ganz ruhig war es allerdings nie. Teils, weil die Uninteressierten gerne im zweiten Stock zusammenstanden und redeten, sodass man alles bis hoch ins dritte Stockwerk, unserer Vorlesestelle, hörte; teils, weil wir bisweilen lachten oder bei der Auswahl der Geschichte alle durcheinanderredeten. Vor allem die Kurzgeschichten von Evers sorgten immer wieder für Lacher. Patricia schaffte es, durch eine mannigfaltige Art des Vorlesens den Ich-Erzähler Horst lebendig werden zu lassen. Und Matthias ist der geborene Märchenvorleser. Zu den Grimmschen Märchen passt seine Stimme einfach gut.

Manche Teilnehmer kamen jedes Mal hin, ich gehörte dazu. Aber hin und wieder ließen sich auch Schülermentoren oder die Nachtaufsicht blicken, nicht um zu schimpfen, sondern um zuzuhören.

Obwohl ich zu Hause eigentlich schon seit mindestens zehn Jahren nicht mehr vorgelesen bekomme – und ich denke, das war bei den anderen wohl auch meistens der Fall – wurde mir die Gutenachtgeschichte zu einem Ritual, welches ich am ersten Abend nach der Akademie vermisste. Ich hätte nie gedacht, dass ich mit fünfzehn Jahren Schwierigkeiten habe würde, ohne Gutenachtgeschichte einzuschlafen …

Hausmusikabend

Martin Dieterle

In bester Tradition fand auch in diesem Jahr wieder der Hausmusikabend statt. Eifrig hatten sich die Mitwirkenden in unzähligen Proben während der KüA-Schienen auf das Ereignis vorbereitet.

Schon ganz zu Beginn der Akademie hatte sich abgezeichnet, dass viele motivierte junge Musiker mit ihren Instrumenten angereist waren und Spaß daran gefunden hatten, mit Gleichaltrigen auf hohem Niveau zu musizieren. Neben dem von Elisabeth Bührlen und Johannes Kohlmann ins Leben gerufenen „Adelsheimer Sinfonieorchester“ bildeten sich sehr schnell eine kleine Band sowie mehrere Ensembles. Auch ließen sich einige Solisten dazu überreden, den Hausmusikabend mitzugestalten und zu bereichern.

Violinen, Querflöten, Klarinette, Blockflöte, Saxophon, Tuba, Trompeten, Posaune, Kontrabass, Schlagzeug und Klavier galt es zu einem klangvollen Ganzen zusammenzubringen, wofür das Stück „He’s a pirate“ aus dem berühmten Film „Fluch der Karibik“ geeignet schien. Das von den Deutschen Hans Zimmer und Klaus Badelt komponierte Werk zeigte sich in den Proben als echte Herausforderung – umso größer war aber später die Vorfreude aller auf den Auftritt. Eröffnet wurde das Konzert mit der Gigue aus der Suite Es-Dur von Georg Philipp Telemann – selbstverständlich als Arrangement unseres Dirigenten Johannes.

Nach großzügigem Applaus führte André Pfob den Abend mit einem Solo-Auftritt fort: Am Klavier interpretierte er „River flows in you“ von Yiruma und begeisterte damit das gesamte Publikum. Der 1. Satz von Moritz Moszkowskis „Spanische Tänze“ für Klavier wurde danach von Katharina Börsig und Martin Dieterle vorgetragen. Hannah Pillin (Violine), Lalita Braun (Querflöte), Martin Dieterle (Oboe), Johannes Kohlmann (Fagott), Florian Peters (Kontrabass) und Elisabeth Bührlen (Klavier) brachten anschließend 2 Sätze eines Ensemble-Stückes von Joseph Bodin de Boismortier zur Aufführung. Mit „Moon River“ beeindruckten Pia Bauspieß (Saxophon) und Bastian Boll (Klavier) sowohl die Akademieteilnehmer als auch sämtliche Kursleiter und Mentoren.

Einer der Höhepunkte des Abends ließ nun nicht mehr auf sich warten: Die Akademieband, bestehend aus Manuel Zimmerer (Posaune), Marco Raible (Trompete), Pia Bauspieß (Saxophon), Paul Meehan (Tuba), Martin Dieterle (Schlagzeug), Florian Peters (Kontrabass) und Katharina Börsig (Klavier), brachte mit „Angels“ von Robbie Williams förmlich die Menge zum Toben. Ohne die Bühne überhaupt zu verlassen, sorgte Paul sofort für den nächsten grandiosen Beitrag: Eine eher außergewöhnliche Darbietung, sein Tuba-Solo, sorgte für allgemeine Begeisterung. Der Minutenwalzer von Chopin (Martin Dieterle, Klavier) leitete zum letzten Programmpunkt, dem bereits oben erwähnten Orchesterauftritt „Fluch der Karibik“, über. In voller Länge bewies das gesamte Orchester sein Können und erntete für diese bemerkenswerte Leistung seinen verdienten Applaus. Die von den Zuschauern geforderte Zugabe bestand nochmals aus einigen Ausschnitten des Stückes „He's a pirate“. Nach dem gelungenen Abend wurden alle Mitwirkenden und Zuhörer glücklich und zufrieden in die Abend-KüA-Schiene entlassen.

Besuch eines Astronauten – Prof. Messerschmid trägt vor

Carolin Kimmig, Daniel Kirchhoff

Aufbruch zu neuen Horizonten – aber wie? Darüber klärte uns Herr Prof. Dr. Messerschmid, ein ehemaliger deutscher Astronaut, am 31. August 2011 im Rahmen des Akademievortrags auf. Anwesend waren nicht nur alle 90 Teilnehmer der Akademie, sondern auch viele Bürger von Adelsheim.

Nach den Grußworten von Schulleiter Meinolf Stendebach, Bürgermeister Klaus Gramlich, der Akademieleitung Petra Zachmann und Georg Wilke sowie der Astronomiekursleiterin Cecilia Scorza berichtete Herr Messerschmid von seiner Zeit als Astronaut. Er begann mit der Geschichte der Raum- und besonders der Mondfahrt.

Der Mond fasziniert die Menschen schon seit vielen Jahrtausenden. Schon vor Jahrhunderten gab es Geschichten über einen bemannten Mondflug, am berühmtesten ist Jules Vernes' „Reise um den Mond“ von 1870. Auch wurden im frühen 20. Jahrhundert erste Raketenbauvereine gegründet, in denen sich Hobbyingenieure über ihre selbst gebauten Raketen austauschten. Als dann den Russen mit Sputnik 1957 der erste Raumflug gelang, war klar, dass man nun in den Weltraum expandieren würde. Schon vier Jahre später (1961) flog J. Gagarin als erster Mensch in den Weltraum. Im Frühling desselben Jahres hielt John F. Kennedy die berühmte Rede „Send a Man to the Moon“, in der er eine bemannte Mondlandung bis 1970 forderte, eine Marslandung bis 1980. Das Weltraumprogramm der USA wurde verstärkt gefördert, die Saturn-V-Rakete entwickelt.

1969 war es dann so weit: Zum ersten Mal landete ein Mensch auf einem fremden Himmelkörper, dem Mond. Die ganze Welt war begeistert und mit ihr Herr Prof. Dr. Messerschmid. Währenddessen baute die UdSSR mithilfe der Erfahrung aus den Saljut-Stationen die Raumstation MIR; der Betrieb ist jedoch seit 2000 aus Kostengründen eingestellt. Daher ging noch im selben Jahr die ISS an den Start, an der sich viele Staaten beteiligen.

Abbildung 50: Der Astronomiekurs zusammen mit Herrn Prof. Dr. Messerschmid (Mitte).

Herr Prof. Dr. Messerschmid war der dritte Deutsche im All. Am 30. Oktober 1985 flog er in den Weltraum, um dort eine siebentägige Shuttlemission zu absolvieren. Der Start des Space Shuttles Challenger, das ihn ins All beförderte, fühlte sich an „wie ein achtminütiger Tritt in den Hintern“, da beim Abflug die mehrfache Erdbeschleunigung auf den Körper wirkt. Nach mehreren Minuten Gerüttel war er dann endlich im All. Dort schwenkte das Shuttle mit einer Geschwindigkeit von 8 km/s (28 000 km/h) in die Erdumlaufbahn ein. Während der sieben Tage, die er im All war, führte er über 70 Experimente in der Schwerelosigkeit durch. Dort laufen einige Vorgänge nicht ab, an die man auf der Erde gewöhnt ist, zum Beispiel die Konvektion.

Das Durchführen der Experimente wurde dadurch erschwert, weil die Gegenstände frei im Raum herumschweben. Man muss „dreidimensional suchen“, wenn man etwas verlegt hat, was sehr viel Zeit in Anspruch nimmt. Auch das Schlafen im All erweist sich teilweise als schwierig, da manche Astronauten den Druck der Matratze und der Bettdecke vermissen. Andererseits kann man nur in der Schwerelosigkeit seine optimale Schlafposition finden, da es keine störende Anziehungskraft gibt.

Nach den sieben viel zu schnell vergangenen Tagen stand der Rückflug zur Erde an. Das Space Shuttle trat über Australien in die Erdatmosphäre ein, wodurch es stark abgebremst wurde. Wegen der kleinen Tragflächen „fällt“ das Space Shuttle regelrecht auf die Landebahn herab. Dann werden die Bremsschirme aktiv, die das Shuttle weiter abbremsen. Bis zu 9 g (9fache negative Erdbeschleunigung) wirken während des Bremsvorgangs auf die Astronauten. Der letzte erfolgreiche Flug der Challenger war beendet. Übrigens: Nach seiner Rückkehr schrieb Herr Prof. Dr. Messerschmid mit seinem Kollegen Berndt Feuerbacher das sehr empfehlenswerte Buch „Vom Alltag im All“.

Auf die Frage, ob es Lebewesen auf dem Mars gebe, antwortete er, dass man nicht wisse, ob es dort Leben gebe, aber sich sicher sei, dass es dort welches geben wird – nämlich uns!

Sportfest

Lennard Franz

Das Sportfest war eine willkommene Gelegenheit, die Akademieteilnehmer aus ihrem geistig anspruchsvollen Kursleben rauszureißen und nicht nur die Sportlichkeit der Kursmitglieder, sondern auch den Teamgeist des Kurses auf die Probe zu stellen. Die Kurse durchlaufen dabei verschiedene sportliche Aufgaben, die zu keinen klassisch sportlichen Disziplinen gezählt werden können. Der Kurs, der sich mit viel Schweiß und Blut reingekniet hatte, um den ersten Platz zu erringen, bekam den sagenhaften Preis eines gesunden Obstkorbes, um die Leistungen in Zukunft noch mehr zu steigern. Punkte wurden nicht nur für sportliche Leistung vergeben, sondern auch für den Teamgeist der Kurse. Jeder Kurs hatte ein Anfeuerungsruf, zum Beispiel schrien die Mathematiker: „Knoten Kanten! Knoten Kanten!“. Mit dieser enormen Stimmung hat dann jeder Kurs die sieben Aufgaben mehr oder weniger gut bewältigt.

Der Medizinkurs startete an der ersten Station. Dabei musste jedes Kursmitglied mit drei kleinen Wurfsäckchen in drei verschieden weit entfernte Ringe treffen. An dieser Station war die Treffsicherheit und die Geschicklichkeit der Mediziner gefordert. Diese Aufgabe war nicht unbedingt das größte Erfolgserlebnis, das sie hatten.

Der Logikkurs, zu dem ich gehöre, war währenddessen mit der zweiten Aufgabe beschäftigt. Als wir unseren Schlachtruf rufend an der Station ankamen, war dort zwischen zwei Bäumen ein Spinnennetz aus Absperrbändern gespannt. Wir mussten alle auf eine Seite des Spinnennetzes, so dass wir einzeln durch die Lücken zwischen den Absperrbändern auf die andere Seite gelangen mussten.

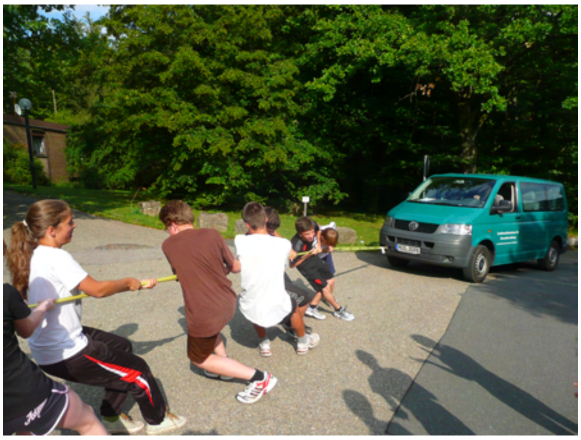
Die Bänder durften nicht berührt werden, während die Zeit gemessen wurde. Ich wurde zum Beispiel durch eine Lücke auf 1,5 Metern Höhe gehoben. Wir hatten nach dieser Aufgabe ein sehr gutes Gefühl, sodass wir noch motivierter, als wir sowieso schon waren, die nächste Aufgabe in Angriff nahmen. Schließlich haben wir einen Ruf zu verlieren.

Der Astronomiekurs war zur gleichen Zeit mit der dritten Aufgabe beschäftigt: Diese forderte, sich Hand an Hand in einer Reihe aufzustellen und einen Reifen, ohne die Hände zu benutzen, weitergeben zu müssen. Wenn der Reifen am Ende der Reihe angekommen ist, musste der Letzte an den Anfang der Reihe rennen und das Spiel ging wieder von vorne los.

Dadurch bewegte sich die Schlange immer weiter nach vorne. Geschafft war die Aufgabe, wenn die Reihe über die Ziellinie gekommen ist. Hier ist Gelenkigkeit gefragt, aber das ist leider ein Fremdwort für die Astronomen.

Der Mathematikkurs gab an der vierten Aufgabe sein Bestes. Auf den ersten Blick scheint die Aufgabe, einen 2 Tonnen schweren Kleinbus ca. hundert Meter einen Berg hochzuziehen, unmöglich. Aber mit Teamgeist konnte es jeder Kurs schaffen. Das war selbst für einen Mathematiker eine Herausforderung. Aber das ist tatsächlich leichter als es sich anhört, denn wenn der Kleinbus erst einmal Schwung hat, geht es fast wie von allein.

Die Physiker versuchten unterdessen die fünfte Aufgabe zu meistern. Sie mussten sich auf zwei Bänken verteilen und dann „Alle meine Entchen“ singen. Das war zwar sehr lustig für die Kursleiter, war aber leider nicht Bestandteil der Aufgabe. Das erfuhren die Physiker erst, nachdem sie gesungen hatten. Die Aufgabe war, sich nach den Nachnamen alphabetisch zu ordnen.



Die Schwierigkeit bestand darin, an seinen Kameraden vorbeizukommen, ohne den Boden zu berühren. Das war gar nicht so einfach, bis mit der Zeit etwas mehr Platz war, weil die Schwerkraft selbst bei den Physikern Wirkung zeigte.

Nachdem mein Kurs und ich alle oben genannten Aufgaben durchlaufen hatte, standen wir vor der sechsten Aufgabe: Teebeutelweitwurf.

Das klingt zunächst einfach – allerdings mussten die Teebeutel mit dem Mund geworfen werden. Eine gute Wurf- oder Spucktechnik war hier das A und O. Je weiter der Teebeutel geworfen wurde, desto mehr Punkte gab es für den Kurs. Komischerweise hat unsere Motivation auch diese Aufgabe überstanden.

Während wir die beste Technik für den Weitwurf der Teebeutel ausgetestet haben, zeigten die Mediziner an der siebten und letzten Aufgabe ihren Ehrgeiz. Beim Drei-Bein-Lauf spielte Kooperation eine große Rolle. Man wurde in Zweiergruppen eingeteilt, und es wurden die mittleren Beine der zwei Kursmitglieder zusammengebunden, sodass man zu zweit drei Beine hatte. Tja, das können nur Absolventen der Science Academy ausgerechnet haben: 2+2=3.

Zu zweit, aber mit drei Beinen, musste man nun den Parcours auf Zeit ablaufen. Für solche Aufgaben muss man gesund sein – ein Kriterium, an dem die Mediziner vielleicht schon scheitern könnten …

Zum Schluss trafen alle Kurse, ob rufend, schreiend, schweigend oder genervt, auf dem Sportplatz zusammen, um den finalen Staffellauf auszutragen: Man musste einen Tennisball mit einem Schläger an das andere Ende des Sportplatzes transportieren und dann den Schläger übergeben. Wenn der Ball herunterfiel, musste man wieder von vorne anfangen. Als wir alle die Startpositionen eingenommen haben, ertönte der Startpfiff und die einzelnen Kursmitglieder sausten an mir nur so vorbei.

Die Spannung war riesig und selbst die Anfeuerungsrufe verstummten dann für eine Weile. Mein Kurs und ich können nicht gerade von Erfolg sprechen: Wir wurden zum Vergnügen der anderen Kurse mit Abstand die Letzten.

Nach diesem Abschlussrennen fieberte jeder dem Bergfest entgegen, weil dort die Ergebnisse bekannt gemacht wurden. Der Medizin-, der-Astronomie-, und der Mathematikkurs teilten sich den dritten Platz. Wir, Logiker, dürfen sehr stolz auf den zweiten Platz sein, denn wir haben unseren allgemein bekannten, nicht sehr sportlich geprägten Ruf gerettet. Die Spitze jedoch belegte der Physikkurs und dieser bekam den Obstkorb. Vielleicht können die Physiker diesen ja ganz gut gebrauchen …

Das Besondere für mich an dem Sportfest war nicht die sportliche Herausforderung, sondern die gute Stimmung und der Teamgeist. Ein wenig war es vielleicht ein Wettbewerb zwischen den Kursen, aber im Großen und Ganzen ging es uns allen um den Spaß und den hatten wir auch.

Rotation

Berit Filges, Maybritt Schillinger

Schon an der Anspannung früh am morgen, merkte man, dass ein wichtiger Tag bevorstand. Selbst während des Frühstücks saßen viele mit Notizzetteln vor den Gesichtern an ihren Tischen und waren teilweise nicht ansprechbar.

Darum versuchten wie alle, unseren Tischnachbarn zu motivieren und zu ermutigen, auch wenn wir selbst noch viel aufgeregter waren. Einige verschwanden recht schnell wieder vom Frühstückstisch und wurden erst später beim Plenum wieder gesichtet. Der Grund für die Aufregung war die bevorstehende sogenannte „Rotation", der Präsentationstag zur Halbzeit der Akademie. Zwar war dieser Tag auch der, an dem wir das Bergfest feiern konnten, aber bis dahin stand uns allen noch ein anstrengender Tag bevor.

Das Ziel der Rotation ist, dass jeder Kurs das Erarbeitete der ersten Woche in der Akademie zusammenfasst und den Teilnehmern der anderen Kurse vorstellt.

Dazu wurde jeder Kurs in fünf kleine Gruppen mit jeweils zwei bis drei Teilnehmern aufgeteilt. Diese Kleingruppen wurden dann so zu großen Gruppen zusammengestellt, dass aus jedem Kurs eine Kleingruppe vertreten war. Die großen Gruppen pendelten nun durch die verschiedenen Kursräume, in denen die jeweilige Kleingruppe die Arbeit ihres Kurses vorstellte. Durch die Rotation erhofften wir uns später hilfreiche Hinweise und Vorschläge für Verbesserungen in Vorbereitung auf die Erarbeitung der Abschlusspräsentationen.

Schon im Vorfeld hatte in allen Kursen emsiges Treiben geherrscht. Unermüdlich hatte man an den Präsentationen gefeilt. Schließlich wollten alle, dass ihr Vortrag interessant, anschaulich und leicht verständlich ist. So wurde eifrig über den Inhalt und die Gliederung der Präsentation diskutiert. Es wurden Folien erstellt und mehrfach überarbeitet, Plakate in kürzester Zeit angefertigt, Modelle aufgebaut und beschriftet, Tafelbilder gemalt, Bilder zusammengesucht, Texte ausformuliert …

Letztendlich hatte man sich innerhalb der Kurse auf die inhaltliche Ausgestaltung der Präsentationen geeinigt und die Vorträge wurden geübt. Bis zum Abendessen waren letzte Änderungen vorgenommen und Verbesserungsvorschläge umgesetzt. Nur einige Kurse waren mit ihrem Ergebnis noch nicht zufrieden und mussten nach dem Abendessen „nachsitzen". Die meisten Teilnehmer der anderen Kurse nutzten den Abend nach der KüA, um übersichtliche Karteikarten zu erstellen. Danach ging jeder seinen Vortrag im Stillen wieder und wieder durch, um ihn am nächsten Tag einwandfrei zu beherrschen.

Am nächsten Vormittag bestaunten wir in unseren Gruppen die Themen und Leistungen der anderen Kurse, die auf ganz unterschiedliche Weise präsentiert wurden. So hatte der Mathekurs, der sich mit dem Thema der Graphentheorie beschäftigte, einige schwere Rätsel für die Zuhörer vorbereitet. Diese waren nur mit Hilfe der Mathekursteilnehmer zu lösen.

Wie nützlich eine Infrarotkamera beim „Versteckspiel" sein konnte, erklärten uns die in diesem Gebiet zu Experten gewordenen Teilnehmer des Physikkurses. Der Logikkurs beeindruckte uns mit viel kompliziertem Fachwissen und sorgte mit seinen logischen Erklärungen für einige Verwirrung. Bei den Astronomen wurden wir in die Weiten des Weltall entführt. Sie stellten uns insbesondere den Mars vor, wobei wir Erdlinge die faszinierenden Bärtierchen kennenlernten. Und an den Blutkreislaufmodellen des Medizinkurses wurde uns mithilfe von „Wasserbomben" gezeigt, wie unsere Aorta funktioniert.

So hatte jeder Kurs auf eigene Art und Weise eine gute Präsentation vorbereitet, und alle Vorträge waren sehr gut gelungen. Zwar merkte man deutlich die Aufregung vor dem eigenen Vortrag, doch das gehört ja bekanntlich dazu. Doch kaum waren die ersten Sätze formuliert, ließ die Nervosität schnell nach und fast jeder stellte sich als Fachmann bzw. Fachfrau auf seinem Gebiet heraus. Am Ende der letzten Vortragsrunde spürten wir vor allem Erleichterung. Wir waren froh, dass alles so glatt über die Bühne gegangen ist. Rückblickend kann man den Tag der Rotation nur als positive Erfahrung bewerten. Sie war eine sehr gute Vorbereitung auf die Abschlusspräsentation am Ende der Science Academy, aber sie stärkte auch unser Selbstbewusstsein. Nach der Rotation und der Abschlusspräsentation wird so gut wie jeder der Akademieteilnehmer viel gelassener und freier in Präsentationen auftreten. Zudem lernten sich die Teilnehmer verschiedener Kurse durch die Durchmischung der Kurse besser kennen und am Ende des Vormittages hatte jeder von uns einen tollen Einblick in die Arbeit der anderen Kurse und deren spannende Themen bekommen und viel Interessantes und Neues erfahren.

Bergfest

Lalita Braun

Wer sich schon vorher über die rätselhafte Erwähnung eines sogenannten „Bergfestes“ auf dem Wochenplan wunderte, freute sich umso mehr, als dieses Rätsel zwei Tage vor dem eingetragenen Termin schließlich gelüftet wurde. Denn das Bergfest sollte vor allem eines werden: Eine Party für alle Teilnehmer, um die Halbzeit der Akademie zu feiern. Aber es wurde nicht auf dem Gipfel eines Berges nach einer quälend anstrengenden Wanderung gefeiert, sondern in der großen Sporthalle des Campus, mit Bühne, Scheinwerfern und allem, was eine gute Feier braucht. Tatsächlich ist der Ausdruck „Bergfest“ eher bildlich gemeint, auf der Spitze eines Berges angekommen, wirft man einen letzten Blick zurück auf den steilen Weg hinter einem und lässt seinen Blick über die Strecke schweifen, die noch vor einem liegt. Im Vordergrund des Ganzen stehen jedoch das Erfolgserlebnis und der Genuss der schönen Aussicht. Genau so sollte es sich auch bei unserer Feier verhalten. Um dies zu verwirklichen bildete sich für das große Ereignis ein Organisationsteam mit rund zwanzig engagierten und kreativen Teilnehmern. Mit dem guten Rat der Leitungsassistentinnen Eileen und Hülya, die uns bei Fragen stets hilfsbereit zu Seite standen, und mit vielen tollen Ideen nahm die Party langsam Gestalt an. Die verschiedenen Bereiche wurden unter den Mitwirkenden aufgeteilt und immer weiter ausgefeit. Dabei mussten vor allem ein Hindernis bewältigt werden: Die Zeit, die alles andere als reichlich vorhanden war, was zum kreativen Improvisieren anregte. Noch bis zum Beginn des Festes um 20 Uhr lief das Vorbereiten auf Hochtouren: Es wurde aufgestuhlt und eine gemütliche Sitzecke vorbereitet, dekoriert, letzte Materialien zusammengesucht und die Technik aufgebaut.

Als sich dann endlich die Halle mit erwartungsvollen Teilnehmern und Mentoren füllte, hieß es „Showtime“ für unser Moderationsteam, Daniel, Laura, unserer „Losfee“ Carolin, und alle anderen Helferinnen und Helfer vor und hinter der Bühne, welches sich für diesen Anlass ein ganz besonderes Motto überlegt hatte: „Schlagt die Großen!“ Nach einer sehr ausführlichen Rede Sebastians, bei der niemand um das Lachen herumkam, traten in einem spannenden und sehr unterhaltsam Wettstreit ausgeloste Teilnehmer gegen das Leitungsteam an: Im Musiktitelraten, einem aktuellen Quiz, Luftballonzerquetschen, Vierbeinakrobatik und Stuhlsitzen. Ein witziges Kopf-an-Kopf-Rennen begann, bei dem das Publikum heftig mit fieberte. Ganz knapp schlugen die Teilnehmer schließlich die Leiter, was die gute Stimmung nicht weiter mindert. Anschließend folgten noch einige Spiele für alle, wie Herzblatt und das Vierer-Schwebespiel, und dann die unvergesslichen Auftritte der Mentoren als Hulahupp-Tänzer und Mannamanna-singende Krümelmonster in Mülltonnen. Danach mag der offizielle Teil der Veranstaltung schon vorbei sein – der inoffizielle nahm jedoch erst seinen Anfang. Einleitend mit einem Jump Style Crashkurs legten die DJs, einen Diskosong nach dem anderen auf, bald wurde ausgelassen herumgesprungen, Freestyle und Limbo getanzt. Die Stimmung war so super, dass sogar die Leiter gnädig waren und uns über eine Stunde länger als eigentlich geplant feiern ließen, bevor wir dann gegen Mitternacht müde und erschöpft ins Bett sanken.

Wandertag

Melanie Gansel, Friderike Faller

Nach der Rotation stand kein „normaler" Tagesablauf bevor, sondern der Wandertag.

Es hieß: aus den Betten kommen und zum Frühstück gehen, um sein Lunchpaket zu richten. Nach dem morgendlichen Plenum sammelte man sich in den eingeteilten Gruppen und los ging es. Doch zuvor wurde unser Wanderziel bekanntgegeben und für jede Gruppe ein Akademieteilnehmer als Wanderführer festgelegt. Dieser hatte die Aufgabe, die Gruppe sicher und ohne große Umwege mithilfe einer Landkarte zu unserem Ziel, einem Bauernhof, zu navigieren.

Jede Route war ein wenig unterschiedlich, aber für alle ging es zuerst durch den Wald, dann über die Felder und die Nachbarorte Adelsheims, Zimmern und Seckach. An der ersten Verpflegungsstation erfrischten wir uns mit Getränken und leckerem Gebäck. Jeder versuchte ein schattiges Plätzchen zu erwischen. Mit viel Eifer machte sich eine der Gruppen daran, einen möglichst hohen Turm aus Naturmaterialien zu bauen. Nach einer kurzen Pause ging es gleich weiter. Doch natürlich musste man auf der Wanderung auch Einsatz zeigen. An einem Fluss zum Beispiel galt es ihn mit Hilfe einer Slackline zu überqueren. Doch diese Aufgabe wurde von alle exzellent gemeistert. Darüber hinaus wurde den Akademieteilnehmern der Auftrag erteilt, das Lied „Hänschen klein ging allein" umzudichten.

Nach über drei Stunden Wandern bei strahlendem Sonnenschein erreichten alle Gruppen vollzählig und erschöpft einen Hof, in dessen Scheune die Küche des LSZU das Mittagessen aufgebaut hatte. Dort genossen wir nochmals eine Stärkung, die nach diesen Anstrengungen gut tat.

Die letzte halbe Stunde ging es unter Berits Leitung noch einmal durch den Wald und dann über Adelsheim zurück zum Eckenberg. Trotz der vielen Blasen an den Füßen hat es allen gefallen, sich auf dem Weg draußen in der Natur auszutoben und sich ausgiebig mit den anderen zu unterhalten. So hatten wir die Gelegenheit, viele Teilnehmer näher kennen zu lernen. Es war ein sehr spannender Ausflugstag, an dem wir gut abschalten konnten und Abwechslung zum Kursalltag hatten.

Präsentation

Daniel Haller

Am letzten Tag der Akademie war es nun soweit: Der Präsentationstag, auf den wir uns in der letzten Akademiephase vorbereitet hatten, stand an. Diese öffentliche Veranstaltung diente dazu, unseren Eltern und Freunden die Kursinhalte der letzten zwei Wochen vorzustellen. Neben der Vorfreude auf die Präsentation war es auch schön, die Eltern wieder zu sehen.

Natürlich waren wir alle sehr aufgeregt, schließlich haben wir sehr viel Arbeit in den Vortrag investiert. Dazu gehörte Power-Point Präsentationen auszuarbeiten, zu verbessern und letztendlich zu üben.

Am Morgen des Präsentationstags erwachten wir alle schon sehr gespannt, einige waren sogar vor dem Frühstück wieder an den PCs, um den letzten Feinschliff an den Präsentationen vorzunehmen. Während der letzten Kursschiene hatten wir nochmal Zeit, um unsere Vorträge zu proben und die Kursräume für die Präsentationen herzurichten. Eine gewisse Aufregung war nicht nur uns, als Vortragende, sondern auch den Kursleitern deutlich anzumerken.

In den vier Zeitschienen des Tages hatten die Zuhörer die Möglichkeit, sich verschiedene Präsentationen der fünf Kurse anzuschauen, um einen Überblick über deren Inhalte zu bekommen. Manch einer der Teilnehmer war froh, dass er nicht alleine vor das Publikum treten musste, weil zwei bis drei andere Kursteilnehmer ihm während der halbstündigen Präsentation zur Seite standen. Waren wir mit unseren Vorträgen fertig, hatten auch wir die Möglichkeit, uns Vorträge von unseren neugewonnenen Freunden anzuschauen. Da die Interessierten nur vier Vorträge besuchen konnten, standen sie vor der Schwierigkeit, sich aus dem vielfältigen Angebot maximal vier Vorträge auszusuchen, die sie besuchen wollten.

Als um viertel vor sechs die letzten Präsentationen vorbei waren, fiel auch der Druck von uns ab und wir waren froh, dass wir unseren Eltern und Freunden nun so gut gezeigt haben, womit wir in den letzten zwei Wochen unsere Zeit intensiv verbracht hatten.

Die meisten Teilnehmer nutzten die Zeit bis zum Abschlussbuffet, um ihren Eltern den Campus zu zeigen, Ihnen ihre neuen Freunde vorzustellen oder sich einfach nur mit ihnen über das Erlebte zu unterhalten. Und schlussendlich hat sich herausgestellt, dass die Präsentationen nicht so „furchtbar schrecklich“ waren, wie manch ein Teilnehmer erwartet hatte.

Der Abschlussabend

Laura Viegas, Sophie Bleuel

Der Abschlussabend. Der letzte Abend. Der Abend, der uns alle zum Schluss sentimental werden ließ. Der Abend, den wir Kursteilnehmer und Kursleiter zusammen verbrachten.

Nach den Abschlusspräsentationen und dem gemeinsamem Abendessen mit der eigenen Familie und allen Kursteilnehmern, ging es dann gleich um 20 Uhr weiter mit dem Programm. Der Beginn des Abends wurde durch das eindrucksvolle Science-Academy-Orchester eingestimmt. Es spielte den bekannten Titelsong von „Fluch der Karibik“. Hülya und Eileen übernahmen an diesem Abend die Moderation. Sie waren stets charmant und fröhlich. Gleich im Anschluss wurde das Publikum durch Georg Wilke und Petra Zachmann begrüßt, die eine kleine Rede hielten.

Ein erster Höhepunkt war die Theatervorstellung „Der Besuch der alten Dame“ nach Friedrich Dürrematt. Die Schauspielerinnen und Schauspieler hatten es komplett während der Akademie auf die Beine gestellt.

Als Dank der Akademieleitung bekamen alle Teilnehmern, Kurs- und KüAleiter eine rote Tasse mit dem Motto der Akademie. Einerseits für die Arbeit, die sie geleistet hatten und damit einem in Zukunft schon beim Frühstück Chronos und Kairos begegnen. Gleichzeitig symbolisiert und erinnert sie uns an die wundervolle Zeit, die wir zusammen verbrachten.

„Angels“ von Robbie Williams versetzte das Publikum in eine verträumte Stimmung als es das Orchester erklingen ließ. Der Applaus des Publikums danach bestätigte die fantastische

Leistung des Orchesters.

Es wurde etwas ruhiger, denn André Pfob spielte grandios das Lied „River flows in you“ am Klavier.

Das Kazoo-Orchester amüsiert mit seinem „Konzert“

Ein weiteres Highlight des Abends war das Kazoo-Orchester: Es wurden typische Kindermelodien von „den Großen“ auf Kazoos gespielt, wie z. B. „Biene Maja“ und „Pipi Langstrumpf“. Ein überaus überzeugender Dirigent leitete das professionelle Kazoo-Orchester.

Hannah Pillin versetzte die Zuschauer durch ihre Jonglagedarbietung die typische lustige Akademieatmosphäre.

Während der Akademie lasen Matthias und Natalie fast jeden Abend im Treppenhaus vor dem Schlafengehen eine Gute-Nacht-Geschichte vor, damit man sich wie zu Hause fühlen konnte. Da diese am Abschlussabend leider ausfallen musste, wurde die Geschichte vor allen in der Turnhalle von Matthias erzählt. Doch diese war etwas anders: Das Märchen wurde von den Kusleitern szenisch aufgeführt, und die Tiefe der Interpretation sowie die großartige schauspielerische Leistung hat uns alle sehr beeindruckt.

Nun waren wieder die Teilnehmer an der Reihe: So entschieden sich elf von den Kursteilnehmern, einen Jumpstyle Auftritt hinzulegen. Jumpstyle ist ein moderner Tanz, wobei immer verschiedene Kicks mit den Beinen ausgeführt werden.

Um den Eltern noch einen Einblick in den Akademiealltag zu geben, stellten die Schülermentoren den Checkup vor, der jeden Morgen im Plenum stattgefunden hatte. Aber nicht so wie gewohnt, denn die Schülermentoren, die verkleidet waren, sprangen abwechselnd aus Mülltonnen während sie das Lied „Mana mana“ (bekannt aus der Muppets Show) sangen. Dies sorgte für viel Spaß und lockerte den Abend weiter auf.

Damit endete auch der offizielle Teil mit den Eltern. Schnell wurden alle Stühle weggeräumt und Tische aufgestellt, die mit Knabberzeugs und Getränken bestellt wurden.

Da die Stühle nun weg waren, entstand eine Tanzfläche, auf die sich gleich alle begaben. Natürlich lief laute Musik und jeder konnte dazu tanzen, wie er wollte. Hinzu kam dass (fast) alle zusammen noch zu YMCA, „Cowboy und Indianer“ tanzten, den Cha Cha Slide und um zu zeigen wie sehr man beim Auftritt der Teilnehmer auf gepasst hatte, auch Jumpstyle.

Sebastian zeigte uns auch wie man sich mit sehr einfachen Bewegungen zu Heavy Metal „bewegen“ (head banging) kann, wobei ihm das am leichtesten viel, da das Denk- und Koordinationsvermögen von vielen etwas von der lauten Musik beeinträchtigt wurde.

Doch auch die schönste Party hat ein Ende, so auch unsere. Alle gingen mit einem lachenden und einem weinenden Auge ins Bett, da wir einerseits einen wundervollen

Die Science Akademie beim Jumptsyle Tanzen

Abend verbracht hatten, anderseits wussten wir alle, dass wir am nächsten Tag hätten abfahren müssen. Man war traurig, dass die zwei Wochen so schnell vergangen waren aber auch froh, dass man diese erleben durfte.

Danksagung

Die JuniorAkademie Adelsheim – Science Academy Baden-Württemberg wäre ohne die Mitarbeit zahlreicher motivierter und engagierter Personen nicht realisierbar. Finanziert wurde die Akademie dieses Jahr durch Spenden ehemaliger Teilnehmer der JuniorAkademie und deren Eltern, der Erdgas Südwest Gmbh, der Dr. Ing. h. c. F. Porsche AG sowie durch eine sehr großzügige Spende der H. W. & J. Hector Stiftung. Dafür sei an dieser Stelle allen Unterstützern ein ganz herzliches Danke gesagt.

Erfreulicherweise steht der JuniorAkademie Adelsheim nun auch noch der neu gegründete Förderverein der Science Academy Baden-Württemberg e.V. mit seinem Vorsitzenden Jörg Richter zur Seite. Ehemalige Teilnehmer und Kursleiter haben sich hier zusammengeschlossen, um die Idee einer Sommerakademie für besonders begabte Schülerinnen und Schüler der kommenden Generationen weiter zu festigen. Wir hoffen natürlich, dass sie viele Nachahmer finden werden.

Auf administrativer Ebene findet die JuniorAkademie Adelsheim Unterstützung und uneingeschränkte Kooperationsbereitschaft im Regierungspräsidium Karlsruhe sowie bei den Deutschen JuniorAkademien Bonn. Namentlich möchten wir unseren Dank an Herrn Dr. Werner Schnatterbeck, den Schulpräsidenten im Regierungspräsidium Karlsruhe, an Frau Hannelore Buchheister, die Referatsleiterin des Referates 75 – Allgemein bildende Gymnasien, und an Herrn Volker Brandt aus Bonn richten, der die Deutschen Schüler- und JuniorAkademien koordiniert.

Auch in diesem Jahr fanden am Eckenberg-Gymnasium mit dem Landesschulzentrum für Umwelterziehung (LSZU) in Adelsheim während der letzten beiden Wochen der Sommerferien etwa hundert Gäste eine liebevolle Rundumversorgung vor. Für diese logistische Meisterleistung sowie den freundlichen Empfang als auch den offenen Umgang mit allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sei hier stellvertretend Herrn Meinolf Stendebach, dem Schulleiter des Eckenberg-Gymnasium und Herrn Bürgermeister Klaus Gramlich besonders herzlicher Dank ausgesprochen.

Trotz der vielen tragenden Säulen bildet aber das Fundament für unser Akademiegebäude die hingebungsvolle Arbeit der Kurs- und KüA-Leiter, der Schülermentoren und der Assistenz des Leitungsteams. Ein großer Dank gilt Jörg Richter, der wieder für die Gesamterstellung der Dokumentation verantwortlich war.

Die Hauptpersonen, die die Akademie zum Leben erweckt haben, sind aber die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Ihnen gebührt ein ganz besonderer Dank, ebenso deren Eltern für ihr Vertrauen und nicht minder den Schulen, die sich der Mühe unterzogen haben, eine geeignete Kandidatin oder einen geeigneten Kandidaten vorzuschlagen.