

JuniorAkademie Adelsheim

21. SCIENCE ACADEMY BADEN-WÜRTTEMBERG 2024



Astronomie



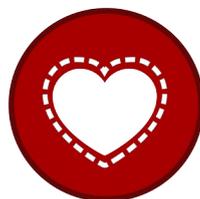
Literatur/Philosophie



Mathematik/Informatik



Mathematik/Physik



Medizin



Meteorologie/Physik

Regierungspräsidium Karlsruhe Abteilung 7 – Schule und Bildung

**Dokumentation der
JuniorAkademie Adelsheim 2024**

**21. Science Academy
Baden-Württemberg**

Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim:

Regierungspräsidium Karlsruhe
Abteilung 7 –Schule und Bildung–
Hebelstr. 2

76133 Karlsruhe

Tel.: (0721) 926 4245

Fax.: (0721) 933 40270

www.scienceacademy.de

E-Mail: joerg.richter@scienceacademy.de

birgit.schillinger@scienceacademy.de

rico.lippold@scienceacademy.de

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von der Kurs- und Akademieleitung sowie den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der 21. JuniorAkademie Adelsheim 2024 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mithilfe von L^AT_EX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter, Tobias van Lier

Copyright © 2024 Jörg Richter, Dr. Birgit Schillinger

Vorwort

„Völlig losgelöst ...“

... vom Schulalltag schwebten 76 Jugendliche schwerelos durch den „Kosmos“ – unser diesjähriges Motto – der 21. JuniorAkademie Adelsheim. Wie auch Major Tom im gleichnamigen Sommerhit von Peter Schilling begaben sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der diesjährigen Science Academy auf eine Reise in neue Welten – eine Reise in die Weiten der Wissenschaft. Begleitet von unserem 28köpfigen Leitungsteam sollten sie schon bald neue Interessen entdecken, wissenschaftliche Erfahrungen sammeln und Freundschaften knüpfen.

Der Startschuss für diese Mission fiel Mitte Juni auf dem Gelände des Landesschulzentrum für Umweltbildung (LSZU) in Adelsheim. Am Eröffnungswochenende kam unsere Crew das erste Mal zusammen und lernte sich kennen – alle mit ganz eigenen Vorerfahrungen, Talenten und Erwartungen. Was sie auf ihrem Flug so alles erleben würden, stand zu diesem Zeitpunkt noch in den Sternen.



Im Sommer dann nahm unsere Reise so richtig Fahrt auf. Über zwei Wochen hinweg arbeiteten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in den sechs Kursen und entdeckten und gestalteten gemeinsam den Mikrokosmos Akademie.

Der Philosophiekurs verglich dystopische und utopische Welten, im Kurs Mathematik/Informatik wurde der Energiemix der Zukunft analysiert und optimiert, und die Medizinerinnen und Mediziner

fragten sich, was „Gesundheit“ eigentlich bedeutet. Unterdessen schickte der Meteorologiekurs einen Wetterballon in den Himmel, die Astronominnen und Astronomen richteten ihren Blick auf Meteoriden im Weltall und Meteoriten auf der Erde, und der Kurs Mathematik/Physik ging nochmal einen Schritt weiter und erforschte gleich die Unendlichkeit.

Neben der Kurszeit haben sich die Crewmitglieder bei Ausflügen und in den KüAs, beim Morgensport, im Theater oder als Teil des Orchesters, bei Wanderungen und Grillabenden besser kennengelernt und ihre Interessen ausgelebt. So verging die Zeit wie im Flug, und der große Abschlussabend kam viel zu früh.

Am Dokumentationswochenende im Herbst bot sich dann die Möglichkeit, auf die schöne gemeinsame Zeit zurückzublicken und über die Entdeckungen aus dem Trip durch den Akademie-Kosmos zu reflektieren. Zwar war damit nun die Zeit in Adelsheim vorbei, doch unsere Reise ist noch lange nicht zu Ende.

Losgelöst und schwerelos schweben wir weiter, doch anders als Major Tom melden wir uns zurück – hier und heute, mit dieser Dokumentation. Wir wünschen Euch und Ihnen viel Spaß beim Lesen!

Eure/Ihre Akademieleitung



Melissa Bauer (Assistenz)



Mathis Bußhoff (Assistenz)



Jörg Richter

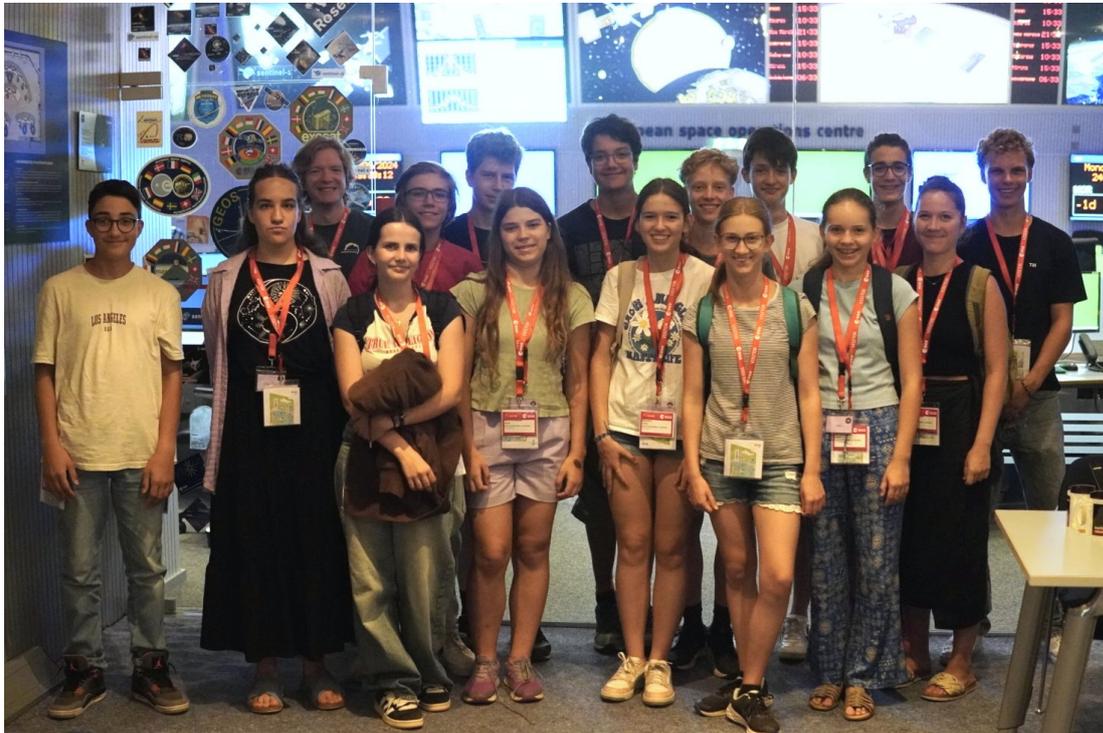


Dr. Birgit Schillinger

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	3
KURS 1 – ASTRONOMIE	7
KURS 2 – LITERATUR/PHILOSOPHIE	33
KURS 3 – MATHEMATIK/INFORMATIK	53
KURS 4 – MATHEMATIK/PHYSIK	73
KURS 5 – MEDIZIN	97
KURS 6 – METEOROLOGIE/PHYSIK	115
KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE	135
DANKSAGUNG	151
BILDNACHWEIS	152

Kurs 1 – Asteroiden: Forschungsziele, Rohstoffquelle und Gefahren



Unser Kurs

Maia Maia ist einfach ein Sonnenschein. Mit ihr kann man über alles reden, sie hat immer ein offenes Ohr und unterstützt einen, wo sie kann. Sie ist sehr kreativ, wissbegierig und eine tolle Teamplayerin.

Nicolas Nur er schafft es, das Amöbenspiel zu gewinnen, obwohl er eigentlich verlieren wollte. Nicolas ist sehr organisiert, ein Talent im Programmieren und immer hilfsbereit. Er hat die lustigsten Ideen und zu (fast) allem einen spannenden Fakt parat.

Felix Mit Felix braucht man nie wieder einen Wetterfrosch! Doch er kann nicht nur das Wetter präsentieren. Außerdem ist er sehr kreativ, versetzte sich gerne in Science-Fiction-Szenarien, hat viel Humor und ein sehr großes Herz – nicht nur für James.

Oskar Gefühlte merkt sich Oskar alles – auch Entfernungen und andere Zahlen, die andere beim ersten Hören schon wieder vergessen haben. Er trägt den ehrenwerten Titel als bester James-Aufpasser, ist für jede lustige Aktion zu haben, immer hilfsbereit und ein guter Teamleader.

Katharina Katharina ist eine super Ansprechpartnerin bei Fragen oder auf der Suche nach einer ehrlichen Meinung. Dabei hat sie nicht nur in ihrer Rolle als Barkeeperin immer einen guten Spruch auf Lager. Ihre gute Laune und Energie sind ansteckend, und auch nach zwei anstrengenden Wochen hat sie ihren klaren Kopf und ihre super Organisation nicht verloren.

Ada Zuerst etwas schweigsam, aber bei Präsentationen überrascht sie mit sicherem Auftreten und tiefem Wissen. In ihrer Nähe fühlt man sich immer wohl. Sie ist hilfsbereit, sehr vertrauenswürdig, offen und eine super Gesprächspartnerin für interessante Unterhaltungen. Eine tolle Sitznachbarin und Freundin!

Miguel Miguel ist die Sportskanone im Kurs. Ohne seine Motivation wäre unser Punktabstand beim Sportfest deutlich größer gewesen. Danke für deine vielen Witze, deine Hilfsbereitschaft und deine ansteckend gute Laune jeden Tag!

Alexander Wenn sich Alexander in ein Thema einarbeitet, ist er so schnell nicht aufzuhalten. Seine erarbeiteten Themen kann er anderen dann super erklären. Er ist immer freundlich, organisiert, verlässlich und motiviert.

Jana Jana ist offen und nie ohne ihre Arschkarten unterwegs. Sie erzählt einem alles und viel, so als würde man sie schon ewig kennen – genau das macht sie so sympathisch. Mit ihr kann man viel lachen, sie ist hilfsbereit und herzlich und eine tolle Schauspielerin!

Violetta In ihrem Kleiderschrank ist ihr Name Programm! Sie ist eine super Pianistin und kann gefühlt auch noch zwanzig andere Instrumente spielen. Mit Violetta kann man über jedes Problem reden, sie verbreitet überall gute Laune und bringt einen zum Lachen. Ihr Herz schlägt für James!

Katerina Ohne sie wäre unser Kurs-T-Shirt ganz bestimmt nicht so schön geworden – Danke dafür! :) Katerina ist kreativ und engagiert. Sie versteht, was sie tut, und wenn das einmal nicht so ist, hakt sie so lange nach, bis sie es verstanden hat. Mit ihr kommt man schnell in interessante – oft sehr ironische – Gespräche.

Jakob Poker, Black Jack und die Bing-Image-AI gehören einfach zu Jakob. Er ist kreativ und selbstbewusst und hat es immer geschafft, das Team zu motivieren.

Matthias Der Alleskönner im Bereich IT – ein Blick auf den Code genügt und der Fehler ist

beheben. Matthias ist ein Talent im Präsentieren (wer braucht schon Karteikarten?), sehr freundlich, immer hilfsbereit, motiviert und verlässlich.

James Unser Kursmaskottchen hüpfte auf Asteroiden und Teleskopen, behält den Kurs im Blick und wurde überall hin mitgenommen.

Moritz v. L. Moritz hat immer spannende Geschichten von der ESA parat und kann beim Thema Raumfahrt stets etwas ergänzen. Er ist ein sehr begeisterter Astronom und gibt die besten Buch- und Filmempfehlungen sowie kreative Schlachtruf-Vorschläge. Zusätzlich dazu kennt er gefühlt jeden SHELL-Command. Egal ob Fermi-Abschätzungen oder hochkomplexe Bahnelemente, er kann alles verständlich erklären.

Katharina S. Katharina kann alles sehr verständlich erklären und findet immer passende Beispiele, wie verdrehte Gummibänder für das Magnetfeld der Sonne oder Obst für die Planeten unseres Sonnensystems. Sie weiß sehr viel über Mikrometeoriten und andere Bereiche der Astronomie. Man merkt ihr ihre Begeisterung für die Astronomie an. Sie hört sehr aufmerksam zu und ist eine tolle Gesprächspartnerin, die auch sehr gute Tipps bei Präsentationen gibt.

Till S. Till hat immer eine super Stimmung, was auch an seiner Playlist erkennbar ist. Er sorgte für besseres Teamwork im Kurs und hat viel Energie zum Anfeuern, was er am Sportfest gezeigt hat. Außerdem kann man immer mit ihm reden und er zaubert dabei jedem zu jeder Zeit ein Lächeln ins Gesicht.

Der kleine und der große Kosmos

TILL SALOMON

Man mag vielleicht denken, der Weltraum sei weit entfernt. Doch uns trennen gerade einmal 100 km von ihm – vergleichbar mit einer Fahrt von Adelsheim nach Stuttgart. Dabei ist er den meisten nicht zugänglich, jedoch können wir jederzeit Artefakte des Weltraums in den eigenen Händen halten. Und so begaben wir uns auf die Suche ...

Aber starten wir die Reise doch erstmal von vorne: Im beschaulichen Adelsheim traf sich der Astronomiekurs, im Segen der Akademie, um den Kosmos näher zu beleuchten. Dabei bildete sich schnell ein eigener Kosmos: einer aus Fixpunkten im Sand, der mal ruhigen, lang klingenden Instrumentalmusik oder den schnellen Beats und einem großen Ziel – Bewegung im Weltraum zu verstehen.

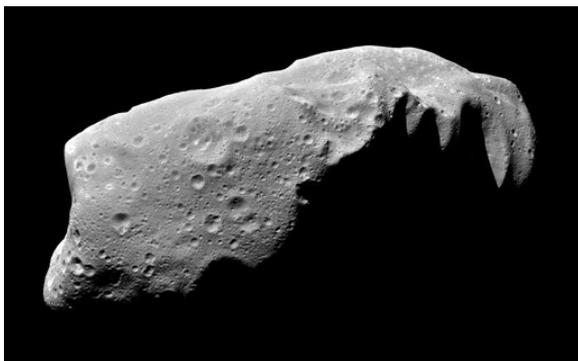
Den Kosmos erweiterten wir durch einen Blick ins All. Durch Teleskope können Sterne, Planeten oder andere sonst nicht sichtbare Himmelskörper betrachtet werden. So beobachteten wir an zwei Tagen den Adelsheimer Nachthimmel, am zweiten mit der ganzen Akademie. So zeigten die Astros den anderen Teilis die bemerkenswerten Ringe des Saturn.

Zum Abschluss des Kurses gab es unsere eigene Mission: In wenigen Tagen planten wir – ein Kurs, ein Team, was sich beim Sportfest durch die Schlagkräftigkeit der Schlachtrufe zeigte – die Rettung der Erde.

Begriffe

JANA SEIDELMANN

Viele Begriffe aus der Astronomie sind aufgrund ihrer Ähnlichkeit leicht zu verwechseln. Aus diesem Grund folgt ein kurzer Überblick über die zentralen Begriffe rund um das Kursthema Asteroiden:



Asteroid 243 Ida als Beispiel für einen Gesteinsasteroiden.¹

Asteroid: Ein *Asteroid* ist ein astronomischer Kleinkörper, der sich auf einer keplerschen Umlaufbahn um die Sonne bewegt. Seine Größe

¹Abbildung: NASA/JPL

variiert zwischen wenigen Metern und mehreren hundert Kilometern. Ein Asteroid ist also zu klein, um als Zwergplanet zu zählen, aber er ist größer als ein Meteoroid. Häufig bestehen Asteroiden nicht nur aus einem Objekt, sondern sind Geröllhaufen, die durch die Gravitation lose zusammengehalten werden. Die meisten Asteroiden gehören zum *Asteroidengürtel*, der sich zwischen den Umlaufbahnen von Mars und Jupiter befindet.



Beispiel für einen Meteor.²

Meteor: Ein *Meteor* ist eine helle Lichterscheinung, die entsteht, wenn außerirdische Körper (z. B. Weltraumschrott, Gesteinsbrocken) in die Atmosphäre eindringen und dabei verglühen. Meteore sind auch ohne Teleskope leicht am Himmel zu erkennen, da sie hell leuchten und somit gut mit dem menschlichen Auge zu entdecken sind.



Steinmeteorit Knyahinya (280 kg, mittig im Bild) im Naturhistorischen Museum Wien.³

Meteorit: Ein *Meteorit* ist ein Bruchstück eines kosmischen Körpers, das durch die Atmo-

²Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Michael Eberth, CC BY-SA 4.0)

³Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Dr. Bernd Gross, CC BY-SA 4.0)

sphäre gedrungen und auf der Erdoberfläche eingeschlagen ist. Die Größe von Meteoriten liegt zwischen einigen Zentimetern und mehreren Metern. Meteoriten, die in einem Größenbereich zwischen Mikro- und Millimetern liegen, nennt man *Mikrometeoriten*.

Meteoroid: Bevor ein Meteorit auf der Erdoberfläche ankommt und so lange er sich noch im All befindet, nennt man ihn *Meteoroid*. Meteoroiden sind kleiner als Asteroiden und um sie entdecken zu können, braucht man Teleskope. Daher wurden sie von der „Dreiergruppe“, bestehend aus Meteoren, Meteoriten und Meteoroiden, als letztes entdeckt.

Umlaufbahnen

KATHARINA JÖRG

Himmelsmechanik: Umlaufbahnen und Ellipsen

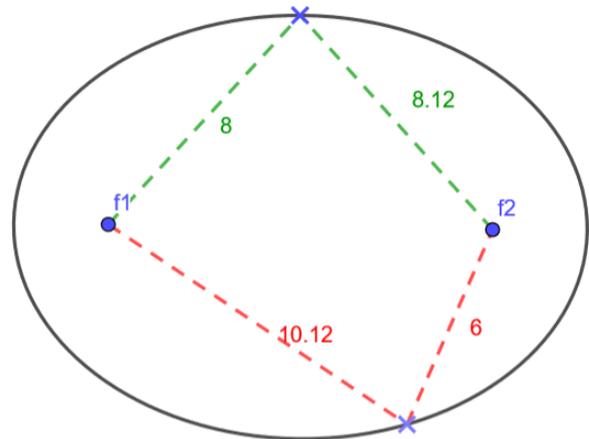
Die Bewegung von Himmelskörpern im All, insbesondere die der Asteroiden, ist vorhersehbar und berechenbar, wenn man die Form ihrer Flugbahnen kennt. Beim Blick in die Geschichte der Astronomie lässt sich jedoch feststellen, dass sich die Vorstellung von Umlaufbahnen über die Zeit verändert hat.

Nachdem die im Altertum verbreitete Vorstellung, dass sich Sonne und Planeten in Kreisen um die Erde drehen (*geozentrisches Weltbild*), abgelöst war, dachte man zunächst, dass sich die Planeten kreisförmig um die Sonne bewegen.

Johannes Kepler hat allerdings Anfang des 17. Jahrhunderts aus Beobachtungen geschlossen, dass die Umlaufbahnen von Planeten einer *Ellipse* gleichen. Das bedeutet, dass der Abstand der Himmelskörper zu ihrem Mittelpunkt nicht immer gleich ist. Er variiert, je nachdem, wo sich der Körper befindet.

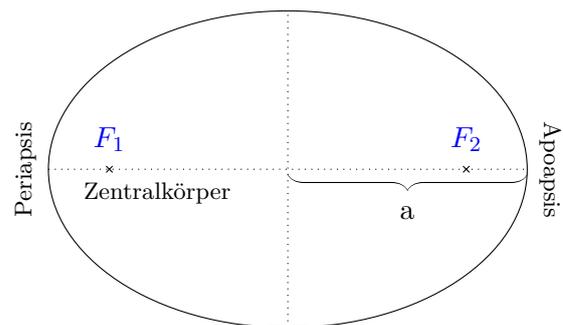
Das liegt daran, dass Ellipsen im Gegensatz zu Kreisen zwei *Brennpunkte* besitzen, die als F_1 und F_2 bezeichnet werden. Die charakteristische Eigenschaft einer Ellipse ist, dass die Summe der Abstände von den Brennpunkten

zu einem beliebigen Punkt auf der Ellipse immer gleich ist. In der Abbildung zur Definition einer Ellipse ist somit die Summe der Abstände in rot ($10,12 + 6,0 = 16,12$) gleich die Summe der Abstände in grün ($8,0 + 8,12 = 16,12$).



Definition einer Ellipse (eigene Abbildung).

Ellipsen haben zwei Achsen, dabei ist die *große Halbachse* a die Hälfte der größeren Achse. Bei der Umlaufbahn der Erde entspricht die große Halbachse dem Abstand zur Sonne von einer *Astronomischen Einheit* (1 AE). Der Punkt, der sich am nächsten am *Zentralkörper* in einem der beiden Brennpunkte befindet, ist die *Periapsis*, und der vom Zentralkörper am weitesten entfernte Punkt wird als *Apoapsis* bezeichnet.



Wichtige Bahnelemente (eigene Abbildung).

Die *Exzentrizität* e ist eine weitere Eigenschaft der Ellipse. Sie gibt an, wie „elliptisch“ beziehungsweise wie gestreckt die Ellipse ist. Sie lässt sich aus dem Abstand der Brennpunkte F_1 und F_2 sowie der großen Halbachse bestimmen:

$$e = \frac{\overline{F_1 F_2}}{2a}.$$

Dabei ist die Exzentrizität als Zahl zwischen 0 und kleiner 1 festgelegt. Liegt die Exzentrizität bei 0, hat die Ellipse die Form eines Kreises, weil dann die Brennpunkte aufeinander fallen. Die Flugbahn der Erde hat eine Exzentrizität von circa 0,02, das heißt, sie hat eine nahezu kreisförmige Umlaufbahn.

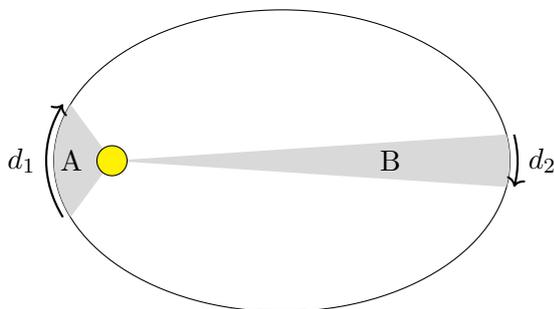


Ellipsen zeichnen auf dem Volleyballfeld.

Keplersche Gesetze

Johannes Kepler hat seine Erkenntnisse zu Umlaufbahnen in drei wichtigen Gesetze zusammengefasst:

1. „Planeten bewegen sich auf Ellipsen, wobei in einem der Brennpunkte die Sonne steht.“
2. „Der Fahrstrahl zwischen Planet und Sonne überstreicht in gleicher Zeit gleiche Flächen.“



2. Keplersches Gesetz: Fläche A ist genauso groß wie Fläche B, aber d_1 größer als d_2 (eigene Abbildung).

Dieses Gesetz erklärt, dass die Geschwindigkeit der Planeten, die um den Zentralkörper kreisen, variiert, je nachdem, wo sich der Planet

auf der Bahnlinie befindet. So ist ein Planet an der Periapsis am schnellsten, während er an der Apoapsis am langsamsten ist. Das liegt daran, dass die überstrichene Fläche des Fahrstrahls (Strecke zwischen Planet und Sonne) in der Ellipse äquivalent ist, der Fahrstrahl an der Periapsis allerdings kürzer ist als an der Apoapsis. So legt der Planet an der Periapsis einen größeren Abschnitt der Bahnlinie in der gleichen Zeit zurück und hat dadurch an dieser Stelle eine höhere Geschwindigkeit.

3. „Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich zueinander wie die Kuben (3. Potenzen) der großen Halbachsen.“

Stellt man diesen von Kepler beschriebenen Zusammenhang als Formel auf, erhält man:

$$\frac{T_1^2}{a_1^3} = \frac{T_2^2}{a_2^3},$$

wobei T_1 die Umlaufzeit von Planet 1 ist und a_1 die große Halbachse von Planet 1.

Im 3. Gesetz stellt Kepler somit fest, dass die *Umlaufzeit* nur abhängig von der Entfernung und Masse des Zentralkörpers ist. Mit dem 3. Keplerschen Gesetz ist es möglich, die Umlaufzeit eines Himmelskörpers zu berechnen, wenn man dessen große Halbachse sowie die Umlaufzeit und die große Halbachse eines anderen Himmelskörpers, der um den gleichen Zentralkörper kreist, kennt. Wenn man diese Parameter eines anderen Himmelskörpers nicht zur Verfügung hat, kann man mithilfe der *Gravitationskonstante* G und der Masse des Zentralkörpers m die gesuchte Umlaufzeit T eines Himmelskörpers bestimmen:

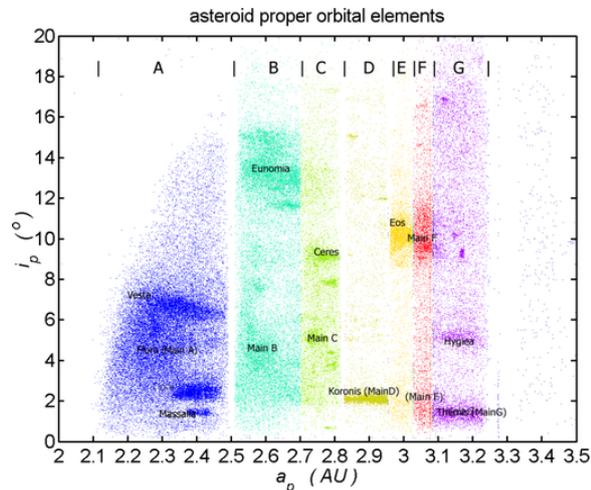
$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{a^3}{G \cdot m}},$$

wobei a = große Halbachse des Himmelskörpers.

Asteroidenfamilien

Bahnelemente, wie zum Beispiel die große Halbachse, dienen der genauen Beschreibung des Orbits eines Himmelskörpers. Damit lassen sich

die Umlaufbahnen verschiedener Himmelskörper vergleichen. So bestehen *Asteroidenfamilien* etwa aus Asteroiden mit ähnlichen Bahnelementen und ähnlichen mineralogischen Gesteinszusammensetzungen.



Asteroidenfamilien und Kirkwood Gaps.⁴

Die Grafik zeigt auf der x-Achse die Halbachsen der Orbits und auf der y-Achse die Neigung dieser an. Die Häufungen der Punkte stellen Asteroidenfamilien dar.

Auffällig sind die Lücken zwischen den farbigen Sektoren, die sogenannten *Kirkwood Gaps*. In diesen Bereichen im Asteroidengürtel entsprechen die Umlaufzeiten der Asteroiden einem ganzzahligen Teiler der Umlaufzeit des Jupiters. Es entstehen gesetzte Verhältnisse, auch *Resonanzen* genannt. Das bedeutet, dass ein Asteroid sich beispielsweise in einem Jupiterjahr dreimal um die Sonne bewegt und dem Jupiter mehrmals an der gleichen Stelle sehr nahe kommt. Somit addieren sich Störungen in eine Richtung durch die Anziehung des Jupiters über die Zeit, was sehr instabile Bahnen zur Folge hat, weshalb heute in diesen Bereichen keine Asteroiden mehr zu finden sind.

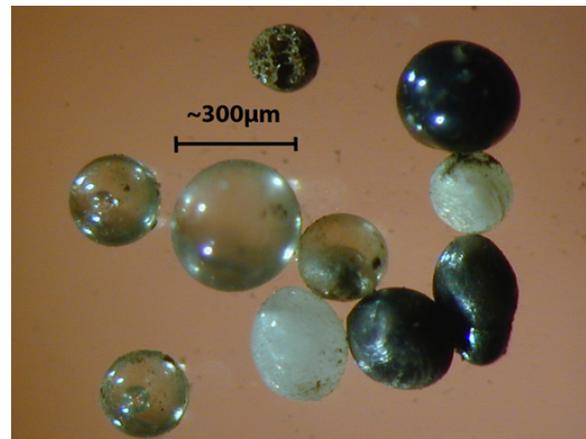
Mikrometeoriten – Grundlagen

JAKOB WALTER

Mikrometeoriten sind winzige Meteoriten, die im Größenspektrum von einigen Mikrometern

bis zu mehreren Millimetern liegen. Sie bestehen meist aus Metallen wie Eisen oder Nickel, Kohlenstoff und Silikatmineralen, wie zum Beispiel Olivin oder Pyroxen. Pro Jahr fallen etwa 0,5 Mikrometeoriten auf einen Quadratmeter, was etwa 1500 bis 5000 Tonnen im Jahr auf der gesamten Erde ergibt. Zur besseren Vorstellung sind das circa 50 Mikrometeoriten auf einem Beachvolleyballfeld.

Mikrometeoriten entstehen entweder bei Kollisionen von Meteoroiden mit anderen Himmelskörpern oder wenn Kometen auf ihrer Umlaufbahn der Sonne so nahe kommen, dass ihr Eis sublimiert, das heißt gasförmig wird. Durch das Ausgasen werden Gesteinspartikel mitgerissen, die später in die Erdatmosphäre gelangen können.



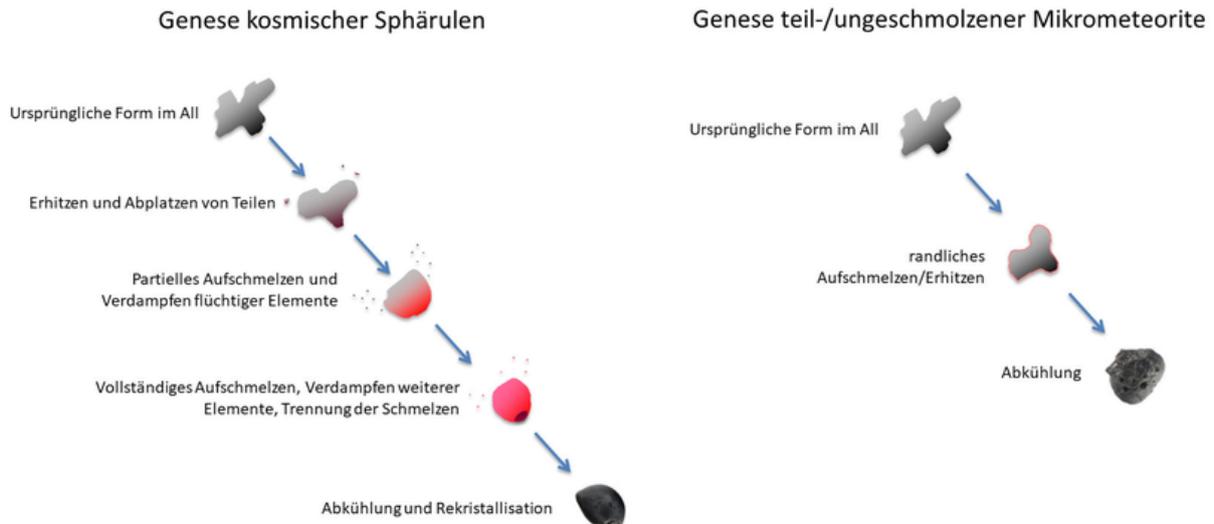
Mikrometeoriten unter einem Lichtmikroskop.⁵

Beim Eintritt in die Erdatmosphäre verändern Mikrometeoriten ihre Form maßgeblich. Haben sie vor dem Eintritt in die Atmosphäre noch eine kantige und abgebrochen aussehende Form, so ändert sich diese beim Eintritt bis hin zu einer nahezu perfekten Kugel.

Doch wie kommt es dazu? Beim Atmosphärenereintritt werden die Mikrometeoriten abgebremst. Dabei wandelt sich in kurzer Zeit viel kinetische Energie in Wärme um. Die Mikrometeoriten erhitzen sich, bis sie vollständig aufschmelzen. Einige Bestandteile verdampfen, sodass schlussendlich nur noch Elemente wie Eisen, Nickel oder Kohlenstoff zurückbleiben, deren Siedetemperatur höher ist als die Tem-

⁴Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Dreg743, CC BY-SA 3.0)

⁵Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Shaw Street, CC BY-SA 3.0)

Die Genesis von Mikrometeoriten.⁶

peratur, die der Mikrometeorit beim Erhitzen erreicht. Dichtere Elemente wie zum Beispiel Eisen sinken in der geschmolzenen Masse ab und bilden eine markante, kugelförmige Auswölbung an der Spitze des Mikrometeoriten.

Mikrometeoriten – Suche

OSKAR HERZOG

Bereits am Eröffnungswochenende starteten wir unser erstes großes Projekt – die Suche nach Mikrometeoriten.

Die Suche nach Mikrometeoriten erfordert einiges an Sorgfalt und Geduld, da sie in mehreren Schritten erfolgt, die alle präzise ausgeführt werden müssen, um zufriedenstellende Ergebnisse zu erreichen. Als ersten Schritt wählten wir einen geeigneten Ort zur Probenentnahme aus. Um die besten Chancen auf Erfolg zu haben, suchten wir nach einer möglichst glatten Fläche, die selten betreten wird, damit sich Staub ansammeln kann. Besonders Flachdächer eignen sich dafür hervorragend. Leider hatten jedoch nicht alle von uns Zugang zu einem Flachdach. Deshalb entschieden wir uns auch dafür, Proben aus Regenrinnen zu sammeln. Da der Staub sich auf den Dächern sammelt und mit dem nächsten Regen in die Regenrinne gespült wird, hatten wir so eine einfache Alternative.

⁶Abbildung: <https://www.micrometeorites.org>, mit freundlicher Genehmigung von Thilo Hasse

Mit Besen und Schaufel bewaffnet fegten wir die gesammelten Staubpartikel sorgsam zusammen und füllten sie in Plastiktüten ab. Zu Hause oder an einem anderen windgeschützten Ort breiteten wir die Proben dann auf einer glatten Oberfläche aus.



Beispiel für ein geeignetes Flachdach.

Der nächste Schritt bestand darin, die magnetischen von den nichtmagnetischen Partikeln zu trennen. Da viele Mikrometeoriten Eisen enthalten, sind sie magnetisch, was uns bei der Sortierung half. Mithilfe eines starken Magneten, den wir in eine Plastiktüte eingewickelt hatten, fuhren wir vorsichtig über die Proben. Sobald sich magnetische Partikel am Magnet gesammelt hatten, konnten wir die Tüte einfach umstülpen und die magnetischen Anteile getrennt auffangen.

Zur Reinigung wuschen wir die Proben sorgfältig in einer Schale mit Wasser und etwas

Spülmittel. Anschließend ließen wir die Proben komplett trocknen.

Der nächste Schritt erforderte etwas feinmotorische Arbeit. Wir verwendeten Siebe mit unterschiedlichen Maschenweiten: 200 μm , 400 μm und 1,4 mm. Zuerst siebten wir mit dem 1,4 mm-Sieb die gröberen Teilchen aus, dann folgte das 400 μm -Sieb, um die noch etwas zu großen Partikel zu entfernen. Zuletzt siebten wir die ganz feinen Teilchen mit dem 200 μm -Sieb aus, sodass wir schließlich eine Probe mit Körnern zwischen 200 μm und 400 μm erhielten. Das ist die ideale Größe, denn obwohl Mikrometeoriten in einer Spannweite von 1 μm bis 1 mm vorkommen, befinden sich die meisten in diesem Größenbereich.

Nun kam der spannendste Teil – die Untersuchung der Probe unter dem Mikroskop. Bei einer niedrigen Vergrößerung suchten wir nach sehr rundlichen Partikeln. Auf folgendem Bild erkennt man gut, dass nicht alle metallischen Kugeln, die man auf der Erde findet, Mikrometeoriten sind.



Eine unserer Proben unter dem Lichtmikroskop.

Die Kugel rechts oben im Lichtkreis ist mit hoher Wahrscheinlichkeit ein Mikrometeorit, zu erkennen an dem nasenförmigen Auswuchs und an der gut erkennbaren, runden Form. Bei den anderen handelt es sich sehr wahrscheinlich um irdische Partikel, zum Beispiel geschmolzene Metalltropfen, die bei Flex- oder Schweißarbeiten entstanden sein können. Diese haben bei

genauerem Betrachten kleine scharfe Kanten, da sie im Gegensatz zu Mikrometeoriten nicht vollständig aufgeschmolzen wurden. Um jedoch sicherzustellen, dass es sich bei den gefundenen Teilchen wirklich um Mikrometeoriten handelte, wäre ein spezielles Elektronenmikroskop und eine Spektralanalyse erforderlich.

Durch die sorgfältige Vorbereitung und die verschiedenen Schritte machten wir einige vielversprechende Funde und lernten dabei auch viel über die Geduld und Präzision, die das wissenschaftliche Arbeiten erfordert.

Beobachtung – Koordinaten

ADA KAUTZLEBEN

Wir wollten astronomische Objekte nicht nur am Boden finden, sondern natürlich auch am Nachthimmel beobachten.

Um die Position von Sternen am Nachthimmel genau zu bestimmen, gibt es verschiedene Koordinatensysteme, von denen hier zwei beschrieben werden.

Das einfachere der beiden ist das *Azimuthsystem*, auch *Horizontsystem* genannt. Der eigene Horizont dient hier als Referenzebene und der Punkt am Himmel senkrecht über der Beobachtungsstelle als Zenit. Somit beträgt der Winkel zwischen Zenit und Horizont 90° . Über diesen Zenit wird nun gedanklich eine Kuppel gespannt, wobei die Referenzebene die Grundfläche und der Zenit den Höhepunkt bildet.

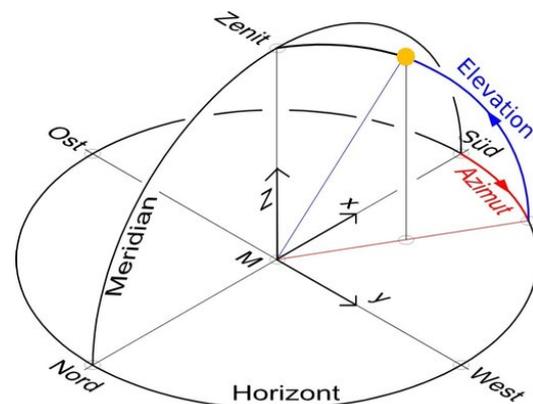


Schaubild des Azimutsystems.⁷

⁷Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User S.Wetzels, CC BY-SA 4.0)

Um die Koordinaten des Objekts zu bestimmen, wird zunächst der Winkel entlang des Horizonts von Süden aus im Uhrzeigersinn gemessen. Diesen Winkel nennt man *Azimut*. Anschließend wird die *Elevation*, das heißt der Höhenwinkel, vom Horizont entlang der Kuppel zum Objekt ermittelt. Beide Werte gibt man in Grad an.

Das Azimutsystem ist unkompliziert, da man sich an der eigenen Umgebung orientiert und sich nicht erst ausrichten muss. Allerdings ist es durch die Orientierung am eigenen Horizont ortsabhängig, wodurch es nicht international benutzbar ist. Außerdem ist dieses System zeitabhängig, weil sich der Sternenhimmel über uns durch die Erdrotation scheinbar bewegt. Die scheinbare Bewegung des Sternenhimmels erkennt man gut auf langzeitbelichteten Bildern: Sterne sind hier nicht als Punkte, sondern als Striche, sogenannte Sternspuren, zu sehen. Für Beobachtungen am selben Ort, beispielsweise um die Veränderungen des Sternenhimmels über einen langen Zeitraum zu betrachten, ist dieses System aufgrund seiner Einfachheit dennoch geeignet.



Sternspuren um den Himmelsnordpol bei einer Belichtungszeit von 45 Minuten (eigenes Foto).

Um das Problem der Orts- und Zeitabhängigkeit zu lösen, gibt es das *rotierende Äquatorsystem*, das allerdings etwas komplizierter ist. Auf der Nordhalbkugel richtet man sich bei diesem Koordinatensystem nach dem Himmels-

norden, das heißt entlang der Erdachse, aus. Als Referenzebene dient diesmal der Himmelsäquator, dabei wird der Erdäquator auf den Himmel projiziert. Abermals spannt man gedanklich eine Kuppel, wobei nun der Äquator die Grundfläche und der Himmelsnorden den Höhepunkt bildet.

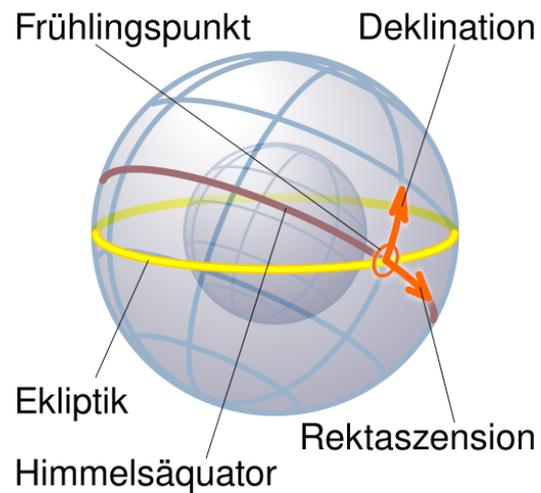


Schaubild des rotierendes Äquatorsystems.⁸

Auch bei diesem System gibt es zwei Koordinaten, um die Position eines Sterns genau zu bestimmen. Die *Rektaszension* entspricht dem Längengrad des Erdkoordinatensystems. Sie wird entlang des Himmelsäquators vom *Frühlingspunkt* aus gegen den Uhrzeigersinn gemessen. Der Frühlingspunkt ist die Stelle, an der die Sonne den Äquator zu Frühlingsbeginn, das heißt am 20. März, schneidet. Für Beobachtende auf der Erde dreht sich der Sternenhimmel mit dem Frühlingspunkt täglich einmal um die Erde. Damit ist die Rektaszension eine zeitunabhängige Koordinate. Sie wird nicht in Grad, sondern als Zeitmaß angegeben. Dabei orientiert man sich nicht am Zeitpunkt der Beobachtung, stattdessen stellt man sich die Ebene des Himmelsäquators als Ziffernblatt vor und liest daran die Zeit ab. Eine Stunde auf diesem Ziffernblatt entspricht dabei einem Winkel von 15°.

Die *Deklination* ist das Analogon zum irdischen Breitengrad. Man misst sie, indem man den Winkel auf der Strecke zwischen Himmels-

⁸Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Cmglee, CC BY-SA 4.0)

äquator (0°) und Himmelsnorden (90°) zu dem Objekt misst. Die Deklination wird in Grad angegeben. Sie ist durch die Ausrichtung und Orientierung an Himmelsnorden und -äquator ortsunabhängig.

Insgesamt ergibt sich so ein Koordinatensystem, das sowohl zeit- als auch ortsunabhängig ist, wodurch es international nutzbar und auch am geläufigsten ist.

Für praktische Himmelsbeobachtungen benutzt man drehbare Sternkarten, die sich leicht selbst basteln lassen. Um sie richtig zu verwenden, stellt man zunächst die Ortszeit des gewünschten Beobachtungszeitpunktes auf den entsprechenden Tag am Rand der Scheibe ein. Die Ortszeit orientiert sich am Stand der Sonne. Es ist 12:00 Uhr, wenn die Sonne am höchsten steht. Man ermittelt die aktuelle Ortszeit immer aus der jeweiligen Zonenzeit.

Hierfür geht man in Deutschland zunächst von der *mitteleuropäischen Zeit (MEZ)* aus, die der *Weltzeit (UTC)*, welche der mittleren Sonnenzeit in Greenwich (London) entspricht, eine Stunde voraus ist. Das heißt, wenn es in Greenwich 8:00 Uhr ist, können wir auf unseren Uhren 9:00 Uhr ablesen. Nun wird die mitteleuropäische Zeit in vielen mittel- und westeuropäischen Ländern genutzt, orientiert sich aber am Sonnenstand des 15. Längengrades Ost. Dieser verläuft durch Görlitz, die östlichste Stadt Deutschlands. Da alle anderen Städte in Deutschland westlich von Görlitz liegen, entspricht an diesen Orten die mitteleuropäische Zeit nicht dem Sonnenstand. Deshalb muss man für jedes Grad westlich des 15. Längengrades vier Minuten von der mitteleuropäischen Zeit abziehen. Subtrahiert man noch während der Sommerzeit eine Stunde, erhält man die *mittlere Ortszeit (MOZ)*, wie sie auch angegeben werden muss.

Am Beispiel von Adelsheim, das auf $9^\circ 39'$ östlicher Länge liegt, beträgt die Differenz zum 15. Längengrad $5^\circ 21'$. Daraus ergibt sich, dass etwa 22 Minuten abgezogen werden müssen. Somit beläuft sich die mittlere Ortszeit in Adelsheim anstelle von 9:00 Uhr MEZ auf 8:38 Uhr. Anschließend richtet man sich nach Norden aus und hält die Karte über sich, wobei die Seite mit den Sternbildern nach unten zeigt. Nun

sieht man über sich die Position der Sterne, die einen zum Beobachten erwarten.



Eine unserer selbstgemachten Sternkarten.

Allerdings ist es auch möglich, die Sternkarte frontal vor sich liegend zu betrachten, um zu erkennen, wann welche Sterne oder Sternbilder wo am Himmel zu sehen sind.

Beobachtung – Praxis

KATERINA TANEVA

Um außer den Sternbildern auch einzelne Objekte zu beobachten, benutzen wir mehrere Teleskope. Die meisten Teleskope (auch diejenigen, die wir zur Verfügung hatten) benutzen Spiegel oder Linsen, um Licht einzufangen und zu bündeln. Im Verhältnis zur Pupille des Auges haben Teleskope eine viel größere Eintrittsfläche, weshalb mehr Licht einfallen kann, das dann auf das Okular des Teleskops gebündelt wird. Durch diese verstärkte Helligkeit kann man mit Teleskopen viel lichtschwächere Objekte beobachten als mit dem bloßen Auge, zum Beispiel den Ringnebel oder die Andromedagalaxie. Zusätzlich werden die Bilder von Objekten durch das Okular am Ende des Teleskops vergrößert, wodurch sie größer und näher wirken und feinere Details erkennbar sind.

Tagsüber beobachteten wir, ebenfalls mit Teleskopen, die Sonne. Um das Auge zu schützen, sind für Beobachtungen der Sonne spezielle Sonnenfilter notwendig. Sonnenfilter lassen

nur einen schmalen Spektralbereich des Lichts durch und nur ein Bruchteil des Lichts kann durch den Filter gelangen. Mithilfe eines Teleskops mit Sonnenfilter konnten wir mit unseren eigenen Handykameras Bilder von der Sonne schießen.

Auf dem Bild sieht man die typischen Sonnenflecken, die wie dunkle Stellen auf der sichtbaren Sonnenoberfläche aussehen. Die Ursache der Sonnenflecken sind Ausbrüche sehr starker Magnetfelder, die heiße Sonnenmaterie in die Sonnenatmosphäre transportieren und zeitweise den Wärmetransport vom Inneren der Sonne an die Oberfläche behindern. Die daraus resultierende Abkühlung der Oberfläche (bis zu 1500 K kühler als die Umgebung) wird als Fleck sichtbar. Die Anzahl der Sonnenflecken variiert je nach Sonnenaktivität in einem Zyklus von durchschnittlich elf Jahren.



Eigenes Foto der Sonne durch ein Sonnenteleskop.

Die meisten Beobachtungen aber machten wir vom Nachthimmel. Durch die ländliche Lage von Adelsheim gab es dabei nur wenig störende Lichtverschmutzung. Lichtverschmutzung entsteht durch künstliche Lichtquellen wie Straßenbeleuchtungen oder natürliche Lichtquellen wie dem Vollmond.

Nachdem die Teleskope nach dem Himmelsnorden ausgerichtet waren, konnten wir das Koordinatensystem des Nachthimmels und eine Sternkarte benutzen. Wir beobachteten Sterne, Sternbilder und Saturn. Von Saturn konnten wir einige Bilder mit der Handykamera durchs Teleskop machen, wobei die bunte Erscheinung durch Fehler der Kamera zustande kam.

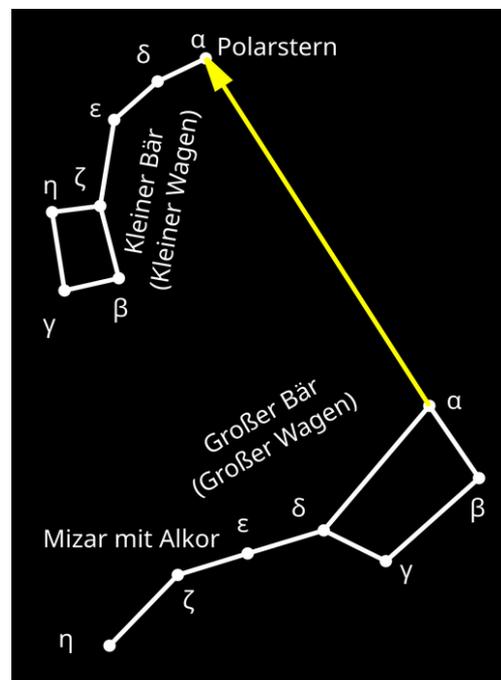
Die Sichtbarkeit von Sternen variiert je nach Jahreszeit durch die Erdposition. Die für



Eigenes Foto des Saturn.

Deutschland winterlichen Sternbilder liegen während des Sommers am Tag über dem Horizont und sind wegen der Helligkeit der Sonne nicht zu sehen. Gute Beispiele sind das Sommerdreieck, Herbstviereck, Wintersechseck und Frühlingsdreieck. Das sind jeweils Sternbilder mit den hellsten Sternen, die zu dieser Jahreszeit zu sehen sind.

Es gibt aber auch Sternbilder, die das ganze Jahr über zu sehen sind. Diese nennt man *zirkumpolare Sternbilder*. Bekannte Beispiele sind der Große und Kleine Wagen, Kassiopeia, Kepheus, der Drache und weitere.



Funktion des großen Wagens als Polarsternzeiger.⁹

⁹Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Flups, gemeinfrei-ähnlich lizenziert)

Für die Navigation auf der Nordhalbkugel sind die zirkumpolaren Sternbilder sehr wichtig – besonders ein Stern: der Nordstern. Der Nordstern, auch Polarstern genannt, liegt fast genau auf dem Himmelsnorden und zeigt somit die nördliche Richtung an. Er ist auch gleichzeitig der hellste Stern im kleinen Wagen. Man findet ihn, indem man die Hinterachse des Großen Wagens fünfmal verlängert.

Ein Ereignis, das wir während der Akademiezeit sehen konnten, war ein sehr heller Meteor, der ungefähr 10 bis 15 Sekunden am westlichen Nachthimmel zu sehen war. Später stellte sich heraus, dass es sich bei dem Meteor um den verglühenden Starlink-Satelliten 2382 gehandelt hatte. Neuere Satelliten sind so programmiert, dass sie nach Ende ihrer aktiven Phase in die Erdatmosphäre stürzen, um zu verglühen. So soll Weltraumschrott verhindert werden. Es ist wichtig, dass ausgediente künstliche Satelliten verglühen und nicht als Schrott im All bleiben, da sie sonst weitere Missionen behindern und es zu Kollisionen kommen kann.

Die praktische Beobachtung war eine gute Gelegenheit für uns, den Himmel besser kennenzulernen. Dieses Erlebnis war äußerst spannend und lehrreich.

Missionsplanung – Was den Dinosauriern fehlte

NICOLAS FARCHMIN

Ein weiterer besonders spannender Teil unseres Kurses war die Planung unserer eigenen Weltraummission zu einem Asteroiden. Wir hatten alle sehr viel Spaß an dem Projekt und hätten gerne auch mehr Zeit damit verbracht.

Alle bisherigen Weltraummissionen waren Forschungsmissionen, wir suchten uns aber ein weitaus dringenderes Ziel aus. Das Ziel der von uns geplanten Mission war es, die Erde vor einem Asteroiden, der sie in einigen Jahren treffen wird, zu schützen.

Die Mission drehte sich um den fiktiven Asteroiden Erinyes. Nach einer Tradition für gefährliche Asteroiden ist er nach Gottheiten der Unterwelt benannt. In unserem Fall sind das die Erinnyen, die griechischen Rachegöttinnen.

Der Asteroid ist etwa dreißigmal kleiner als der, der die Dinosaurier auslöschte. Träfe Erinyes die Erde, würde er trotzdem die größte Katastrophe auslösen, die die Menschheit je gesehen hat. Dies beinhaltet einen 10 Kilometer großen Krater und ein Erdbeben viermal so stark wie das von Fukushima im Jahre 2011.



Missionsplanung im Astrokurs.

Um die Erde davor zu bewahren, wollten wir wie bei der Dart-Mission der NASA vorgehen und eine Raumsonde zu einem günstigen Zeitpunkt mit dem gefährlichen Asteroiden kollidieren lassen. Das soll seine Umlaufbahn um die Sonne so verändern, dass er die Erde verfehlt und somit für sehr lange Zeit keine Gefahr mehr besteht.

Die Mission taufte wir auf den Namen *ALWA-17*. Der Name stammt von einem Nachmittag, als wir im Kurs verschiedene Objekte mit einem Apparat ähnlich einer Luftpumpe über den Sportplatz des Eckenberg-Gymnasiums schossen. Darunter befand sich unter anderem eine Alwa-Mehrwegflasche, die beinahe mehrere Kursteilnehmer über den Haufen geflogen hätte. Außerdem waren einschließlich unseres Kursmaskottchens 17 Personen an der Planung beteiligt, weshalb wir diese Zahl an den Missionsnamen anhängten.

Die Planung einer Raummission hat sehr viele Facetten, weshalb wir uns in Gruppen aufteilten, die sich alle mit einem speziellen Teilgebiet der Mission auseinandersetzten.

Zuerst ermittelte eine der Gruppen, welcher der uns gegebenen Asteroiden mit der Erde kollidieren wird, und befasste sich anschließend mit den Flugbahnen des Asteroiden sowie der Sonde und dem benötigten Manöver.

Eine weitere Gruppe setzte sich mit dem Antrieb der Sonde auseinander, hierbei verglichen

wir verschiedene Arten von Triebwerken und berechneten sowohl den benötigten Treibstoff als auch die benötigte Energie. Zudem bestimmten wir, auf welche Art wir diese Energie im All gewinnen wollten und welche Bauteile wir dafür benötigten.

Da bei solchen Missionen sehr häufig Probleme und Fehler auftreten, bestimmte die dritte Gruppe die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten dieser Probleme und fand verschiedene Sicherheitsvorkehrungen, um das Risiko zu minimieren.

Die vierte Gruppe wendete sich der Sonde selbst zu. Wir legten die Architektur der Sonde fest, suchten die benötigten Instrumente an Bord aus, aber brachten auch die für Energie und Antrieb relevanten Bauteile in der Sonde unter und erstellten dazu ein 3D-Modell.

Da die Mission hinsichtlich der zeitnahen Kollision mit Erinyes eine gewisse Dringlichkeit besaß, wies sie einige Unterschiede zu regulären Missionen auf. Aufgrund der verheerenden Folgen des Einschlags wäre die Mission im Interesse der ganzen Weltbevölkerung, weshalb wir Kosten und politische Hintergründe vernachlässigten. Obwohl wir im Falle eines Scheiterns der Mission Ersatzpläne anfertigten, verzichteten wir auf die Planung einer sekundären Mission oder auf den Start eines Raumfahrtprogramms. Außerdem war das Sammeln von Daten bei der Mission zweitrangig, weshalb wir auf bestimmte Forschungsinstrumente wie Spektrometer verzichteten.



Sonnenbeobachtung.

Besonders wichtig für das Gelingen der Planungen war neben einer klaren Aufgabenverteilung auch der Austausch zwischen den einzelnen

Gruppen, da am Ende alles aufeinander abgestimmt sein musste. So war zum Beispiel die Gruppe, die die Länge des Flugs bestimmte, in ständiger Zusammenarbeit mit der zweiten Gruppe bezüglich der benötigten Beschleunigung und dem Bedarf an Treibstoff. Der Austausch klappte sehr gut und die Gruppen arbeiteten einwandfrei zusammen. Die Aufgaben der einzelnen Gruppen und die Überschneidungen der Aufgaben waren:

Flugbahn

- Identifizieren des gefährlichen Asteroiden
- Simulieren der Flugbahn der Sonde
- Berechnen des Manövers, sowie Weitergabe an Energie und Antrieb
- Berechnen des Sonnenabstands für die Solarpaneele, in Absprache mit Energie und Antrieb
- Berechnen der benötigten Masse und Weitergabe an Team Sonde

Energie und Antrieb

- Energiebedarf der Nutzlast bestimmen
- Größe der Solarpaneele errechnen
- Ein Antriebssystem auswählen
- Tankgröße bestimmen
- Antrieb und Tank recherchieren und an die Sondennguppe weitergeben

Sonde

- Nutzlast bestimmen und Instrumente recherchieren
- Form bestimmen
- Startmasse berechnen
- Sonde als 3D-Modell visualisieren

Risiko

- Fehlerrate von Raketenstarts recherchieren und Rakete auswählen
- Mögliche Probleme nach dem Start bestimmen

- Mögliche Mitigationen oder Lösungen für Probleme finden
- Probleme im Orbit identifizieren und einen Sicherheitsabstand an das Flugbahnteam weitergeben
- Gesamtwahrscheinlichkeit für den Missionserfolg berechnen

Gerade aufgrund dieser Teamleistung schaffen wir es innerhalb von nur zwei Tagen, die Planung abzuschließen. Im Folgenden stellen wir unser Vorgehen, unsere Arbeitsweisen und unsere Ergebnisse vor.

Missionsplanung – Flugbahn

MATTHIAS WARKEN

Wir, das Flugbahn-Team, hatten während der Missionsplanung drei Aufgaben: Die Berechnung/Simulation der Flugbahnen, sowohl der Sonde als auch des Asteroiden, die Unterstützung der anderen Teams durch das Bereitstellen von Daten und die Visualisierung der Mission.

Zur Berechnung der Flugbahnen benutzten wir `pykep`, eine von der ESA entwickelte Python-Bibliothek. Zusätzlich dazu bekamen wir eine Liste von sowohl erfundenen als auch bekannten Asteroiden. Mithilfe der Bibliothek simulierten wir dann, welche der Asteroiden aus der Liste sogenannte *Erdbahnkreuzer* sind, was bedeutet, dass ihre Apoapsis über und ihre Periapsis unter 1 AE liegt (siehe Umlaufbahnen). Um herauszufinden, welche dieser potenziell gefährlichen Asteroiden die Erde tatsächlich zeitnah treffen würden, schrieben wir einen Algorithmus, der für jeden der Asteroiden für jeden Tag der nächsten 20 Jahre die geringste Entfernung zur Erde ausrechnet. Dabei kam heraus, dass der fiktive Asteroid Erinyes, der etwa die Größe des realen Asteroiden Bennu hat (circa 500 m Durchmesser am Äquator), die Erde am 25. August 2032 treffen wird.

Nachdem wir das herausgefunden hatten, mussten wir uns darauf einigen, wie wir den Asteroiden abwehren wollen. Zur Auswahl standen:

1. Eine Sonde wie bei der Dart-Mission der NASA mit dem Asteroiden kollidieren zu lassen, um ihn abzulenken.

2. Eine Atombombendetonation auf dem Asteroiden auszulösen, um diesen in mehrere kleinere Teile zu sprengen, sodass diese alle in der Atmosphäre der Erde verglühen.
3. Ein Triebwerk auf dem Asteroiden landen zu lassen, das diesen dann langsam weit genug wegschiebt, bis er uns nicht mehr trifft.

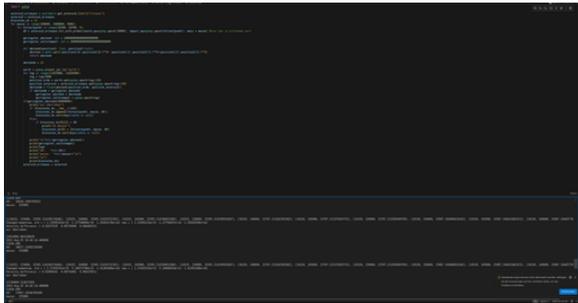
Weil nukleare Einsätze im Orbit international verboten sind und wir uns bei Möglichkeit 3 zusätzlich noch um eine gelungene Landung hätten kümmern müssen, entschieden wir uns letztendlich für Möglichkeit 1.

Um unserem Namen gerecht zu werden, fingen wir nach der Entscheidung über das Vorgehen bei der Abwehr direkt damit an, die bestmögliche Flugbahn für die Sonde auszurechnen. Als frühesten Abflugzeitpunkt einigten wir uns auf den 19. Mai 2027, weil wir dann genug Vorbereitungs- und Pufferzeit hätten. Außerdem rechnen Astronomen, und damit unsere Bibliothek, häufig mit der „*Modified Julian Date*“-*Zeitrechnung*, in der der 19. Mai netterweise als 10000 dargestellt wird, da diese Zeitrechnung die Tage nach dem 1. Januar 2000 zählt. Vorteil davon ist, dass man Schalttage vernachlässigen kann.

Dann machten wir uns daran, das eigentliche Programm zu schreiben. Um dieses zu verstehen, muss man wissen, dass die Python-Bibliothek mithilfe eines Start-, eines Endzeitpunkts und der Masse der gestarteten Sonde ausrechnen kann, wie viel Energie man für den Flug braucht und wie viel die Kollision den Asteroiden ablenken würde. Wenn die Zeitpunkte weiter auseinander liegen, muss man weniger beschleunigen, hat aber eine geringere Ablenkung. Um dort das perfekte Mittelmaß zu finden, legten wir den Startzeitpunkt wie gesagt als den 19. Mai 2027 fest, variierten die Masse der Sonde und den Kollisionszeitpunkt und ließen alle Szenarien speichern, bei denen Erinyes mit einem gewissen Sicherheitsabstand an der Erde vorbeifliegen würde.

Da wir 180 unterschiedliche Gewichte für die Sonde (von 100 t bis 1000 t in 5er-Schritten) und 120 mögliche Kollisionszeitpunkte simulieren wollten (von August 2027 bis April 2029), musste das Programm insgesamt 21 600 Szenarien simulieren und nach Energieeffizienz sor-

tieren. Nachdem wir das Programm ein paar Stunden hatten laufen lassen, war eine beinahe perfekte Flugbahn erkennbar: Mit dem Kollisionsdatum 27. Juli 2028, also 435 Tagen Flugzeit, könnten wir den Asteroiden mit nur 200 t Masse und Manövern im Umfang von 5870 m/s ausreichend ablenken, um die Erde knapp zu verfehlen.



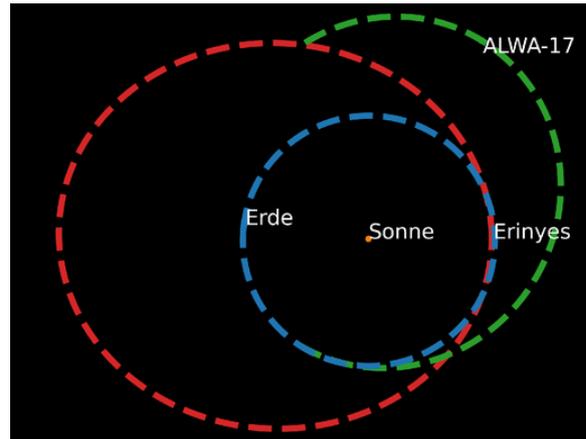
Laufendes Flugbahnen-Optimierungsprogramm.

Mithilfe dieser wichtigen Daten konnten das Energie- und das Sonden-Team so richtig durchstarten. Im Verlauf der gesamten Missionsplanung mussten wir immer mal wieder einem anderen Team Daten liefern oder etwas simulieren, um anderen Gruppen zu helfen – zum Beispiel berechneten wir den Abstand der Sonde zur Sonne, damit das Energieteam die Effizienz der Solarpaneele bestimmen konnte.

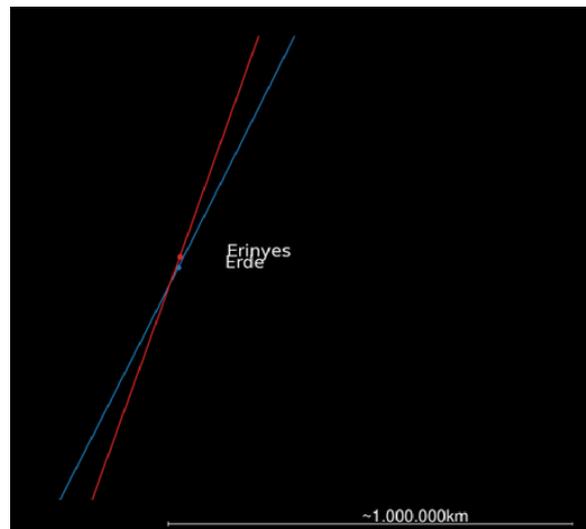
Außerdem gaben wir den Zeitraum und die Daten der Mission an das Risikoteam weiter, damit es genug Pufferzeit mit einberechnen konnte. Das Energieteam benötigte von uns die Masse und den Energieverbrauch der Sonde, um sie so zu designen, dass sie genug Treibstoff für den ganzen Weg aber trotzdem am Ende noch genug Masse übrig hat, um Erinyes ausreichend abzulenken. Das ist besonders wichtig, da selbst bei den effizientesten Sonden (siehe Dart-Mission der NASA) die Sonde immer noch aus 8% Treibstoff besteht. Und weil wir noch einen Puffer mitnehmen wollten, lag unser Treibstoffanteil sogar deutlich höher.

Unsere dritte Hauptaufgabe bestand dann in der Visualisierung des Plans. Wir wollten sowohl die Flugbahn der Sonde *ALWA-17* als auch eine Visualisierung der abgelenkten Umlaufbahn von Erinyes, bei der dieser die Erde knapp verfehlt, für die Abschlusspräsentationen zur Verfügung haben.

Für das erste GIF, die Simulation der Flugbahn der Sonde, machten wir für den Zeitraum von zehn Tagen vor dem Abflug bis zehn Tage nach der Kollision mit dem Asteroiden aus jedem Tag einen *Frame*, also ein Bild. Auf diesen Bildern ist immer die Sonne im Zentrum und die Positionen und Umlaufbahnen der Erde, der Sonde *ALWA-17* und Erinyes zu sehen. Diese Einzelbilder mussten wir dann nur noch aneinanderreihen und als GIF speichern.



Fertige Animation der Flugbahn mit der Sonne im Zentrum. Sichtbar sind die Erde (blau), der gefährliche Asteroid Erinyes (rot) und unsere Sonde *ALWA-17* (grün).



Der fiktive Asteroid Erinyes, der in die Erde hätte einschlagen sollen, fliegt nach der Ablenkung durch unsere Sonde wenige tausend Kilometer an der Erde vorbei.

Beim zweiten GIF gibt es zusätzlich zu den Effekten aus GIF 1 noch einen Zoom, der so stark

vergrößert, dass man die Erde als Punkt mit dem Faktor 2:1 zur eigentlichen Größe in dem Maßstab sieht. Deshalb streift der Punkt des Asteroiden den Punkt der Erde in der Animation. Daran sieht man sehr gut, wie knapp der Asteroid im kosmischen Maßstab an uns vorbeifliegen würde, obwohl wir seine Bahn über 10.000 km abgelenkt haben.

Abschließend können wir alle sagen, dass wir in den zwei Tagen ein großartiges Endprodukt produziert und dabei viel lernen durften.

Missionsplanung – Energie und Antrieb

FELIX HEINE

In der Missionsplanung sind Energie und Antrieb ein entscheidender Faktor. Soll eine Mission gelingen, braucht man einen Antrieb, der die Sonde so schnell beschleunigt, dass sie in einer angemessenen Zeit den Zielort erreicht und dabei den nötigen Ausgleich zwischen Risiko, Effizienz und auch Kosten mit sich bringt. Ebenso braucht man eine Energieversorgung, die wichtige Gerätschaften an Bord, wie Kamera, Funk oder Bordcomputer, sowie gegebenenfalls den Antrieb mit genügend Strom versorgt. Dies gilt insbesondere auch bei unserer Mission.

Für die gesamte Mission samt Planung haben wir nur acht Jahre Zeit. Die Flugzeit selbst sollte wesentlich kürzer sein und bei höchstens zwei Jahren liegen, um genügend Zeit für Notfallpläne zu haben. Viele reale Missionen fliegen ein ganzes Jahrzehnt lang und benutzen dabei *Swing-by-Manöver*, die die Schwerkraft eines Planeten nutzen, um die Geschwindigkeit der Satelliten zu erhöhen, ohne zusätzlichen Treibstoff zu verbrauchen. Diese wären für unsere Mission viel zu zeitintensiv.

Dabei müssen wir nicht nur an einem Ziel ankommen, wir müssen dieses Ziel auch noch mit einem ausreichend großen Impuls treffen, damit es ausreichend abgelenkt wird. Das sind anspruchsvolle Vorgaben, was eine Menge Arbeit für die *ALWA-17*-Mission bedeutete.

Fangen wir an mit den genauen Anforderungen: Wegen der begrenzten Zeit, die wir zur Verfügung hatten, war auch die Zeit begrenzt, die

wir zur Beschleunigung nutzen konnten. Ein effizienter Antrieb mit einem relativ schwachen Schub könnte ein ähnliches Manöver zwar fliegen, bräuchte dabei aber eine zu große Zeit, um die erforderliche Geschwindigkeit zu erreichen. Um den Zeitplan zu erfüllen, sollten wir mit einer Beschleunigungszeit von nicht über 150 Tagen auskommen.

Die gewählte Flugbahn ergibt die Menge an nötigen Geschwindigkeitsänderungen. In diesem Fall benötigten wir einen Geschwindigkeitsunterschied von 5870 m/s.

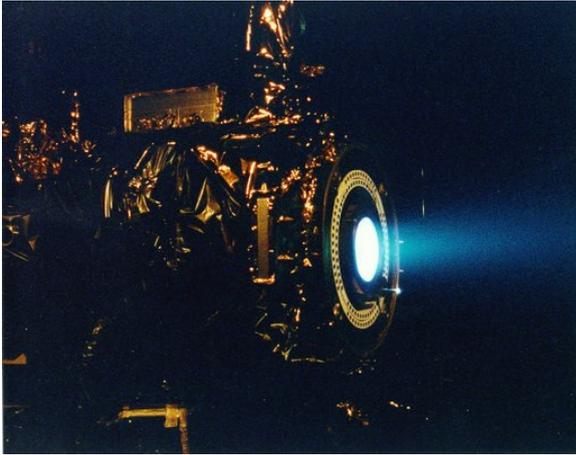
Antrieb

Die Fortbewegung im All erweist sich als schwieriger als in der Atmosphäre. So müssen Antriebe in der Raumfahrt auf das *Rückstoßprinzip* setzen: Dies besagt, dass für jede Aktion eine gleich große entgegengesetzte Reaktion entsteht.

Angewandt auf die Raumfahrt: Der Schub, der durch den Ausstoß von Abgasen aus einer Rakete erzeugt wird, kann genutzt werden, um eine gleich große Kraft in die entgegengesetzte Richtung zu erzeugen, die unsere Sonde im Weltall vorwärts treibt. Hierbei hängt der Schub von der ausgestoßenen Masse und der Geschwindigkeit der austretenden Masse ab.

Klassische *chemische Raketenantriebe* nutzen dabei die Verbrennung von Treibstoffen, um eine große Menge an Gasen zu erzeugen, die mit hoher Geschwindigkeit ausgestoßen werden. Das bringt eine sehr hohe Beschleunigung mit sich, verbraucht aber auch viel Treibstoff.

Ionentriebwerke funktionieren anders. Hierbei wird ein Gas, wie zum Beispiel *Xenon*, ionisiert, wobei negativ geladene Ionen entstehen, die aus dem Gas austreten. Folgend werden die Ionen mit einem starken elektrischen Feld auf eine hohe Geschwindigkeit beschleunigt. Diese sehr hohe Geschwindigkeit erfordert einen geringeren Ausstoß von Treibstoff. Andererseits geht diese Technologie mit einem hohen Energieverbrauch für das elektrische Feld einher und hat einen vergleichsweise geringen Schub, verbraucht dafür aber kaum Treibstoff, was in vielen Missionen einen großen Vorteil bietet.

Xenon-Iontriebwerk.¹⁰

Energie

Wie bereits beschrieben, benötigen viele Geräte an Bord der Sonde eine Versorgung mit elektrischer Energie. Ebenso würde ein möglicher Ionenantrieb eine hohe Leistung fordern. Dafür ist es nötig, die elektrische Leistung direkt in der Sonde zu gewinnen, da sich elektrische Energie über lange Zeiträume und in großen Mengen nicht effizient speichern lässt.

So setzte man in der Raumfahrt bis jetzt vor allem auf zwei Typen, einmal Solarenergie und zum anderen Kernenergie. Zur Nutzung von Solarenergie werden Solarpaneele seitlich an der Sonde installiert, die dann zur Sonne ausgerichtet werden. Dazu ist es auch nötig zu berechnen, wie weit sich die Sonde während der Mission von der Sonne entfernt, da je nach Sonnendistanz ein Solarpaneel mehr oder weniger Leistung liefert. Diese verbrauchen viel Platz, sind allerdings auch in der aktuellen Raumfahrttechnik sehr erprobt.

Die zweite Möglichkeit wäre, ein kleines „Atomkraftwerk“ in die Sonde einzubauen.¹¹ Das ist auch schon bei einigen älteren Missionen, zum Beispiel von der Sowjetunion in den 60er bis 80er Jahren, verwendet worden. Es bietet den Vorteil eines relativ geringen Platzverbrauchs. Allerdings gibt es kaum aktuelle Modelle und so kann man auf keine getesteten Bauteile zu-

¹⁰Abbildung: NASA/JPL

¹¹Alle heutigen Missionen, die Nuklearenergie nutzen, erzeugen Strom nur passiv aus der Zerfallswärme von radioaktivem Material. Das würde für unseren Stromverbrauch allerdings kaum ausreichen.

rückgreifen, was ein erhöhtes Risiko mit sich bringt.

Berechnung

Nachdem wir unsere Möglichkeiten sondiert hatten, machten wir uns an die Berechnung im Einzelnen, angefangen mit den Triebwerken: Die Formel, um die benötigte Kraft der Triebwerke zu errechnen, lautet wie folgt:

$$F = \frac{dv \cdot M}{t}.$$

Dabei steht dv für die nötige Geschwindigkeitsänderung, M für die zu bewegende Masse, t für die Beschleunigungszeit in Sekunden und F für die Kraft in Newton. Für unsere Mission ergibt sich:

$$F = \frac{5870 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 310\,000 \text{ kg}}{1,296 \cdot 10^7 \text{ s}} \approx 140 \text{ N}.$$

Ein kleines chemisches Triebwerk, das auch real in Satelliten verbaut wird, hat zum Beispiel eine Masse von 3,6 Kilogramm und bietet alleine etwa 400 Newton, damit wäre also die Mission in der gegebenen Zeit zu schaffen.

Im Gegensatz dazu würde ein momentan erforshtes Modell eines Ionentriebwerks (14 Kilogramm), mit einem Energieverbrauch von sieben Kilowatt, gerade einmal 0,25 Newton bieten. Davon bräuchte man also 560 Triebwerke mit einem Gesamtverbrauch von 3920 Kilowatt, um die Mission in der gegebenen Zeit zu schaffen.

Jedoch muss man auch berechnen, wie viel Treibstoff der chemische Antrieb verbraucht. Dazu brauchen wir die *Raketengleichung*:

$$dv = v_e \cdot \ln \left(\frac{m_s}{m_f} \right).$$

Hierbei steht v_e für die Austrittsgeschwindigkeit des Gases, m_s für die Startmasse, m_f für die benötigte Endmasse und \ln ist der natürliche Logarithmus mit der Eulerschen Zahl e als Basis.

Wenn wir nun die Treibstoffmenge wissen wollen, müssen wir nach m_s umstellen:

$$m_s = e^{\frac{dv}{v_e}} \cdot m_f.$$

Bei einer typischen Ausstoßgeschwindigkeit von chemischen Antrieben und den erforderlichen Parametern für unsere Mission führt das auf:

$$m_s = e^{\frac{5870}{5000}} \cdot 300\,000 \text{ kg} \approx 970\,472 \text{ kg}.$$

Zieht man die Masse der Sonde ohne Treibstoff (m_e) ab, kommt man so auf über 670 Tonnen Treibstoff, eine Menge, die alleine mehrere Raketenstarts erfordern würde.

Bei Ionenantrieben sähen die Zahlen eher so aus:

$$m_s = e^{\frac{5870}{200\,000}} \cdot 300\,000 \text{ kg} \approx 308\,935 \text{ kg},$$

es genügen also knapp 9 Tonnen Treibstoff. Damit können wir auch berechnen, wie groß der benötigte Tank sein müsste:

$$V = \frac{m}{\rho},$$

mit der Masse m , Dichte ρ und Volumen V . Mit der entsprechenden Dichte von Xenon würde das bedeuten:

$$V = \frac{8935 \text{ kg}}{1080 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 8,27 \text{ m}^3,$$

wir benötigen also einen Tank mit einem Volumen von $8,27 \text{ m}^3$.

Ein Quadratmeter Solarpaneel bietet bei einer Entfernung von 1,5 AE etwa 150 Watt Leistung. Um die Triebwerke und alle anderen Geräte ausreichend zu versorgen (etwa 3920 Kilowatt für die Triebwerke und zehn Kilowatt für den Rest) benötigen wir also:

$$\frac{3930 \text{ kW}}{0,15 \frac{\text{kW}}{\text{m}^2}} = 26\,200 \text{ m}^2 \text{ Solarpaneele.}$$

Fazit

So nutzen wir für unsere *ALWA-17*-Mission 560 Iontriebwerke mit einer Masse von insgesamt acht Tonnen. Sie verbrauchen wenig Treibstoff (9 Tonnen) und lassen uns so trotz ihres hohen Energieverbrauchs die Mission realisieren.

Für den Fall, dass schnelle Kurskorrekturen notwendig werden, kalkulieren wir Ersatztriebwerke ein. Hierfür nutzen wir vier chemische

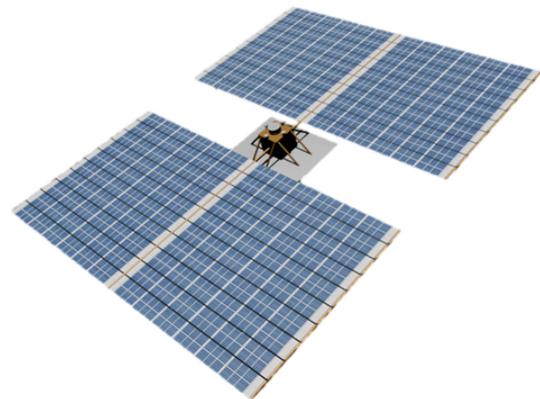
Antriebe (jeweils 400 Newton), die uns innerhalb von zwei Tagen einen Schub von 500 m/s garantieren. Der Treibstoff hierfür besteht aus 6 Tonnen Hydrazin mit Stickstofftetroxid.

Für die Energieversorgung nutzen wir eine $26\,200 \text{ m}^2$ große Photovoltaikanlage (Größe von drei Fußballfeldern). Sie stellen ausreichend Energie für die Triebwerke und andere Gerätschaften bereit und sind häufiger getestet als Kernenergie, die zwar Platz sparen würden, aber ein höheres Risiko birgt.

Missionsplanung – Sonde

ALEXANDER PROBST

Dieses Team befasste sich damit, wie die Sonde aussieht und welche Subsysteme eingebaut werden. Die Sonde besteht aus einem kubischen Körper, in dem die Subsysteme (z. B. Kameras; Liste mit Erklärungen siehe unten) verbaut sind.



Das 3D-Modell der Sonde, das wir mit Blender erstellt haben.

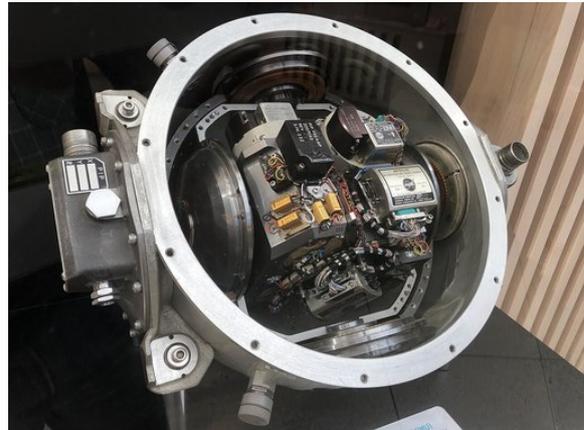
Wir mussten alle Subsysteme in Abstimmung mit dem Risiko-Team mehrmals verbauen, um bei Ausfällen Reserven zu haben (siehe Kapitel zum Risiko-Team). Von den Subsystemen recherchierten wir im Internet immer das genaue Modell. All diese Teile könnte man jetzt bei den Herstellern bestellen. Wir verwendeten nur etablierte, verfügbare Modelle, da wir es uns in unserer Mission nicht leisten konnten, noch Zeit einzuplanen, um neue Modelle zu entwickeln und zu testen. Das Risiko von Fehlern wäre dann auch größer.

Auf der Unterseite der Sonde befinden sich die 560 Ionentriebwerke, die die nötige Beschleunigung für den Einschlag erzeugen, wie das Antriebsteam berechnet hat. Am Körper sind viele kleine, einrollbare Solarpaneele befestigt, die sich nach dem Abschuss ins All ausrollen und die nötige Energie für den Antrieb und die Subsysteme bereitstellen. Ihre Fläche beträgt insgesamt 26 000 m². Wir visualisierten die Sonde auch im 3D-Programm *Blender*, wie in der Abbildung zu sehen. Dafür mussten wir die Größe der Komponenten kennen und entscheiden, wo und wie wir sie in der Sonde am besten unterbringen.

Folgende Subsysteme sind in der Sonde verbaut:

1. Antenne: Die Antenne empfängt Steuerungssignale von der Erde und sendet alle Daten der Subsysteme zur Erde, z. B. Bilder von den Kameras.
2. Kameras: Mit den Kameras kann man die aktuelle Flugbahn der Sonde bestimmen. Außerdem werden sie den Einschlag auf den Asteroiden filmen.
3. Gyroskope: Gyroskope bestehen aus einer rotierenden Scheibe, die reagiert, wenn sich die Sonde dreht. Wenn man drei Stück davon im richtigen Winkel zueinander platziert, kann man die Ausrichtung und Rotation der Sonde dreidimensional erfassen.
4. Bordcomputer: Der Bordcomputer verarbeitet die eingehenden Signale von den Kameras, den Gyroskopen und den Triebwerken und gibt diese mithilfe der Antenne an die Erde weiter. Er empfängt auch Steuerungssignale von der Erde über die Antenne und gibt diese an die Triebwerke oder die Subsysteme weiter.
5. Reaktionsräder: Reaktionsräder sind schwere, rotierende Scheiben, die dazu benutzt werden, die Sonde zu drehen und den Motor auszurichten.
6. Kühlpaneele: Die Kühlpaneele leiten die Wärme, die beim Betrieb der Triebwerke und der elektrischen Systeme entsteht, in den Weltraum ab, damit die Sonde nicht überhitzt. Davon haben wir vier Stück mit einer Fläche von je 22 × 10 m, die bei der

Beförderung in den Weltraum noch eingeklappt sind.



Ein Beispiel für eine Kombination von Sensoren, enthalten sind u. a. ein Beschleunigungs-, und ein Rotationssensor (Gyroskop).¹²

Das war eine Zusammenfassung der Architektur und der Teile der Sonde, doch diese sind im Weltall verschiedenen Risiken ausgesetzt. Diese Risiken analysierte das nächste Team.

Missionsplanung – Risiko

MAIA BUTZ

Bei Missionen in den Weltraum ist immer wichtig, im Vorfeld eine Risikobewertung durchzuführen. Das wird besonders wichtig, wenn ein Scheitern der Mission gefährliche Folgen hat, was auch bei unserer Mission *ALWA-17* der Fall wäre. Bei unserer Mission liegt die Erfolgswahrscheinlichkeit ohne Vorkehrungen und Reserven bei nur 14,5 %. Das ist eindeutig zu wenig, wenn das Leben tausender Menschen davon abhängt. Deshalb ist es wichtig, dass wir einige Maßnahmen ergreifen. Hierzu ist es notwendig, zu wissen, zu welchen Zeitpunkten der Mission es welche Risiken gibt, wie wahrscheinlich sie sind und wie man sie minimieren kann.

Das erste Problem ergibt sich schon vor dem Start: Um eine solche Sonde zu bauen, benötigt man normalerweise circa zehn Jahre, aber in drei Jahren soll die Mission *ALWA-17* schon starten. Wenn Kosten nicht relevant sind und

¹²Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Arnold-Reinhold, CC BY-SA 4.0)

	Risiko	Wahrscheinlichkeit	Beheben
Vor dem Start	Entwicklung/ Bauzeit	X (Normale Bauzeit 10 Jahre!)	bereits vorhandenes Raketenmodell & Zusammenarbeit
Start	Raketenausfälle & generelle Probleme	5–30 % 10 %	Ersatzraketen, keine Erstfliegenden
Atmosphärenaustritt	Weltraumschrott	0,1 %	ausweichen/passende Flugbahn wählen
Weltraum	Sonnenstürme	ca. 1 %	flexibles Startdatum, Abschirmung der Elektronik

Zusammenfassung der berücksichtigten Risikofaktoren.

alle Weltraumfahrtorganisationen zusammenarbeiten, um mehr Personal und Montagehallen zu bündeln, sollte dies jedoch realisierbar sein. Allerdings ist die Sonde zu schwer und zu groß, um mit einem aktuell vorhandenen Raketenmodell in einem Stück ins All gebracht zu werden. Für die Entwicklung eines neuen Raketenmodells fehlt jedoch die Zeit, das bedeutet, wir müssen ein bereits entwickeltes Modell verwenden, die Sonde in mehreren Schritten ins All bringen und dort zusammenbauen.



Einer der Testflüge des *Starship*.¹³

Raketen haben bei Erst- und Zweitflügen ihres Modells eine deutlich höhere Ausfallrate (30 %) als ab dem zehnten Flug (5 %). Ein zusätzliches Risiko bilden grundlegende Pro-

bleme, die bei Raketenflügen auftreten können, wie zum Beispiel *Underperformance*, wobei die Flugbahn selbst nach vollständigem Verbrauch des Treibstoffes zu niedrig ist, oder unzureichender Druck in der Turbopumpe des Raketenmotors. Darum bauen wir insgesamt neun Raketen, vier benötigt man und fünf dienen als Ersatz. Das Raketenmodell lassen wir mindestens zehnmal vor der Mission starten.

Wir verwenden das Raketenmodell *Starship* von *SpaceX*, da es eine große Nutzlast hat, einfach und schnell zu bauen ist und sich bereits im Ende der Testphase befindet. Zudem sind die Raketen dieses Modells wiederverwendbar, was für uns eine besondere Hilfe darstellt, da wir mehrere Starts benötigen.

Bei Austritt der Rakete aus der Erdatmosphäre ist Weltraumschrott ein weiteres Problem, jedoch liegt die Wahrscheinlichkeit einer Kollision momentan bei lediglich 0,1 %. Größeren Teilen kann man ausweichen und eine passende Flugbahn wählen. Für den Fall, dass die Elektronik der Sonde von kleineren Teilen beschädigt wird, sind Backupsysteme vorhanden.

Zusätzlich herrscht im Weltraum das Risiko von Sonnenstürmen. Dieses beträgt circa 1 %. Glücklicherweise finden momentan sehr viele Sonnenstürme statt und da die Sonne einen Elfenjahresrhythmus verfolgt, sollten in drei Jahren schon deutlich weniger Sonnenstürme vorkommen. Außerdem ist ein flexibles Startdatum hilfreich, sodass der Missionsstart auch um einige Tage verschoben werden könnte, sollten

¹³Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Osunpokeh, CC BY-SA 4.0)

direkt beim Start Sonnenstürme auftreten. Die Sonde selbst ist mit einer Schutzverkleidung für die Elektronik ausgestattet.

Außerdem ist wichtig, welche Ausfallrate die verbauten Teile in der Sonde jeweils haben und wie viele deshalb jeweils mitgenommen werden müssen, um möglichst sicher zu sein, dass diese funktionieren (z. B. fünf Kameras, vier Gyroskope, ...).

Bei Beachtung der kalkulierten Risiken und den getroffenen Maßnahmen ergibt sich eine Erfolgswahrscheinlichkeit der Mission *ALWA-17* von 99 %. Es kann natürlich noch weitere, uns unbekannte Risiken geben – bei realen Missionen waren häufig die Risiken relevant, an die niemand gedacht hatte.

Exkursion – DLR

VIOLETTA STEIGER

Am 02.09.2024 fand unser Exkursionstag nach Darmstadt statt. Auf dem Programm standen das *DLR_School_Lab* und das Kontrollzentrum der ESA.

Als wir am *DLR_School_Lab* in Darmstadt ankamen, bekamen wir zuerst einen kurzen Einblick, wofür das *Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt* (DLR) zuständig ist. Besonders überraschend war dabei, dass das DLR nicht nur für Technologien bei der Luft- und Raumfahrt verantwortlich ist, sondern auch stark bei der Entwicklung von Transportmöglichkeiten auf der Erde, zum Beispiel Zügen, Autos oder Schiffen, mitwirkt. Zusätzlich ist das DLR auch für GPS und Kartensysteme zuständig.

Nach der kurzen Einführung teilten wir uns in drei Gruppen auf, die jeweils an verschiedenen Stationen arbeiteten. Es wurde so rotiert, dass jede Gruppe zu jeder Station kam. Die Experimente wurden unter Aufsicht von Studierenden des jeweiligen Fachbereichs der TU Darmstadt durchgeführt und auch erklärt.

Passend zu unserer Missionsplanung im Kurs sollten wir an einer der Stationen eine Satellitenmission vom Kontrollzentrum aus durchspielen. Dabei wurden wir zuerst auf die verschiedenen Positionen eingeteilt. Unser Missionsziel war es, einen Satelliten so zu steuern, dass er

ein Luftbild vom Frankfurter Flughafen macht. Bevor es losging, wurden uns die Aufgaben der Positionen *SOM*, *SOE-1*, *SOE-2* und *SPACON* und das phonetische Alphabet erklärt. Das phonetische Alphabet entspricht dem lateinischen Alphabet, aber damit keine Buchstaben verwechselt werden, wurden Wörter mit den Anfangsbuchstaben des Alphabets festgelegt. Das phonetische Alphabet wird verwendet, wenn man Codes oder Befehle weitergibt, damit dabei keine falschen Befehle ausgeführt werden.

Dann ging es auch schon los. *SOM* (Spacecraft Operations Manager), der Leiter der Mission, hatte eine Aufgabenliste vor sich, auf der stand, wer welche Befehle wann ausführen muss. *SOE-1* (Spacecraft Operations Engineer 1), *SOE-2* (Spacecraft Operations Engineer 2) und *SPACON* (Spacecraft Controller) führten die Befehle aus. Dabei empfangen *SOE-1* und *SOE-2* die Daten des Satelliten und überprüften sie. *SPACON* war dafür zuständig, den Satelliten zu steuern und die Befehle an ihn zu senden. Während der Simulation sprachen wir wie in einem echten Kontrollzentrum. Aber nicht nur die Sprache, sondern auch die Umgebung war sehr realitätsnah. Am Ende bekamen wir das Luftbild des Frankfurter Flughafens als Ergebnis.



Die Kontrollraumsimulation.

Bei einer weiteren Station ging es um *Spektroskopie*. Um Spektroskopie zu verstehen, muss man wissen, dass sich Licht in Wellen im Raum ausbreitet. Jede Farbe hat eine andere Wellenlänge. Weißes Licht ist die Mischung aus Licht aller Farben des Regenbogens, das heißt vieler Wellenlängen. Dabei ist der Bereich des Lichts, der für Menschen sichtbar ist, sehr klein. Zum Beispiel können Menschen keine Infrarotstrahlung

len oder ultraviolette Strahlung sehen, das sind die Lichtbestandteile, die die nächstgrößere und die nächstkleinere Wellenlänge zu rotem beziehungsweise blauem Licht haben.

Mit *Spektroskopen* lässt sich das Licht in seine Bestandteile zerlegen. Im Inneren befindet sich dafür ein Prisma, das das einfallende Licht in seine einzelnen Farbkomponenten aufspaltet. Unsere Aufgabe war es, verschiedene Lampen durch die Spektroskope anzuschauen und dann zu bestimmen, um welches Element es sich handelt. Denn jedes Element hat sein einzigartiges *Spektrum*, durch das es sich eindeutig zuordnen lässt.



Die Spektroskopiestation.

Bei der Station zur Robotik machten wir uns zuerst klar, warum Marsroboter nicht ferngesteuert, sondern programmiert werden: Die Übertragung von Funksignalen würde aufgrund der großen Entfernung 10 bis 20 Minuten dauern und es ist deshalb sicherer, Marsroboter zu programmieren. Um unseren eigenen Marsroboter zu programmieren, simulierten wir zuerst eine Marsumgebung und programmierten dann einen *LEGO-Mindstorms*-Roboter so, dass er auf dieser nachgebildeten Marslandschaft einer weißen Linie folgt.

Dafür mussten wir zuerst herausfinden, welcher Motor welchen Anschluss hat, und uns überlegen, welcher Motor verwendet werden muss, wenn zum Beispiel der linke Sensor rot und der rechte weiß anzeigt. Wenn der eine Sensor rot anzeigt, bedeutet es, dass er sich über der Marslandschaft befindet und wenn er weiß anzeigt, heißt es, dass er über der weißen Linie ist. Dann hatten wir auch alle Informationen, die wir brauchten, um den Roboter zu programmie-

ren. Am Ende konnte man noch ein bisschen ausprobieren, bei welcher Geschwindigkeit der Roboter besonders gut an der weißen Linie entlangfährt.



Die Robotikstation.

Exkursion – ESA

MIGUEL MÜLLER CERQUEIRA

Nach dem Aufenthalt im *DLR_School_Lab* machten wir uns direkt auf den 30-minütigen Fußweg zum *ESOC*, dem *European Space Operation Centre*. Dabei durften wir natürlich nicht die kurze Vesperpause und den Abstecher zu einer Eisdiele vergessen.

Angekommen vor den Toren des *ESOC* bekamen wir zuerst einen Besucherausweis, mit dem wir uns alle wie echte Astronauten fühlten, nur auf der Erde – leider ... Nach einer sehr kurzen Gepäckkontrolle folgte auch schon das Kennenlernen mit unserem Guide und einem Studenten, der bei der *ESA* sein Praktikum absolvierte. Sie begleiteten uns durch den gesamten Aufenthalt. Da unser Guide kein Deutsch sprach, war unsere Tour hauptsächlich auf Englisch, aber bei Rückfragen standen Moritz und der Student natürlich immer für uns bereit. Verwirrend wurde es eigentlich nur dann, wenn auf einmal unser Guide, der Student und Moritz anfangen, mit uns Englisch zu reden. Nach einer kurzen Begrüßung und Einführung ging es dann aber direkt schon los mit der Führung.

Die erste Station war ein Modell des Satelliten *XMM-Newton*, der 1999 ins All geschickt wurde, um Bilder vom Weltall im Röntgenstrahlenbereich aufzunehmen. Das Besondere

an den Satelliten aus dieser Zeit ist, dass sie ohne nennenswerte Rechenleistung – weniger als jedes moderne Handy – ihre Aufgaben im All erfüllen. Dieser Satellit kann nicht einmal Daten speichern, das heißt, dass er immer, wenn er eine Aufnahme macht, im Kontakt mit der Erde stehen muss, weil das Bild sonst einfach verloren ginge.

Als nächstes ging es in unserer Tour zur nächsten Weltraummission und zwar *Rosetta*. Hier erfuhren wir, dass es für jede Weltraummission eine Eins-zu-eins-Kopie auf der Erde gibt. Das dient dem Lösen von Problemen auf der Erde, bevor man es im All versucht, ein sogenanntes *Engineering Model*. Wir standen hier vor einem Engineering Model der Weltraummission Rosetta, welche den Lander *Philae* zu einem sonnennahen Kometen brachte, um diesen genauer zu untersuchen.

Da der Komet eine zu geringe Gravitation hatte, musste sich der Lander an dem Kometen „festhalten“. Leider fielen beide Systeme, die den Lander auf dem Kometen hätten befestigen sollen, aus ungeklärten Gründen aus. Deshalb kam der Lander auf dem Kometen auf, prallte wieder ab und sprang mehrfach auf dem Kometen auf. Als er schließlich in einer Felsspalte aufkam und dort hängen blieb, kam nicht mehr genug Sonnenlicht an die Solarpaneele, um ihn mit Strom zu versorgen. Da die Sonde aber während ihrer Runden um den Asteroiden noch Informationen zur Erde senden konnte, kennen wir die Gravitation des Asteroiden nun sehr genau, was uns zeigt, dass das Scheitern einer Mission nicht immer nur Nachteile hat.

Um mit solchen Satelliten zu kommunizieren, gibt es Antennen. Diese stehen an allen möglichen Orten auf der Welt, wie zum Beispiel auf dem Dach des Parkhauses des ESOC. Wenn wir nun einen Satelliten, der im *Low Earth Orbit* (LEO, weniger als 10 003 km über der Erdoberfläche) kreist, anfunken wollen, haben wir aber nur eine bestimmte Zeitspanne, bis er wieder am Horizont aus der Reichweite der Antenne verschwindet. Deshalb muss man die kurze Zeit effizient nutzen.

Wenn der Satellit nicht über den Zenit der Antenne geht, verkürzt sich nochmals die Zeit, die eine Antenne mit einem Satelliten kommunizie-

ren kann, auf wenige Minuten. Wenn man eine 24-Stunden-Verbindung haben möchte, müsste eine andere Antenne die Kommunikation mit dem Satelliten aufnehmen, sobald der Satellit aus der Reichweite der letzten verschwunden ist. Die einzige Ausnahme sind Satelliten im *Geostationary orbit (Geo)*, wo sie mit der Erde mitrotieren und immer über einem Punkt des Äquators stehen. Manche Antennen können einen Durchmesser von bis zu 30 Metern haben. Diese sind stärker und können schwächere Signale empfangen.

Danach ging es endlich rein in das Gebäude der ESA, wo auch schon das größte Highlight des Tages (der ganze Tag war ein Highlight) auf uns wartete: der *Mission Control Room* oder auch MCR. Das ist der Raum, den man sieht, wenn man einen Raketenstart im Internet mitverfolgt. Hier sitzen während eines Missionsstarts die SOMs, SOEs und SPACONS (siehe Abschnitt „Exkursion – DLR“). Aber auch die Profis trainieren – so wie wir – mit Simulationen, um sich an den Druck zu gewöhnen und zu lernen, in jeder Situation den Überblick zu behalten. Denn um hier zu arbeiten, muss man sich nicht nur sehr gut auskennen, sondern auch die richtigen Softskills haben.

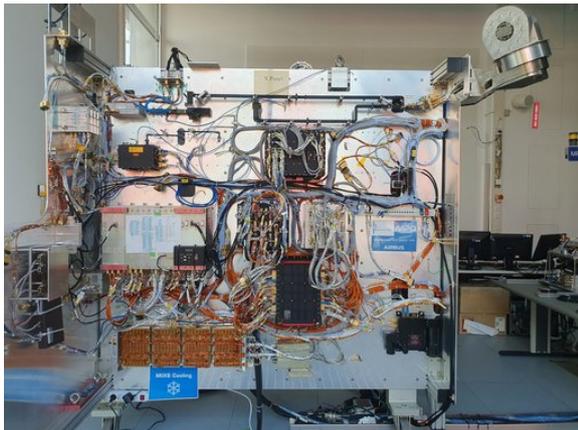


Mission Control Room ESOC Darmstadt
(eigenes Foto).

Nach einem kurzen eiskalten Wasser im Vorraum des MCR ging es auch schon direkt weiter mit unserer Führung. Da eine Mission/Satelliten nicht nur beim Start und in den ersten Tagen danach kontrolliert werden müssen, sondern auch im weiteren Verlauf ihres Aufenthalts im All, gibt es die *Dedicated Control Rooms*.

Wenn nun also der Start und die zahlreichen Checks aus dem MCR erfolgreich durchgeführt wurden, wird die Kontrolle und Überwachung in einen Dedicated Control Room verlegt. In diesen DCRs wird nun auf Monitoren die ganze Zeit gecheckt und kontrolliert, ob alles in Ordnung ist. Von diesen Dedicated Control Rooms gibt es mehrere, wobei ein Raum meistens einen bestimmten Bereich von Missionen abdeckt.

Beim folgenden Bewundern von weiteren Engineering Models durch die Fenster wurde es nicht weniger spannend. Die Vorstellung, dass man ein 1:1-Modell von der Mission, die gerade zum Jupiter unterwegs ist (*Juice*) oder um den Merkur kreist (*BepiColombo*), vor seinen Augen hat, ist einfach surreal. Und das alles durch eine Art Schaufenster wie bei einem Laden zu beobachten, ist einfach ein cooles Gefühl.



Engineering Model von *BepiColombo*
(eigenes Foto).

Auf dem Weg zum letzten Punkt liefen wir noch an einem Modell der Ariane 5 vorbei und Moritz, der selbst mal bei der ESA gearbeitet hatte und immer noch leidenschaftlich dabei ist, verlor ein paar Worte darüber. Zuletzt erfuhren wir noch ein paar Kleinigkeiten über die ISS, während wir das von der Decke hängende Modell beobachteten.

Ein bisschen wehmütig, dass der ESA-Shop für heute schon geschlossen war, mussten wir uns leider auf den Rückweg machen. Am Ausgang mussten wir unsere Umhängeschilder wieder abgeben. Auf Rückfrage von Till erlaubte uns der Sicherheitsmann zum Glück, etwas mitzunehmen, wenn auch nicht die ganz große Technik,

so doch die Kärtchen, auf denen unser Name als ESA-Visitor steht. Ein schönes Andenken an unseren gemeinsamen Ausflug!

Als wir alle draußen standen, kam der Bus auch schon – perfektes Timing! Da jetzt alle ein bisschen erschöpft von den vielen Informationen und dem frühen Aufstehen waren, aber überglücklich über die Erfahrung beim ESOC, fuhren wir auf direktem Weg zurück nach Adelsheim, wo schon das Abendessen auf uns wartete.

Das war unser Astrokurs

KATHARINA JÖRG, ADA KAUTZLEBEN

Für viele Menschen ist das Universum unvorstellbar groß und oftmals unbegreiflich. Auch uns ging es am Anfang so, dass wir uns die Dimensionen kaum vorstellen konnten, in denen wir uns bewegen. Doch Moritz und Katharina zeigten uns mit vielen praktischen Aufgaben, dass das Universum gar nicht so unnahbar ist, wie es zu sein scheint.

Oft hieß es dann: raus aus unserem aussichtsreichen Klassenzimmer, runter zum Sportplatz! Dort legten wir zum Beispiel gemeinsam das Sonnensystem als Modell aus Nüssen, Samen und Früchten nach und kamen trotz des sehr großen Geländes nur bis zum Mars.

Deshalb nahmen wir uns Teleskope zu Hilfe, um auch die weiter entfernten Planeten und Sterne zu beobachten. An dem Abend spürten wir alle unsere Begeisterung für den Weltraum und so kamen uns die Sterne nicht mehr ganz so unvorstellbar und groß vor. Diese Erfahrung wollten wir auch mit den anderen Kursen teilen und so zeigten wir ihnen beim Grillabend den Sternhimmel.

Oft von uns besucht wurde das Volleyballfeld, wo wir Ellipsen zeichneten oder berechneten, wie viele Mikrometeoriten jährlich auf das Volleyballfeld fallen. Direkt daneben starteten wir unsere legendären Wasserraketen, wo wir verschiedene Mischverhältnisse und Startwinkel ausprobierten. Zusätzlich zu den vorgefertigten Plastikraketen schossen wir auch spaßeshalber eine Mehrwegflaschen-Rakete der Marke Alwa in die Luft. Zwar war die Flugbahn der Alwa-

Rakete nicht ganz so präzise, da es gut vor- kommen konnte, dass sie Loopings oder mitten in die Menge flog, dennoch nannten wir unsere Mission *ALWA-17*. Wir konnten es ja nur besser machen.



Der Astrokurs beim ESOC.

Die Stimmung im gemütlichen Kursraum war jedenfalls immer bestens, manche schlürften selbst noch bei 30 °C heißen Tee und Tills Playlist lief in Dauerschleife. Auch wenn wir beim Sportfest nicht ganz so erfolgreich waren, zeigten wir dann bei der Missionsplanung deutlich, dass wir gut als Team zusammenarbeiten können und es als Astro-Kurs schaffen, die Welt zu retten.

Von Anfang an begleitete uns ein Känguru namens James, das liebevoll umsorgt und überallhin in einer eigenen Beuteltasche umhergetragen wurde. Es soll uns Astros auch in Zukunft verbinden, indem es zwischen uns hin- und herreisen wird. Wir hoffen, dass es viele Sprünge zwischen uns schafft!

Kurszitate

Moritz: Zwischen 1500 und 5000 – also 1000.

Alle: Oh James!

Nicolas: Wann wandern wir zur ISS?

Katharina: Lasst keine Planeten zurück!

Jakob im Sand, Jordan 4: Wollt ihr Fixpunkte sein?

Oskar: Bin ich übergewichtig, wenn ich den Merkur esse?

Moritz: Hier haben wir eine Liste von Planeten, aber ich will nicht alle Planeten aufschreiben, deshalb nenne ich die Liste „gute Planeten“.

Moritz: Wenn die Asteroiden kommen, müssen wir nur schnell genug einen Tunnel graben.

Oskar: Okay, ich korrigiere mich auf 48.000 t Schwungräder.

Till: Wenn man schnell ist, ist man schnell.

Oskar: Die Stimmung ist gekippt.

Miguel: Schreibt man dich Herzog, so wie König?

Till: Ich habe Entenhaut.

Violetta: Hier sehen Sie ein explodierendes Starship – das war die Aufgabe der Risikogruppe.

Matthias: Ey, wir gehen während der Nacht zur Sonne um Helium anzuzapfen.

Miguel: Ich hatte mal sechs. – Du hattest mal Sex?

Violetta: Ich bin NICHT der Technik-Typ!

Maia: Ich habe kein Plan von irgendwas.

Jana: (Taste: „Alt Gr“) Ich dachte immer, das heißt alt-griechisch.

Jana: Oha, ich kann ja scrollen!

Jakob: buchfreund2020 (Matthias)

Moritz: Für weitere Fragen fragen sie ihren Arzt oder Astronomen.

Till/Oskar: Die Stimmung ist im Keller.

Schlachtrufe beim Sportfest

Houston – They have a problem!

Astros – heben ab!

Astro – wir kicken euch aus dem Orbit!

Kurs 2 – Literatur/Philosophie: Utopia Auf der Suche nach der perfekten Welt



Vorwort

LEITUNGSTEAM

Mit der Frage, wie die ideale Welt beschaffen sein kann, beschäftigen sich die Denker von der Antike bis zur modernen Popkultur. Dabei sind diese sogenannten Utopien wortwörtliche „Nicht-Orte“, also Konzepte, die eigentlich gar nicht realisierbar sind. Der Mensch braucht Utopien jedoch, um sich weiterzuentwickeln und zu erkennen, woran es gerade im Hier und Jetzt mangelt. Die meisten Utopien beschäftigen sich daher mit den drängenden Themen der jeweiligen Zeit. Um ein umfassendes Bild des Begriffs zu erlangen, haben wir es im Kurs daher für nötig erachtet, Utopien in verschiede-

nen Bereichen – Gesellschaft, Politik, Religion, Umwelt und Technologie – zu betrachten und unseren Kurs danach zu strukturieren.

Die soziale Struktur bildet den Kern einer jeden Gesellschaft. Hier geht es um Themen wie soziale Gerechtigkeit, Gemeinschaft, Bildung und Kultur. Politische Systeme bestimmen dabei, wie Macht organisiert und genutzt wird. In utopischen Visionen wird oft die Frage aufgeworfen, welche Regierungsform die gerechteste und effektivste ist – oder welche die zentralen Werte einer Gesellschaft und die Leben derer bedroht, die sie eigentlich schützen soll.

Religion beeinflusst dabei häufig die Werte und moralischen Überzeugungen einer Gesellschaft.

Sie kann beispielsweise spirituelle Orientierung und ethische Grundlagen bieten oder aber zur Manipulation missbraucht werden.

Die Beziehung zwischen Mensch und Natur ist ein weiterer entscheidender Aspekt utopischer Ideen. Wie Ressourcen genutzt und erhalten werden, um eine nachhaltige Lebensweise zu schaffen, steht insbesondere im Spiegel unserer modernen Gesellschaft häufig im Fokus.

Entwicklung und Einsatz von moderner Technologie ist dabei ein Schlüssel zur Veränderung in der Welt. Sie kann als Mittel gesehen werden, um soziale Probleme zu lösen und das menschliche Leben zu erleichtern – oder es zu überwachen und in seiner Freiheit einzuschränken.

Die Behandlung dieser Bereiche erlaubte es uns, im Kurs eine umfassende Diskussionsgrundlage für die gemeinsame Suche nach der idealen Gesellschaft zu entwickeln. Als ideale Partner erweisen sich hier die beiden Disziplinen Philosophie und Literatur. Während die Philosophie Theorien und Konzepte entwickelt und argumentativ nachvollziehbar macht, gestaltet die Literatur diese anschaulich und emotional bewegend aus. Dies ermöglicht einen ganzheitlichen Zugang zu einem der vielleicht wichtigsten Themen unserer Zeit.

Eröffnungswochenende

Begriffsklärung

ELLA PFLEGER

„Wie kann eine ideale Welt aussehen?“, „Was ist eine Utopie?“ und „Warum brauchen wir Utopien überhaupt?“, diese Fragestellungen haben wir uns im diesjährigen Literatur/Philosophie-Kurs gestellt und uns genauer mit Utopien in verschiedensten Formen befasst.

Dazu haben wir uns erstmal mit dem Begriff „Utopie“ selbst vertraut gemacht. Dieser stammt aus dem Griechischen – zusammengesetzt aus οὐ (ou, „nicht“) und τόπος (tópos, „Ort/Platz“) und bedeutet wörtlich übersetzt „Nicht-Ort“.

Eine Utopie ist eine gewünschte oder erträumte Lebensweise oder Gesellschaftsordnung. Die-

se ist jedoch nicht realisierbar. Obwohl der Begriff Utopie neutral ist, wird er im alltäglichen Sprachgebrauch als Synonym für schöne, wenn auch unerreichbare Zukunftsvisionen benutzt. Utopien dienen sowohl als Flucht vor der Realität als auch als kritisches Werkzeug, um bestehende Verhältnisse zu hinterfragen und alternative Zukunftsperspektiven aufzuzeigen.

Da es neben positiven Utopien auch negative Utopien gibt, teilt sich der neutrale Begriff der Utopie in die Begriffe „Eutopie“ (*eu*: „schön“) und „Dystopie“ (*dys*: „schlecht“, „übel“). Unter einer Eutopie versteht man eine Idealvorstellung der Zukunft. Während uns die Eutopie eine gewünschte Zukunft zeigt, welche wir anstreben können und die dazu dient, die problembehafteten Zustände der Gegenwart zu bemängeln, versetzt uns die Dystopie in die uns möglicherweise bevorstehenden Probleme in der Zukunft.



Utopie – Eutopie – Dystopie

Im Fokus steht der Versuch, nahe an eine in ihrer Ausprägung durchaus unterschiedlich interpretierbare Idealvorstellung zu kommen. Als Folge dessen gibt es viele Ausprägungen von Utopien, die sich in ihrer Zielsetzung und ihrem Inhalt unterscheiden.

Somit sind Utopien also visionäre Gesellschaftsentwürfe, die unerreichbare Vorstellungen von einer zukünftigen Welt widerspiegeln.

Thomas Morus – „Utopia“ (1516)

ELLA PFLEGER

Seit der Antike haben Philosophen und Schriftsteller imaginäre Welten geschaffen, um über soziale, politische und moralische Fragen nachzudenken, so auch der englische Philosoph und Staatsmann Thomas Morus. Er ist der Verfasser von „Utopia“, der ersten literarischen Beschreibung einer Utopie. Thomas Morus gilt daher als Schöpfer des Begriffs. In seinem 1516 veröffentlichten Roman lässt er Raphael Hythlodeus in Form eines Reiseberichts von der Inselgesellschaft der Utopier (Inselbewohner von Utopia) erzählen.



Thomas Morus¹

Geografie/Aufbau

Die Insel hat die Form eines zunehmenden Mondes, mit einem Umfang von 500 Meilen. Zwischen den Enden der Insel bildet das Meer eine breite Bucht, die als Hafen dient und von allen Himmelsrichtungen zu erreichen ist. In Utopia gibt es 54 Städte, die alle in Sprache, Sitten, Einrichtungen und Gesetzen übereinstimmen.

¹Abbildung: openverse, als gemeinfrei gekennzeichnet

Doch wo bleibt die Diversität und die Vielfalt, wenn alles überall gleich ist? Ist dieser Zustand überhaupt erstrebenswert?

Innenpolitik und Werte

Habgier und Furcht vor Mangel sind durch effiziente Aufteilung der Arbeiten sowie gleichmäßige Verteilung aller Güter auf alle in der utopischen Gesellschaft nicht vorhanden, genauso wenig wie Hochmut und Prunk. Die Familienältesten fordern die benötigten Waren an und erhalten diese ohne Bezahlung oder Gegenleistung. Eine Währung gibt es daher nicht, da alle bekommen, was sie zum Leben benötigen. Ressourcen haben keinen Wert und alles wird geteilt. Die Obrigkeit versucht so, Utopia näher an ein kommunistisches Ideal zu bringen und sich vom Kapitalismus fernzuhalten. Es ergibt sich für das Familienleben wie auch für die Gemeinschaft im Allgemeinen ein harmonisches Miteinander und die gesellschaftlichen Werte werden auf einen hohen Stand gestellt.

Außenpolitik und Kriege

Bündnisse mit anderen Ländern und Kulturen sind nicht erlaubt und werden als Verbrechen angesehen. Utopia soll in allen Bereichen, vor allem aber wirtschaftlich, abgeschottet werden. Krieg und Blutverlust werden verabscheut. Geistige Stärke steht in Utopia klar über der Gewalt.

Gesetze, Strafen und Sklaven

In dem vorliegenden System gibt es faktisch keine Gesetze (Legislative), ebenso wenig wie eine Judikative oder Exekutive. Dadurch sind Veränderungen in jeglicher Hinsicht sehr eingeschränkt beziehungsweise fast schon unmöglich. Strafen umfassen Zwangsarbeit, können aber auch bis hin zur Todesstrafe gehen. Zwangsarbeit ist für eine ganz bestimmte Gruppe an der Tagesordnung – nämlich für die Sklaven.

Man kann sich die Frage stellen, ob dies wirklich ein ideales Modell einer „perfekten Gesellschaft“ beschreibt. In unserem Kurs sind wir zu dem Entschluss gekommen, dass dies aus heutiger Sicht nicht eutopisch ist.

Philosophie in Utopia

Die Philosophie der Utopier ist ähnlich zu der uns bekannten Philosophie. Eine der Hauptfragen analysiert, worauf das Glück der Menschen beruht. Die Philosophie betont daher mitunter die Bedeutung eines naturgemäßen Lebens, das von Tugend und Vernunft geleitet wird. Die Philosophie bietet einen Zugang zu Vergnügen und Glück. Dieses erstrebenswerte Vergnügen kann sowohl seelisch als auch körperlich zu einem tieferen Verständnis des eigenen Selbst und der Welt führen.

Doch ist „Utopia“ wirklich ein guter Entwurf einer Utopie und beschreibt dies eine ideale Gesellschaft wie angestrebt? Wir haben uns im Kurs intensiv mit dieser Fragestellung beschäftigt und sind somit den Philosophen in ihren Gedankenwelten gefolgt. Thomas Morus beschreibt in „Utopia“ eine Gesellschaft, die auf Gleichheit und Rationalität basiert. Die Utopier führen innerhalb der Insel eine nach außen ersichtlich gute Gemeinschaft. Ob „Utopia“ aber wirklich ein perfektes Modell für eine ideale Gesellschaft ist, bleibt umstritten. Die strikte soziale Kontrolle schränkt die individuelle Freiheit und Kreativität ein. Daraus resultiert ein Mangel an Motivation, sich über das vorgesehene Maß hinaus einzubringen beziehungsweise anzustrengen.

Insgesamt bietet „Utopia“ eine Vision einer scheinbar idealen Gesellschaft, die zum Nachdenken über Themen wie soziale Gerechtigkeit und das menschliche Glück/Wesen anregt. Heutzutage haben wir eine andere Vorstellung einer perfekten Welt, verglichen mit Morus zu seiner Zeit. Deshalb wirkt diese Welt für uns nicht mehr wirklich wie eine Eutopie, was ein gutes Beispiel dafür ist, wie subjektiv Utopien sind. Es spielt nicht nur eine Rolle, wer diese verfasst, sondern auch, in welcher Zeit diese verfasst wurden, da sich Idealvorstellungen über die Zeit immer verändern und weiterentwickeln.

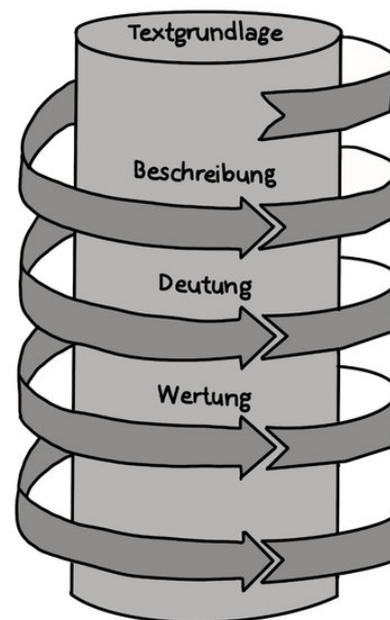
Hermeneutische Methode

LAURA TREPTOW

Die von uns betrachteten Materialien haben wir multimedial beleuchtet, kritisch untersucht

und hinterfragt. Dabei haben wir die Methodik der Hermeneutik angewandt.

Das Wort „Hermeneutik“ kommt aus dem Griechischen und bezeichnet die Lehre des Erklärens, Auslegens und Verstehens einer Quelle. Hermeneutik ist also eine Art, wie wir Texte lesen können, dabei immer tiefer in sie eindringen und sie vor allem verstehen können, um neue Erkenntnisse daraus zu gewinnen. Warum tun wir das? Jeder liest und versteht einen Text anders – aufgrund von unterschiedlichem Vorwissen, aber auch aufgrund von Mehrdeutigkeit und Unklarheiten in der Sprache, welche sich besonders in geschriebenen Texten bemerkbar machen. Um einen Text, sei es ein Gedicht, ein Roman, eine Erörterung oder einen Sachtext, richtig erfassen zu können, ist ein tiefes und umfassendes Verständnis des Gesamten notwendig.



Die Hermeneutische Spirale

Bei der hermeneutischen Methode geht man wie folgt vor: Zunächst entwickelt man bei der ersten Lektüre ein vorläufiges Verständnis des Textes. Man kennt dann zum Beispiel das Thema sowie die Kernaussage und nimmt alles auf Basis des eigenen Vorwissens wahr. Dann betrachtet man Einzelmerkmale wie die Gestal-

tung und den Aufbau des Textes und kommt schließlich durch einen Interpretationsprozess zu einem neuen Textverständnis. Diese Schritte wiederholen sich immer wieder – bis hin zu einem differenzierten Gesamtverständnis. So vertieft sich das Wissen über einen Text wie in einer Spirale. Die hermeneutische Methode beruht also auf einem Prozess, der sich im Miteinander zwischen Verständnisk Gewinnung und erneuter Textlektüre ergibt.

Mit der hermeneutischen Methode betrachtet man Texte oder auch andere Quellen aus verschiedenen Blickwinkeln und Perspektiven immer wieder neu und gewinnt so viele neue Erkenntnisse.

Wozu brauchen wir Utopien?

LAURA TREPTOW

„Wer Zukunft entwirft, ist kein bloßer Träumer. Indem wir uns das perfekte Morgen ausmalen, erkennen wir, wo es im Hier und Jetzt hakt.“

Gero von Randow in: Die Zeit Nr. 1/2018

Wann oder wo auch immer wir uns eine perfekte Welt ausmalen, jedes Mal überlegen wir unterbewusst, was in unserer Gegenwart verändert werden sollte. Diese Utopien, also Gedankenwelten, lassen uns über unseren Tellerrand hinausblicken und die gegenwärtigen Probleme erkennen. Ob eine Utopie in Büchern, Filmen, Liedern, Videospielen oder auch nur in unseren Gedanken vorkommt – eine Auseinandersetzung damit ist immer notwendig. Wir wollen uns einer möglichen Eutopie annähern beziehungsweise uns von einer möglichen Dystopie entfernen, um so die Welt im Kleinen oder auch im Großen zu verbessern.

Wunschbilder, die uns anregen, aktiv zu werden, brauchen wir Menschen in all unseren Lebensbereichen: Im Bereich Politik ermöglichen Utopien, dass Verantwortliche sich zum Beispiel für ein friedliches Miteinander einsetzen. Die Auseinandersetzung mit Utopien im Bereich Umwelt ist notwendig, um der Klimakatastrophe zu begegnen und diese möglichst zu minimieren.

Wo auch immer eine Utopie vorkommt, ihr Anfang liegt stets in den Gedanken an eine bessere

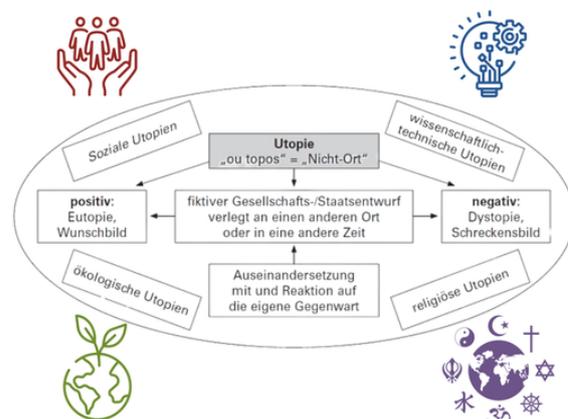
Welt, anschließend braucht es auch den Willen, etwas zu verändern, also dem utopischen Zustand näherzukommen. Genau aus diesen Gründen haben wir uns in unserem Kurs Literatur/Philosophie so intensiv auf die Suche nach der perfekten Welt gemacht.

Sommerakademie

Konzept und Kursaufbau

LEITUNGSTEAM

Nachdem am Eröffnungswochenende der Fokus auf der fachlichen Auseinandersetzung mit methodischen Schlüsselkompetenzen der Texterschließung sowie -analyse lag, schloss sich im Sommer die eigenständige Textarbeit unter Zuhilfenahme dieser Methodik an. Neben dem kreativen Arbeiten an und mit anspruchsvollen philosophischen sowie literarischen Texten und Themen lag der Fokus insbesondere auf der kritischen Reflexion von Theorien und Textinhalten anhand aktueller Gegebenheiten, um Ideen und Anregungen für die eigene Lebenswelt und das eigene Denken und Handeln zu erlangen.



Grundkonzept des Kursaufbaus

Die thematische Struktur orientierte sich dabei an den eingangs erläuterten Bereichen (Politik und Gesellschaft, Religion, Umwelt und Technologie), die jeweils durch einen literarischen Text repräsentiert wurden. Bei der Auswahl dieser Literatur wurde Wert darauf gelegt, möglichst viele verschiedene Gattungen und Genres zu berücksichtigen.

Um das Thema zusätzlich als das multimediale Phänomen aufzugreifen, das es ist, wurden im Kurs zahlreiche Ansätze aus der Medienwelt, wie Filme, Videospiele oder Songs einbezogen. Ziel war dabei, die Bedeutung von Utopien für die Vorstellungswelt der Menschen möglichst umfangreich abzubilden und als diachrones, globales und disziplinenübergreifendes Phänomen zu begreifen. Abgerundet wurden die beiden Akademiewochen mit einem Besuch auf der *experimenta* in Heilbronn, bei dem die Beschäftigung mit Künstlicher Intelligenz im Vordergrund stand – ein aktuelles Thema, das das Potenzial zur Eutopie wie zur Dystopie gleichermaßen in sich trägt.

Multimedialer Aspekt

PETER MAZO

Um die Suche nach der perfekten Welt besser zu veranschaulichen, haben wir eine weitere Methode kennengelernt, nämlich das Gedankenexperiment. Man kann mithilfe der eigenen Gedanken in utopische Welten eintauchen, diese aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten und damit neue Erkenntnisse gewinnen. Aus diesem Grund haben wir uns mit dem folgenden Gedankenexperiment aus dem Film „The Philosophers“ beschäftigt. Die Erde ist vollkommen zerstört und der einzige Zufluchtsort für uns ist ein Bunker, in dem lebensnotwendige Ressourcen für ein Jahr vorhanden sind. Danach müsste die Welt wiederaufgebaut werden. Jedem Teilnehmer aus dem Kurs wurde eine Rollenkarte mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften und Personenbeschreibungen gegeben. Das Problem war, dass der Bunker nur für sechs Personen ausgelegt ist, wir jedoch zu zwölf waren. Die Frage war nun, wer in den Bunker darf und wer nicht.

Bei diesem Argumentationsspiel haben wir verschiedene Herangehensweisen erlebt, beispielsweise, dass nur diejenigen in den Bunker dürfen, die der Menschheit die besten Überlebenschancen sichern. Faktoren für die Auswahl waren unter anderem Reproduktionsfähigkeit, Alter und Gesundheit, aber auch moralische Vorstellungen und Werte sowie Fähigkeiten und der Bildungsgrad. Dies warf jedoch die Frage auf,

ob nicht jeder Mensch gleich behandelt werden sollte und man im Sinne der Gerechtigkeit nicht einfach losen sollte. Anhand dieses Gedankenexperiments haben wir bemerkt, dass eine befriedigende Lösung für alle schwer zu finden ist und man oft im Zweifelsfall egoistisch denkt.



Motiviertes Arbeiten im Kurs

Anhand des Songs „Utopia“ von Kissin’ Dynamite haben wir uns unserem Kursthema zudem musikalisch angenähert. In diesem Song geht es um eine Person, die wie ein Gladiator um Leben und Tod kämpfen muss. Während dieses kämpferischen Lebens wird der Protagonist von Zuschauern angefeuert, weswegen er, obwohl er eigentlich gegen den Kampf ist, immer weiterkämpft. Letztendlich verstirbt er und wird nach kurzer Zeit von den Zuschauern vergessen. Bei diesem zeitgenössischen Song handelt es sich um eine Dystopie, in der ebenso aktuelle Themen angesprochen werden, beispielsweise der Druck von sozialen Medien auf Personen des öffentlichen Lebens.

Ein weiterer multimedialer Zugang zu unserem Thema war das Spiel „A Dark Room“. Dies ist ein textbasiertes Computerspiel. Es ist aus den Genres Survival, Adventure und Aufbau-Strategie zusammengesetzt und war daher besonders interessant für uns, da wir selbst unseren Weg auswählen konnten und Dinge ausprobieren durften. Solche Probehandlungen sind typisch für Spiele und besonders wertvoll, weil wir dadurch theoretische Konzepte an uns selbst ausprobieren können, ohne uns in der realen Welt zu schaden.

Anfangs ist man im Spiel ganz alleine in einem dunklen Raum, daher auch der Name. Später

kommt eine Person hinzu, die sich als Baumeisterin vorstellt und helfen kann beispielsweise Häuser zu errichten, um ein Dorf zu gründen. Wenn man Häuser baut, ziehen allmählich Personen in das Dorf und arbeiten für den Spieler. Dies führt allerdings dazu, dass die Dorfbewohner ungewollt zu Sklaven werden. Die Baumeisterin zeigt sich enttäuscht vom Umgang mit den Dorfbewohnern, sodass sie letztendlich das Dorf verlässt. Als Spieler erkundet man daraufhin die Spielwelt und erlebt eine postapokalyptische Landschaft mit diversen Minen, verlassenen Häusern oder gar Städten, die für Ressourcen ausgebeutet werden. Dazu kämpft man gegen verschiedene unbekannte Wesen, aber auch Menschen. Letztendlich findet man ein Raumschiff und kann damit die Welt verlassen. Man hat die Welt zerstört zurückgelassen. Es gibt auch ein alternatives Ende: Wenn man keine Menschen ansiedelt, sondern sich alleine durchschlägt, und somit moralisch korrekter handelt, dann bleibt die Baumeisterin und verlässt gemeinsam mit dem Spieler die Welt. Auch dieses Ende bleibt offen.

Bei diesem Spiel, das eine Dystopie darstellt, haben wir gesehen, dass wir oft erstmal den einfachen und offensichtlichen Weg gehen, dabei egoistisch handeln und wenig Rücksicht auf die Folgen nehmen. Der Egoismus des Menschen wurde bereits von Thomas Hobbes im Jahre 1651 in seinem Werk „Leviathan“ thematisiert.

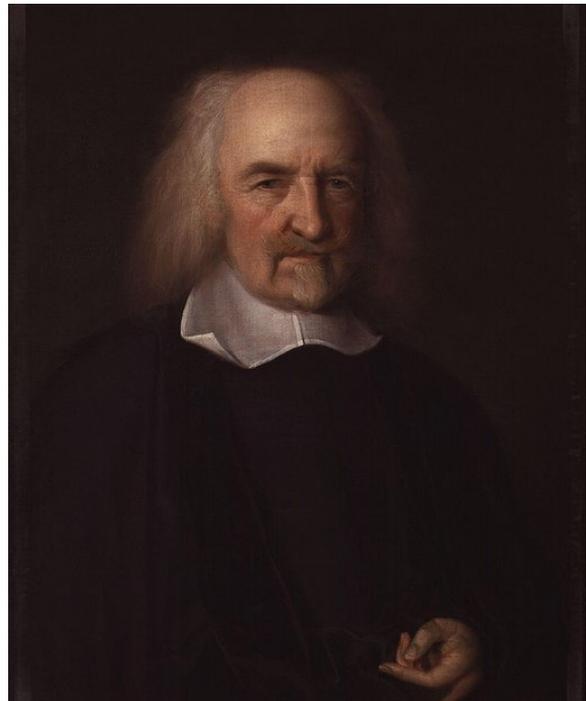
Politik und Gesellschaft

Thomas Hobbes – „Leviathan“ (1651)

MANTAS KOCH

Wir betrachteten zunächst Thomas Hobbes' Gedankenexperiment des Menschen im sogenannten „Naturzustand“. In diesem fiktiven Zustand ist der Mensch alleine auf sich gestellt, es gibt keine Gesellschaft, keinen Staat, keine Gesetze und keine zentrale Autorität oder Instanz, welche das Zusammenleben der Menschen untereinander regeln würden. Dieser Zustand sei von Misstrauen, Unsicherheit und Gewalt geprägt, da jeder Mensch laut Hobbes von Natur aus eigennützig handle und von keinen moralischen Werten oder Gesetzen von schlechten Ta-

ten gegenüber seinen Mitmenschen abgehalten werde. Hobbes sieht diesen Zustand als einen der völligen Anarchie, in welchem jede Person nur auf das eigene Überleben bedacht sei und Konflikte unvermeidbar wären. Dies begründet Hobbes mit dem natürlichen Egoismus des Menschen, welchen er als dessen Haupteigenschaft ansieht. *Homo homini lupus est* („Der Mensch ist dem Menschen ein Wolf.“) – Mit dieser Aussage versinnbildlicht er seine Sicht auf das Wesen des Menschen. Hobbes nutzt den Wolf als Symbol des Bösen, um die negativen und aggressiven Charakterzüge des Menschen zu verdeutlichen. Diese Eigenschaften würden in Konsequenz zu einem ständigen Zustand des „Krieges aller gegen alle“ (lat. *bellum omnium contra omnes*) führen.



Thomas Hobbes²

In einer solchen Umgebung fehle laut Hobbes die Möglichkeit, Vertrauen zwischen den Menschen aufzubauen, da die ständige Angst bestünde, dass der jeweils andere plötzlich unerwartet angreifen könnte. Hobbes beschreibt das menschliche Leben im Naturzustand dadurch als „einsam, armselig, ekelhaft, tierisch und kurz.“ Seine Einschätzung verdeutlicht, dass das Leben der Einzelnen nicht nur phy-

²Abbildung: Wikimedia, als gemeinfrei gekennzeichnet

sisch gefährdet, sondern auch emotional und sozial verarmt wäre. Das Fehlen jeglicher gesellschaftlicher Strukturen führe also zu einem Leben, welches auf das bloße Überleben reduziert wäre. Alle höheren menschlichen Ziele, wie Wissenschaft oder Gemeinschaft, wären in diesem Zustand unmöglich zu erreichen.

Um diesem (für unser Empfinden) dystopischen Zustand zu entkommen, fordert Hobbes die Schließung eines Gesellschaftsvertrages. Durch diesen sollen sich die Menschen freiwillig dazu entscheiden, ihre Freiheiten an eine übergeordnete Autorität abzugeben, welche den Naturzustand beenden und den Menschen Sicherheit und Frieden garantieren soll. Diese Autorität bezeichnet Hobbes als den „Leviathan“, welcher als weltliches und religiöses Oberhaupt absolutistisch herrscht und die gesamte Staatsmacht auf sich vereint.

Er entscheidet über Recht und Unrecht, stellt sicher, dass die Gesetze durchgesetzt werden und sorgt für Stabilität in der Gesellschaft. Nur ein souveräner Herrscher oder eine starke Regierung sei laut Hobbes' Theorie in der Lage, dem Egoismus der Menschen entgegenzustehen und sicherzustellen, dass ihnen Schutz und Frieden gewährleistet werde.

Die Menschen befinden sich laut dieser Theorie also in einer Lage, in der sie entweder unter einem autoritären Staat leben oder unter einem dauerhaften Kriegszustand leiden müssen. Hobbes meint, dass der Naturzustand so unerträglich sei, dass der Mensch instinktiv dem Gesellschaftsvertrag zustimmen würde, auch wenn er dafür einen Verlust an Freiheit in Kauf nähme. Der „Leviathan“ ist in Hobbes' Theorie daher ein notwendiges Übel, da er den Menschen den erhofften Schutz bietet, dafür aber die Einschränkung ihrer persönlichen Freiheiten verlangt.

Freiheit habe jedoch in einem Zustand des ständigen Krieges ohnehin keinen Wert, da jeder Moment von Angst und Unsicherheit geprägt wäre. Erst durch den „Leviathan“ kann eine Form von Freiheit entstehen: Die Freiheit vor Gewalt, Überlebenskampf und ständiger Todesangst. Dennoch ist dieser Verzicht auf individuelle Freiheiten ein hoher Preis, den Menschen zahlen müssten, um dem düsteren Naturzu-

stand zu entkommen und in einer friedlichen Gesellschaft zu leben.

Auch heute bleibt die Frage nach dem richtigen Verhältnis zwischen Freiheit und Sicherheit ein zentrales Thema, wenn es um die Idee der optimalen Gesellschaft geht. Nach Hobbes' Einschätzung hat die Sicherheit einen klaren Vorrang. Im Kurs waren wir uns darüber einig, dass eine Gesellschaft ohne eine solche grundlegende Vereinbarung wie den Gesellschaftsvertrag unfähig wäre, sich zu entwickeln. Fortschritte und Entwicklungen konnten nur durch eine Form von menschlicher Kooperation entstehen, ohne welche wir als Gesellschaft nicht da wären, wo wir heute sind. Der Gesellschaftsvertrag ist also nicht nur eine Grundlage für Ordnung, sondern auch für menschlichen Fortschritt.

George Orwell – „1984“ (1948)

KYRA HEIDORN

Zu solchen Gesellschaftsverträgen haben wir uns als Beispiel den Roman „1984“ von George Orwell (1903–1950) angeschaut. Besonders beeinflusst wurde Orwell durch seinen historischen Hintergrund, denn geschrieben wurde er in der Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg. Er basiert auf den autoritären Systemen von Hitler und Stalin.

Das Werk handelt von einem totalitären Überwachungsstaat, dessen Ziel es ist, seine Bewohner vollständig zu kontrollieren. Dies äußert sich sowohl in den äußeren Lebenszuständen, als auch im Inneren, den Beziehungen untereinander und sogar den Gedanken. Die im Roman geschilderte Welt setzt sich aus den Staaten Eurasien, Ostasien und dem Handlungsort Ozeanien zusammen. Hauptcharakter ist hierbei Winston Smith, ein Mitglied der diktatorisch herrschenden Partei.

Die Gesellschaft Ozeaniens ist hierarchisch aufgebaut. Ganz oben steht der „Große Bruder“, wobei im Laufe des Romans nicht bekannt wird, ob dieser wirklich existiert. Klar ist auf jeden Fall, dass er für Angst und Schrecken in Ozeanien sorgen soll. Darunter stehen die Innere und Äußere Partei und das einfache Volk, die sogenannten „Proles“.

George Orwell³

Die Staatsverwaltung setzt sich aus vier Ministerien zusammen: Dem Ministerium für Wahrheit, dem Ministerium für Frieden, dem Ministerium für Liebe und dem Ministerium für Überfülle. Doch im Laufe des Romans wird schnell klar, dass deren wirklichen Aufgaben im Widerspruch zu ihren Namen stehen. Die Maximen der Partei lauten wie folgt:

**Krieg ist Frieden
Freiheit ist Sklaverei
Unwissenheit ist Stärke**

Die Ideologie, nach der die Partei strebt, nennt sich „Engsoz“ (Abk. f. „Englischer Sozialismus“), welche besonders mit der Existenz von „Neusprech“ verbunden ist. „Neusprech“ ist die von der Regierung geschaffene Sprache, die durch völlige Vereinfachung das freie Denken der Bevölkerung einschränken soll. Wörter, die es in „Neusprech“ nicht mehr gibt, sind beispielsweise „Frieden“ und „Freiheit“. Das Zitat „Die Grenzen meiner Sprache bedeuten die

³Abbildung: Wikimedia, Cassowary Colorizations, CC BY-SA 4.0

Grenzen meiner Welt.“ des Philosophen Ludwig Wittgenstein beschreibt dieses Prinzip sehr plausibel.

Damit die Partei ihre Ideologie überhaupt durchsetzen kann, ist zudem insbesondere die lückenlose Überwachung der Bevölkerung wichtig, wobei hier der sogenannte „Teleschirm“ eine entscheidende Rolle spielt. Hierbei handelt es sich um eine Art Fernseher, der in jedem Haushalt installiert ist, nicht abschaltbar ist und der visuellen und auditiven Überwachung dient. Es gibt also kein Entkommen, denn neben den „Teleschirmen“ gibt es überall Überwachungskameras und die Gedankenpolizei, welche dazu dienen soll, bestimmte Gedanken einzuschränken. Daneben gibt es verschiedene Organisationen für Kinder und Jugendliche, die sie so manipulieren, dass sie genau der Ideologie der Partei entsprechen und auch ihre Eltern an die Gedankenpolizei verraten.

Aber auch das Ministerium für Wahrheit spielt hier eine wichtige Rolle. Sein Ziel ist es, literarische Werke zu überarbeiten oder umzuschreiben, wenn sie nicht in die Ideologie der Partei hineinpassen. Somit wird die Vergangenheit also konstant gefälscht, während es jedoch offiziell so dargestellt wird, als würde man diese nur korrigieren. Im Roman findet man dazu das folgende Zitat: „Wer die Vergangenheit kontrolliert, kontrolliert die Zukunft. Wer die Gegenwart kontrolliert, kontrolliert die Vergangenheit.“

Das letzte wichtige Mittel des Staates ist das Prinzip „Doppeldenk“. Hierbei werden zwei sich widersprechende Gedanken gleichzeitig als richtig empfunden, damit die Menschen das glauben können, was die Partei ihnen immer wieder in veränderter Form vorgaukelt. Man verfügt also über die gesamte Wahrheit, erzählt jedoch konstruierte Lügen und vertritt damit zwei Meinungen, die sich gegenseitig ausschließen. Auch hierzu gibt es im Roman ein passendes Zitat: „Schwarzweißdenken ist die Fähigkeit zu glauben, dass schwarz weiß ist, darüber hinaus zu wissen, dass schwarz weiß ist und zu vergessen, dass man jemals das Gegenteil geglaubt hat.“

Abschließend ist festzustellen, dass die Partei damit die bedingungslose Macht und den

Machterhalt durch die Kontrolle des menschlichen Geistes anstrebt und dies durch ihre anspruchsvollen und gut durchdachten Systeme auch erreicht.

Innerhalb des Kurses haben wir dieses Werk als klare Dystopie eingeordnet und im Licht unserer Gegenwart betrachtet. Auch wenn wir in einer Demokratie leben, ist die Idee eines totalitären Staates, welcher von Terror, Gewalt und Krieg geprägt ist, nicht von der Bildfläche verschwunden, besonders wenn wir andere Länder betrachten. Außerdem ist das Prinzip der Überwachung ebenfalls nicht weit hergeholt, dies wird am Beispiel Chinas deutlich. Somit konnten wir im Kurs feststellen, dass wir in so einem Staat wie Ozeanien alle ungern leben würden. Dennoch war es spannend, einmal in ein so dystopisches System einzutauchen und gewisse Parallelen zu unserer Welt zu finden.

Platon – „*Politeia*“ (ca. 375 v. Chr)

ANTONIA SCHNEIDER

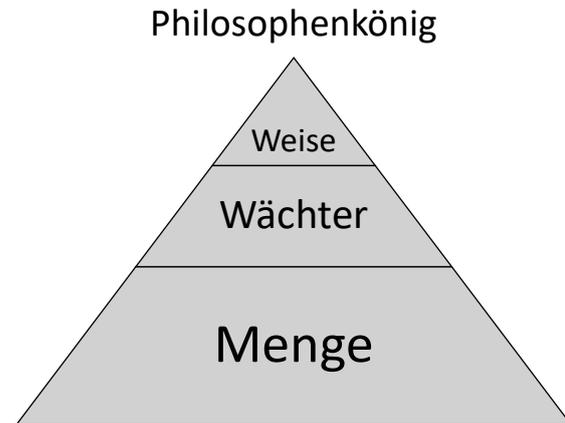


Platon⁴

Im Kontrast zu George Orwells dystopischem Staat haben wir uns mit Platons eutopischer Theorie des Philosophenkönigs befasst, welche

⁴Abbildung: Wikimedia, Wikimedia-User Raphael-QS, CC BY-SA 4.0)

er in seinem Dialog *Politeia* („Der Staat“) vertritt. Laut dieser Theorie sollte der perfekte Staat ein Ständesystem mit drei Klassen sein, da laut ihm ein Staat nur dann gerecht sei, wenn jeder die für ihn am besten geeignete Aufgabe übernimmt. Diese Aufgabe wird von Geburt an festgelegt.



Der Aufbau des Staates nach Platon

Dieses Ständesystem besteht aus der Menge (Handwerkern und Bauern), die die anderen beiden Stände versorgen und so die Basis des Staates bilden. Dies sind die Wächter, die den Staat nach außen verteidigen und die Regierung nach innen unterstützen sowie die Weisen, die den Staat anführen. An der Spitze des Staates steht der sogenannte Philosophenkönig. Dieser sollte, Platons Denkweise nach, den Staat leiten und durch seine Herrschaft für Gerechtigkeit und Sicherheit sorgen. Durch das Prinzip des Philosophenkönigs erreicht Platon seiner Vorstellung nach eutopische Zustände.

Platon legt fest, dass nur ein Philosoph zur Herrschaft geeignet sei, da dieser nicht durch subjektive Meinungen oder unreflektierte Eindrücke beeinflussbar sei, sondern die unveränderbare Wahrheit suche. Deshalb sei dieser von Natur aus zur Herrschaft berufen.

Der Philosophenkönig wird aber nicht im demokratischen Sinne von der Menge oder den Wächtern gewählt, da der Menge der Durchblick fehle, sie leicht verführbar sei und ihre Entscheidungen von irrationalen Motiven abhängen würden. Der Herrscher wird von den Weisen bestimmt, die die Herrschaftsschicht ausmachen.

Zusätzlich vertritt Platon die Meinung, dass kein Mensch, der sich in einem Machtkampf durchgesetzt hat oder sich durch Reichtum Einfluss verschafft hat, für die Führungsposition geeignet sei. Die Herrschaft dürfe nur demjenigen überlassen werden, der sich ausschließlich durch seine Weisheit und geistige Kompetenz dafür legitimiert und nur das Gemeinwohl im Blick hat.

Wir waren im Kurs der Meinung, dass Platons Idee heute keinen eutopischen Charakter mehr besitzt, da die Zuteilung in feststehende Klassen nicht unserer modernen Gesellschaft entspricht, zudem ist es sehr eng gedacht, dass nur ein Philosoph in der Lage wäre, einen Staat optimal zu führen.

Daher schauten wir uns andere Eutopien an, die unserer Meinung nach immer noch als eutopisch wahrnehmbar sind.

Kant – „Was ist Aufklärung?“ (1784) und „Zum ewigen Frieden“ (1795)

SARA MARIE TEMELKOV

Immanuel Kant ging davon aus, dass die dem Menschen grundlegendste Eigenschaft die Vernunftbegabung sei. Mittels der Aufklärung werden aus vernunftbegabten Menschen vernünftige beziehungsweise vernünftig handelnde Menschen. Dazu verfasste Kant einen Brief an die „Berlinerische Monatsschrift“. Kants Definition der Aufklärung lautet darin wie folgt:

„Aufklärung ist der Ausgang des Menschen aus seiner selbstverschuldeten Unmündigkeit.“

Um diesen Satz vollständig verstehen zu können, nahmen wir eine Analyse der einzelnen Begriffe vor:

Der Begriff „Ausgang“ ist als Hinausgehen, also dem freiwilligen Austreten zu verstehen, das also nicht erzwungen werden kann. Damit ergibt sich, dass dieser Ausgang selbstbestimmt und aus einer aktiv getroffenen Entscheidung hervorgehen muss.

Unter dem Begriff der „selbstverschuldeten Unmündigkeit“ versteht man die Bevormundung des Menschen durch Religion und Politik. Grund für diese Bevormundung ist zum einen die Gewöhnung des Menschen an ebendiese

durch jahrhundertelange Tradition, zum anderen ist er schlichtweg zu bequem, um den mühseligen Prozess der Aufklärung auf sich zu nehmen.

Somit benötigt der Mensch den Mut, sein Gegenüber, seinen Glauben und schließlich auch sich selbst zu hinterfragen.



Immanuel Kant⁵

Als Folge dieses Wandels von vernunftbegabten Menschen zu vernünftigen beziehungsweise vernünftig handelnden Menschen, sieht Immanuel Kant den ewigen Frieden, in dem nach diesem benannten Werk, als Gegenstück zu dem in Hobbes' und Orwells Werken herrschenden ewigen Kriegszustand. Denn vernünftige Menschen, die sich allen Folgen eines Krieges bewusst sind, würden niemals einen führen, denn dies wäre unvernünftig.

Um den ewigen Frieden zu wahren, schlägt Kant eine Republik als Staatsform vor. Für Kant ist eine Republik durch die Macht des Volkes definiert. Das bedeutet, dass in der Theorie Kants auch eine Monarchie republikanisch sein kann, sofern der Monarch von der Mehrheit gewählt würde.

⁵Abbildung: Wikimedia, Johann Gottlieb Becker (1768), als gemeinfrei gekennzeichnet

Obwohl der beschriebene Frieden schön und unkompliziert zu erreichen scheint, sehen wir immer noch Krieg in unserer Welt. Dies liegt daran, dass der Mensch zwar vernunftbegabt ist, aber häufig nicht vernünftig handelt und die Mehrheit der Menschen aufgrund fehlenden Mutes noch immer nicht aufgeklärt ist. Daher schaffen sie es auch nicht, der Bevormundung von Religion und Politik durch selbstständiges Denken und kritisches Hinterfragen zu entkommen.

Parallel zu Kants Weltfrieden entwickelte Lessing einen Religionsfrieden, welchen er der Welt in Form des dramatischen Gedichtes „Nathan der Weise“ versuchte näher zu bringen.

Religion

Lessing – „Nathan der Weise“ (1779)

LETITIA BINDERT

„Nathan der Weise“ ist ein Drama von Gotthold Ephraim Lessing, veröffentlicht im Jahr 1779, an welchem wir unser literarisches Wissen um die Parabel und Blankverse erweitert haben und Utopien bezogen auf Religion kennengelernt und angewendet haben.

Die Hauptfigur Nathan, ein jüdischer Kaufmann, lebt mit seiner Adoptivtochter Recha in Jerusalem zur Zeit der Kreuzzüge. Recha wird von einem christlichen Tempelritter aus einem Feuer gerettet und verliebt sich in ihn, mit dem Wunsch, ihn zu heiraten. Der muslimische Sultan Saladin, der finanziell in Schwierigkeiten steckt, plant, von Nathan Geld zu leihen, stellt ihm aber stattdessen die Frage, welche Religion die wahre sei. Nathan, misstrauisch gegenüber der Frage, erzählt ihm als Antwort ein Märchen, die sogenannte Ringparabel.

Schon als wir begonnen haben, einige Textauschnitte zu lesen, ist uns der eigenartige Aufbau der Dialoge aufgefallen. Das liegt daran, dass das Drama nicht in Prosaform, sondern in der zu Lessings Zeit vorherrschenden Versform, dem Blankvers, einem fünfhebigen Jambus, verfasst ist. Um diese Verssprache zu verstehen, haben wir die Szene Sieben im IV. Akt selbst im Blankvers fortgeführt.

Die folgenden zwei Gedichte sind Ergebnisse unserer Kreativarbeit:

*Und als ich dann im Dreck dort so gelegen,
Mein Blick sich richtet zu dem Himmel auf
Ich schrie, ich schrie zu Gott aus voller Kehle:
Warum mein Gott, warum hört das nicht auf?
Sowie der Schrei im Nichts verhallt, so hör
Ich auf zu hassen, fluchen und ich denk
Warum sollt denn ein Mensch ein solches machen,
Wenn er sich doch der Christenheit bekennt?
Da er nicht selber tötend sich verhält,
Weil andre „Christen“ dieses für ihn tun.
So als du mir das Christenkind dann brachtest,
So merke ich, ich will es so erziehen,
Dass es nicht wie die Mörder meiner Kinder,
Das Handeln ohne Denken zu vollziehn.
Dass es erst recht bedenkt und dann erst handelt:
Aus eig'nem Denken seine Handlung zieht.*

Letitia Bindert

*Doch als ihr kamt das Kind in eurem Arm
Und als ihr es mir ewig übergabt,
Da wurd mir klar, welch große Fehl es ist,
Die ganze Christenheit für Taten mancher
Auf immer, ewig abgrundtief zu hassen.
Denn Mensch ist Mensch, ob Christ, ob Jud er ist,
Ist Niemand für die Fehler anderer schuldig.*

Nikolaus Keßler

Anschließend ging es an den Inhalt des Dramas und vor allem an die Ringparabel. Eine Parabel ist eine kurze, fiktionale Erzählung, die durch Transfersignale dazu auffordert, neben dem wörtlichen einen übertragenen, lehrreichen Sinn zu suchen. Auf der Textebene betrachten wir den wörtlichen und auf der Bedeutungsebene den übertragenen Sinn.

Auf der Textebene wird die Geschichte eines Vaters erzählt, der traditionell an seinen liebsten Sohn einen Ring vererbt, der Tugenden wie Toleranz und Gerechtigkeit verleiht. Als ein späterer Vater seine drei Söhne gleich liebt, lässt er zwei Kopien des Rings anfertigen und gibt jedem Sohn einen davon. Nach dem Tod des Vaters streiten sich die Söhne um den echten Ring, weshalb sie einen Richter aufsuchen, der sie auffordert, durch ihr Verhalten die Tugenden des Rings zu beweisen.

In der Parabel steht der Vater symbolisch für Gott, der den Glauben und moralische Regeln

an die Menschen weitergibt. Die drei Ringe repräsentieren die drei monotheistischen Religionen, die sich in einem Streit um den wahren Glauben befinden, wobei die wahre Religion nicht eindeutig erkennbar ist. Der Fokus liegt auf den Tugenden und moralischen Standards, die eine friedliche Koexistenz gewährleisten können. Religionsgemeinschaften, die Hass und Intoleranz verbreiten, können hingegen nicht als richtig angesehen werden.



Gotthold Ephraim Lessing⁶

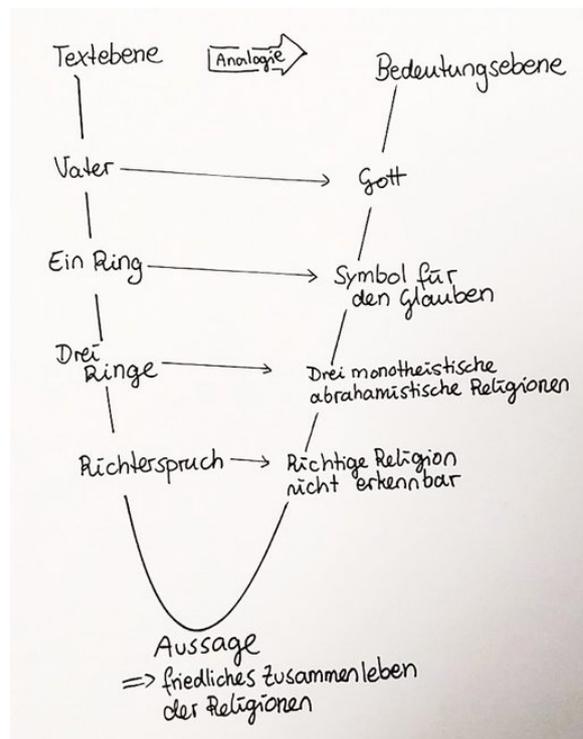
Die Kernaussage lautet also: Alle Religionen müssen gleichberechtigt nebeneinander existieren dürfen, solange sie tugendhaft handeln. Toleranz und Bereitschaft zum Frieden gelten als oberste Maximen des Handels. Das klingt utopisch, besonders wenn wir uns einige Realitätsbeispiele vor Augen führen.

Im Nahen Osten eskalieren derzeit Kämpfe aus religiösen Gründen. Die Konfliktparteien verhandeln nicht, sondern führen Krieg, was ein friedliches Zusammenleben von Juden und Muslimen fast unmöglich macht. Auch Vorfälle wie der religiös motivierte Messerangriff in

⁶Abbildung: openverse, als gemeinfrei gekennzeichnet

Solingen zeigen, wie weit die Gesellschaft von einer friedlichen Koexistenz entfernt ist.

Was können wir also heute noch von einem 250 Jahre alten Drama lernen? Utopien sind Konstrukte, die einen Idealzustand beschreiben. Hier beschreibt Lessing den Idealzustand eines friedlichen Zusammenlebens der Menschen, obwohl oder gerade, weil sie verschiedenen Religionen angehören. Sie sehen ihre Religion als die einzig wahre an, akzeptieren aber gleichzeitig auch die anderen Religionen. Das erreichen die Menschen durch aufgeklärtes Handeln, sie bilden sich selbst eine Meinung, bevor sie blind einem Anderen mit vorgefertigter Meinung folgen. Schließlich führt auch in Lessings Drama das aufgeklärte Handeln der Figuren zu einer Verbrüderung, und sie werden zu einer gemeinsamen Familie.



Die Ebenen der Ringparabel

Besonders im Bereich der Religionen ist es wichtig, Menschen mit anderem Glauben als dem eigenen zu tolerieren, soweit ihr Glaube mit grundlegenden moralischen Werten vereinbar ist. Auch wenn wir nicht in allen Glaubensfragen einer Meinung sind, ist es wichtig, uns mit Andersdenkenden auszutauschen und sie zu akzeptieren.

Umwelt und Technologie

Hans Jonas – Verantwortungsethik

THILO BÄUERLE

Ergänzend zu den jahrhundertealten ethischen Imperativen Kants, mit denen sich auch Lessing befasste, entwickelte der deutsch-amerikanische Philosoph Hans Jonas (1903–1993) Ende des 20. Jahrhunderts das Prinzip der Fernethik, angestoßen durch das zunehmende Aufkommen von moderner Technologie und deren teils fatalen Auswirkungen auf Natur und Umwelt. Er vertrat die Meinung, dass die tradierten ethischen Imperative den Herausforderungen der neuen Zeit nicht mehr gewachsen seien.



Hans Jonas⁷

In seinem 1979 erschienen Hauptwerk „Das Prinzip Verantwortung“ setzt er sich damit auseinander, nach welchen ethischen Maßstäben die Menschen handeln sollten, damit die Folgen ihres Handelns auch für spätere Generationen ein lebenswertes Leben auf der Erde zuließen. Dabei formulierte er den neuen ethischen Imperativ *„Handle so, dass die Wirkungen deiner Handlung verträglich sind mit der Permanenz echten menschlichen Lebens auf Erden.“*

Somit setzt sich die Fernethik konträr zu der durch Kant geprägten Nahethik nicht mit der Verantwortung im unmittelbaren menschlichen Nahbereich auseinander, sondern auch mit der Verantwortung gegenüber nachfolgenden Generationen. Die Maxime der Nächstenliebe sollte somit durch das Gebot der Fernstenliebe erweitert werden. Um dabei die Gefahr neuer

⁷Abbildung: Wikimedia, Universitätsarchiv St. Gallen, Regina Kühne, HSGH 022/001945, CC BY-SA 4.0

Technologien abzuwägen, war die sogenannte *Heuristik der Furcht* sein Mittel der Wahl. Da die Gefahren dieser neuen Technologien oftmals sehr schwer abschätzbar seien, riet Hans Jonas dazu, stets vom schlechtest möglichen Ausgang auszugehen, vom sogenannten Worst-Case-Szenario.

Sollte dieses jedoch trotzdem eintreten, hielt Jonas auch das Einsetzen einer zeitweiligen Öko-Diktatur für möglich und moralisch vertretbar. Diese sollte durch Einschränkungen der individuellen Freiheiten das kollektive Überleben gewährleisten. Demokratien seien aufgrund des meist langwierigen Entscheidungsfindungsprozesses hierfür nicht geeignet.

Für die Arbeit in unserem Kurs war die Verantwortungsethik nach Hans Jonas insofern relevant, als wir uns danach mit den beiden literarischen Werken „Cryptos“ und „Zero“ beschäftigt haben, welche sich mit dystopischen Szenarien in den Bereichen der Technologie und Umwelt auseinandersetzen.

Ursula Poznanski – „Cryptos“ (2020)

ANNA RAPP

Beim Lesen von Ursula Poznanskis (geb. 1968) Umweltdystopie „Cryptos“ haben wir ein Worst-Case-Szenario kennengelernt, wie es Hans Jonas beschrieben hat. Schon am Eröffnungswochenende haben wir den von der Akademie finanzierten Roman erhalten und sollten ihn bis zum Sommer lesen.

Dieser Thriller spielt in naher Zukunft, der Klimawandel ist so weit fortgeschritten, dass große Teile der Erde nicht mehr bewohnbar und Naturkatastrophen alltäglich sind. Das Leben wird als anstrengend und kaum noch als lebenswert wahrgenommen. In der Konsequenz flüchten die Menschen in virtuelle Welten, so dass sie lediglich noch vierzig Minuten am Tag in der Realität verweilen, um sich zu waschen und den Körper etwas zu bewegen. Den Rest des Tages verbringen sie in Kapseln, um in utopische, virtuelle Welten abzutauchen.

Die Auswahl an Welten ist so groß, dass der Fantasie keine Grenzen gesetzt werden. Sie reichen von historischen Settings wie London im



KI-generierte virtuelle Welt

17. Jahrhunderts über mystische Feenlandschaften bis hin zu Vampirjagden und Dinosaurier-Safaris. Das Essen schmeckt gut, die Temperaturen sind angenehm, Quests und Challenges sorgen für Unterhaltung. Zudem besteht zu jeder Zeit die Möglichkeit, Welten zu wechseln. In unserem Kurs haben wir ebenfalls eigene Welten erstellt und auf Plakaten präsentiert.

Das gesamte System sowie alle virtuellen Welten werden von dem großen Konzern *Mastermind* überwacht und organisiert. Das von *Mastermind* groß geplante Projekt *Minus 3* soll nicht nur, wie der Bevölkerung kommuniziert wird, zu einer Senkung der globalen Durchschnittstemperatur von minus drei Grad führen, sondern auch zu einer Reduktion der Weltbevölkerung um drei Milliarden Menschen, um den verbleibenden ein besseres Leben zu ermöglichen. Die Auswahl soll durch einen Zufallsmechanismus erfolgen und der Tod möglichst schmerzfrei ablaufen.

Cryptos, eine Widerstandsbewegung, der die Protagonistin selbst angehört, hält diesen Plan für moralisch nicht vertretbar und sucht nach anderen Lösungsansätzen für den Klimawandel. Im Konflikt zwischen *Cryptos* und *Mastermind* geht es um die ethische Frage, ob man Teile der Menschheit gezielt auslöschen darf, um die Menschheit als Ganzes zu erhalten.

Gegensätzlich dazu sollen teurere und komplexere technologische Lösungsansätze mit Forschungs- und Beratungsgruppen aus Wis-

senschaftlern und Politikern, wie von *Cryptos* vorgeschlagen, erarbeitet werden. Ob dieses Projekt zu Ergebnissen und effizienten Lösungen führen wird, ist unklar. Die Widerstandsbewegung siegt schlussendlich, auch wenn die anstehenden Probleme weitestgehend ungelöst bleiben.

Dieser Roman regte bei uns im Kurs zahlreiche Diskussionen und Überlegungen an. Wir fragten uns, wie wir in solch einer Situation wohl handeln würden. Beim Präsentationstag sorgte genau diese Fragestellung ebenfalls für reichlich Gesprächsstoff unter den Zuhörern, was die Aktualität des Themas deutlich macht. In unserem Kurs kamen wir auch nach langer Diskussion zu keinem befriedigenden Ergebnis und sahen in dem Roman einen Aufruf, hier und jetzt gegen den Klimawandel aktiv zu werden, damit die Menschheit nie vor solch einer Entscheidung stehen muss.

Marc Elsberg – „ZERO“ (2014)

NIKOLAUS KEBLER

Doch Technologie ist nicht nur bei der Bekämpfung des Klimawandels ein zentrales Element, sondern aus unserer modernen Welt generell nicht mehr wegzudenken. So gut wie jeder Mensch besitzt ein Smartphone, ist regelmäßig im Internet und die allermeisten sind auch in den sozialen Netzwerken aktiv.

Dass man bei der Nutzung von Apps, die große Konzerne wie etwa *Meta* zur Verfügung stellen, jede Menge an persönlichen Daten Preis gibt, ist dabei nachvollziehbar. Durch den sozialen Druck, auch auf diesen Plattformen aktiv zu werden, verdrängt man dies jedoch.

Da die Technologie mittlerweile in unserer Gesellschaft einen so prominenten Platz einnimmt, kamen wir auf der Suche nach der perfekten Welt natürlich nicht um eine technologische Utopie herum und haben uns deshalb mit dem 2014 erschienenen Roman „ZERO“ von Marc Elsberg (geb. 1967) beschäftigt. Allerdings stellt der Autor schon vor Beginn des Romans klar, dass es sich nicht um ein utopisches Werk im engeren Sinne handle, da es bloß zeigt, was mit Technologie, die jetzt bereits schon existiert, theoretisch denkbar wäre. Um genauer



Der voll digitalisierte Mensch

zu sein, zeigt das dystopische Werk, was große Konzerne heute schon mit den Daten der Nutzer machen können und was sie in Zukunft damit machen könnten. Im Mittelpunkt des Romans steht deshalb auch ein großer Konzern und zwar das fiktionale soziale Netzwerk *Freemee*. Dieses sammelt durch Smartphones, Datenbrillen, Smartwatches und andere Wearables Daten von Nutzern auf der ganzen Welt. Neben bekannten Funktionen wie einem Messenger umfasst *Freemee* auch die sogenannten *ActApps* (=Action Applications). Durch die Auswertung von Daten geben die *ActApps* den Nutzern Tipps in allen Lebensbereichen, welche die Menschen nach und nach immer bereitwilliger befolgen.

Darüber hinaus gibt es *ManRank*, eine digitale Rangliste für alle Menschen. Je nachdem, wie gut man die Ratschläge der *ActApps* befolgt, steigt man in dieser Rangliste auf oder ab. Zudem erhalten Nutzer Geld und einen verbesserten Rang, wenn sie freiwillig noch mehr Daten preisgeben. Ein guter Rang ermöglicht einem dann bessere Chancen in allen möglichen Lebensbereichen.

Im Laufe des Romans werden die wahren Absichten von *Freemee* aber immer mehr offenbar: die Manipulation und Kontrolle der Menschheit. Tatsächlich ändern die Menschen auf Anweisung der *ActApps* ihren Lebensstil bis hin zu ihrer politischen Einstellung. Je mehr die

Menschen den Ratschlägen dieser Apps folgen, desto mehr ändern sie unterbewusst ihre Meinung und Einstellung.

Zwar ist die Nutzung von *Freemee*, den *ActApps* und *ManRank* freiwillig, es besteht aber ein hoher gesellschaftlicher Druck, auf der Plattform aktiv zu sein. Denn noch schlechter als ein sehr schlechter Rang ist es, keinen zu haben.

In der Diskussion ist uns bewusst geworden, dass so ein Druck in unserer Gesellschaft bereits existiert. Wer kein Smartphone besitzt und nicht in den sozialen Netzwerken aktiv ist, ist im Alltag abgehängt und wird oftmals sozial ausgegrenzt.

Der Roman „ZERO“ hat uns im Kurs eindrücklich gezeigt, wie wichtig kritisches Denken ist. Gerade in Bezug auf neue Technologie ist es wichtig, diese immer wieder zu hinterfragen. Eine rundum digitalisierte Welt mag auf einige Menschen auf den ersten Blick zwar eutopisch wirken, doch Technologie birgt zweifelsohne ein riesiges Potential für Manipulation und Missbrauch. Deshalb sahen wir im Kurs eine durch Technologie völlig gläserne Gesellschaft, wie wir sie im Roman „ZERO“ vorgefunden haben, als deutlich dystopisch an.

In diesem Zusammenhang haben wir uns auch mit der Datenschutzproblematik in den sozialen Netzwerken heutzutage beschäftigt. Dabei wurde deutlich, wie sehr die Methoden der heutigen Konzerne schon denen aus „ZERO“ ähneln.

Verantwortungsvoller Umgang mit Apps

JANEK STADTMANN

Konkret beschäftigten wir uns mit den allgemeinen Geschäftsbedingungen und Datenschutzerklärungen von *WhatsApp*, *Instagram*, *Snapchat* und *TikTok*. Im Laufe unserer Untersuchung stellte sich vieles davon als fragwürdig und problematisch heraus.

Doch warum sollte es uns überhaupt interessieren, dass diese Konzerne unsere Daten besitzen, da es uns scheinbar keinen direkten Schaden zufügt? Hier kamen wir zu der Erkenntnis, dass der Schutz unserer Daten wichtig ist, um uns vor verschiedenen Gefahren zu schützen.

Beispiele hierfür sind die Überwachung durch Behörden, Unternehmen und andere Akteure, unterbewusste Manipulation und Identitätsdiebstahl.

Eine der Hauptproblematiken bestand für uns darin, dass die Konzerne durch die freiwillig preisgegebenen Daten oft sehr genaue Informationen über uns sammeln können, wie beispielsweise Ortsangaben, Hobbys oder Konsumvorlieben, und diese Daten dann an Drittanbieter verkaufen, um uns präziser und effizienter beeinflussen zu können. In der Diskussion kamen wir zu dem Ergebnis, dass wir all diese Bedingungen nicht akzeptabel finden und wir uns in vielen Belangen gerne von diesen Dienstleistungen distanzieren würden. Jedoch lag hier das zentrale Problem des Ganzen: Die soziale Abhängigkeit, die beispielsweise durch Gruppenzwang oder Ausschluss bei gemeinsamen Aktivitäten geschaffen wird, ist nicht zu unterschätzen.

Der Versuch, sich umzustellen und alle sozialen Medien zu löschen, fällt vielen schwer, da die Kommunikation mit anderen Menschen und das Pflegen von Kontakten dadurch um ein Vielfaches komplizierter wird, wodurch man Freundschaften und soziale Kontakte verlieren kann.

Exkursionstag

JANEK STADTMANN

An unserem Exkursionstag reisten wir nach Heilbronn zur *experimenta*, wo wir eine Ausstellung rund um das Thema KI besuchten. Dort haben wir mehr über die Geschichte der KI erfahren, sie selbst trainiert und ausprobiert. Darüber hinaus haben wir uns mit verschiedenen Bereichen der KI befasst, zum Beispiel mit Bilderkennung und -generierung, Textgenerierung, aber auch mit Spielen wie „Vier Gewinnt“ und Schach.

Hier waren wir besonders erstaunt, welche Unterschiede in der Qualität, insbesondere bei der Texterstellung auf Deutsch und auf Englisch herrschten, da es erkennbar war, dass die englischen Texte viel eloquenter verfasst waren. Zusätzlich merkte man, wie wichtig die Menge der Trainingsdaten ist, da zum Beispiel die

Erkennung von selbstgemalten Bildern in Relation zum aktuellen Stand der Technik recht schlecht war. Eine Sache, die uns jedoch zur



Exkursion zur *experimenta*

Kritik anregte, war das Fotografieren des eigenen Gesichts, um die KI zu trainieren. Letzten Endes waren wir oft beeindruckt von den verschiedenen Möglichkeiten und Anwendungsbeispielen. Allerdings fanden wir, dass die Ausstellung einen nicht ausreichenden Fokus auf die Probleme und Gefahren, mit denen wir uns in der Welt dringend beschäftigen müssen, hatte. Schließlich besuchten wir kurz die Hauptausstellung der *experimenta*, wo wir die Themen Technik und Naturwissenschaft handfest erleben und untersuchen konnten.

Fazit

KYRA HEIDORN UND ANTONIA SCHNEIDER

Im Literatur/Philosophie-Kurs haben wir unterschiedliche Texte und Theorien zu Eu- und Dystopien in den Bereichen Gesellschaft, Politik, Religion, Umwelt und Technologie untersucht und darüber diskutiert. Dadurch konnten wir uns in andere Welten hineinversetzen und unsere eigenen Ideen und Vorstellungen hinterfragen.

Insgesamt haben wir aber die perfekte Welt nicht gefunden, da für jeden eine andere Welt als perfekt oder ideal angesehen wird, weil Utopien auf subjektivem Empfinden basieren. Für die Mehrheit kann deshalb keine einheitliche Eutopie gefunden werden, was auch durch den menschlichen Egoismus erschwert wird.

Obwohl es keine einheitliche perfekte Welt gibt, brauchen wir die Vorstellung von utopischen Zuständen dennoch. Mit Eutopien können wir Idealzustände wie beispielsweise eine gerechte Gesellschaft und die vollkommene Zufriedenheit der Bevölkerung anstreben, dabei Fehler in unserer jetzigen Gesellschaft erkennen und diese verbessern. Zusätzlich können wir durch das Durchdenken von Dystopien potenzielle Gefahren, wie zum Beispiel Naturkatastrophen in Folge des Klimawandels oder Kriegszustände früher erkennen und dystopische Zustände in der Zukunft vermeiden.

Auch wir haben feststellen können, dass unsere persönlichen Vorstellungen von Eutopien oft weit auseinanderliegen. Trotzdem haben wir innerhalb dieser zwei Wochen gelernt, zusammen zu arbeiten, uns gegenseitig zuzuhören und unsere unterschiedlichen Meinungen nachzuvollziehen und wertzuschätzen. Auf unserer zweiwöchigen Reise haben wir aber zudem noch etwas anderes Wichtiges gelernt: die Notwendigkeit von kritischem und selbstständigem Denken, ohne das zum Beispiel keine Demokratie möglich wäre.

Man realisiert oft erst zu spät, was für eine wichtige Rolle kritisches und selbstständiges Denken spielt. Dies merkt man zum Beispiel auch in George Orwells Roman. Zusammenfassend finden wir, dass aus modernen Gesellschaften die Vorstellungen von und das Arbeiten mit Utopien wichtiger sind denn je, denn:

„Jedes große historische Geschehen begann als Utopie und endete als Realität.“

– Richard Nikolaus von Coudenhove-Kalergi

Unser Kurs

SARA MARIE TEMELKOV UND THILO
BÄUERLE

Utopien und die Suche nach der perfekten Welt beschäftigen die Menschen schon seit der Antike, wenn nicht schon länger. In unserem Literatur/Philosophie-Kurs gingen wir vielen dieser uralten Fragen, beispielsweise ob der Mensch von Natur aus egoistisch sei, aber auch ganz neuen Fragen auf den Grund. Ist eine wohlwollende Diktatur besser als eine Demokratie? Ist Freiheit wichtiger als Sicherheit? Ist

der Mensch von Natur aus vernünftig? Wie sieht eine ideale Gesellschaft aus?

Zwischen dem Eröffnungswochenende und der Sommerakademie beschäftigten wir uns nicht nur mit Texten aus Literatur und Philosophie, wir schauten, hörten, spielten, diskutierten und dachten uns in verschiedenste Gebiete von Utopien ein.



Spaß beim Planendrehen

Insbesondere der Song „Utopia“ entwickelte sich vom treuen Gefährten beim Abbauen von Stress während des Erstellens der Präsentationen für den Präsentationstag bis hin zu unserem heiß geliebten Kurssong, der nun wie eine Hymne in uns verankert ist.

In unseren Köpfen erschufen wir sowohl Eutopien, als auch Dystopien und schrieben diese nieder oder ließen Bilder unserer Fantasie entstehen, um unseren gesamten Kurs daran teilhaben zu lassen. Dies war nicht nur eine Bereicherung für uns alle, sondern schaffte die Basis, auf der wir mit Verständnis, Einsicht und Tatendrang eine Reise in die ungewissen Nichtwelten unternahmen.

Mit unseren Kursleitern Tobi und Nadia und unserer Schülermentorin Clara vergingen die zwei Wochen wie im Flug und im Nu war erst die Rotation nach der ersten Woche und schließlich auch die Abschlusspräsentation vorüber. Diese besonderen Menschen schufen da-

bei Raum für selbstständiges und freies Denken und halfen uns dabei, unsere Gedanken in Perfektion aufs Papier zu bringen und unsere Präsentationen zu meistern. Ihre Denkanstöße arteten meist in umfassenden Diskussionen aus, was allerdings ebenfalls einen wichtigen Teil unseres Kurses ausfüllen sollte.

In dieser viel zu kurzen Zeit wühlten wir uns durch Niederschriften von Immanuel Kant, Thomas Morus, Thomas Hobbes, G. E. Lessing und vielen mehr. Wir lernten, wie unterschiedlich und zeitabhängig Utopien sein können und wie wandelbar Menschen denken und träumen. Ebenfalls konnten viele unserer Fragen geklärt werden, wobei jede Antwort viele weitere Fragen aufwarf. In diesem Kurs rauchte bald jedem der Kopf und falls das Gehirn noch nicht genug verknotet war, gab es noch Akademie- und Kursrätsel, die einen ganze Tage kosteten und einen langen Atem benötigten.

Wie eine perfekte Welt aussieht, wissen wir immer noch nicht, aber das Mana haben fast alle gespürt. Außerdem erschien es uns wichtig, verschiedene Wunschwelten oder auch dystopische Welten zu betrachten, um die Mängel im Hier und Jetzt zu erkennen und auf eben diese Wunschwelten hinarbeiten zu können, während wir versuchen aus den Fehlern der dystopischen Welten zu lernen. Wir hoffen, Sie hatten viel Spaß und neue Erkenntnisse beim Eintauchen in die Welt der Nichtwelten und hoffen, dass wir Ihnen eine Inspiration zur Gestaltung Ihrer perfekten Welt mitgeben konnten.

Ihr Philoraturkurs

Das Team

ALLE

Mantas:

#MagRundsnaps
 #HotspotGönner
 #DerMitDerLeinenhose
 #DebatingKüA
 #NurNochEinBier
 #UnserFührer

Kyra:

#SmintGönner
 #KeinStress

#EverydayFrühsport
 #AuchSick
 #IsstZuLangsam
 #TheaterHerzensmitglied

Anna:

#waaass?
 #80JahreAltImHerzen
 #smintsüchtig
 #SoSchönHier
 #häää
 #WasHastDuGesagt?
 #WoIstStevie?
 #DasAussehenEntscheidetWerZusammenKommt
 #dschi-iii-Lessing
 #Entzugserscheinungen

Antonia:

#Smintsüchtig
 #Dauersick
 #BringtMichNichtZumLachen
 #AberDerCharakterWerZusammenbleibt
 #KritischesDenkenIstWichtig
 #Gefühlt
 #DasIstUnfair

Sara:

#NurEinSatz
 #BesteDiskussionen
 #Zwockl2
 #Herzensmensch
 #LiegstDuDasNächsteMalFlach
 #WohllollendeDiktatur
 #AngefahrenesKleinsäugetier
 #WarumSehtIhrDasAllesSoNegativ

Janek:

#Sonnenschein
 #WirSchaffenDas!
 #Einhorngummibärchen
 #NeinNeinNeinNein(zunehmend panisch)
 #DezentKitzelig
 #DerEineDerImmerLacht
 #MundBasketballAkrobat

Ella:

#WoIstMeineFlasche
 #Quentinnnnn!!
 #Stanleycup
 #Zwockel1

#ZuGutFürUns
#UpsaImmerNochSchlappen

Laura:

#Psycho?!
#MesserliebhaberIn
#Gilmoregirls
#Zwockl3
#AuchSick
#Knochig?
#Hääääähhh?
#GroßeKulleraugen

Peter:

#Geige
#DerMusiker
#Ulrike
#ImmerMitRucksack
#Aquarellbilder
#Geoguessr
#EBEN

Thilo:

#LeviathÄÄÄ
#Atombombenfan
#WohlwollenderDiktator
#KnochigPasstIhmNicht
#AllesFürFünfEuro
#SchreitWieEinKleinesMädchen
#KeineSchuhe

Letitia:

#Saxophon
#ÜbelstLieb
#KommunismusSchonGut
#KeinSpitzname
#BüchereiMitKatzenForever

Nikolaus:

#Stein
#PureGeduld
#FühltKeinMana
#DerAusDerSchweiz
#BesterHumor
#DominantImSt...
#MilitanterFreiburgFan
#duSch...

Nadia:

#StarWars

#KantWitze
#RetterInDerNot
#FieserSchulterblick
#ErstmalEinTee
#DateinamenVerunstalter(manchmal)
#KrasseWordSkills
#LaTeX

Tobi:

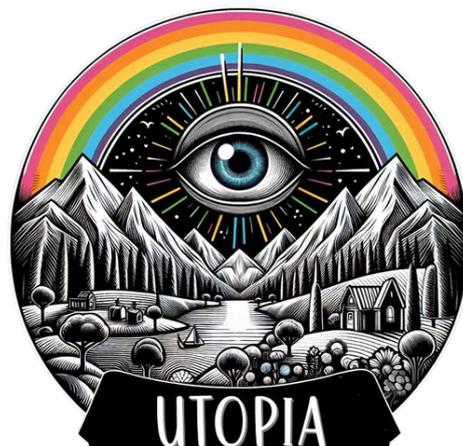
#BesteBibliothek
#BücherGönner
#Utopiaaa
#wennWENNDasDreiIst
#DasManaFließtNochNicht
#IchHabDaNochEinenBuchtipps
#HeavyMetalImHerzen
#Nieser
#KaffeeSuchti

Clara:

#BesteSchwertkämpferin
#ImmerDa
#Fußball
#BesteSchülermentorinEver
#IchBinDieImmerDa
#FelsInDerBrandung
#DystobiRetterin

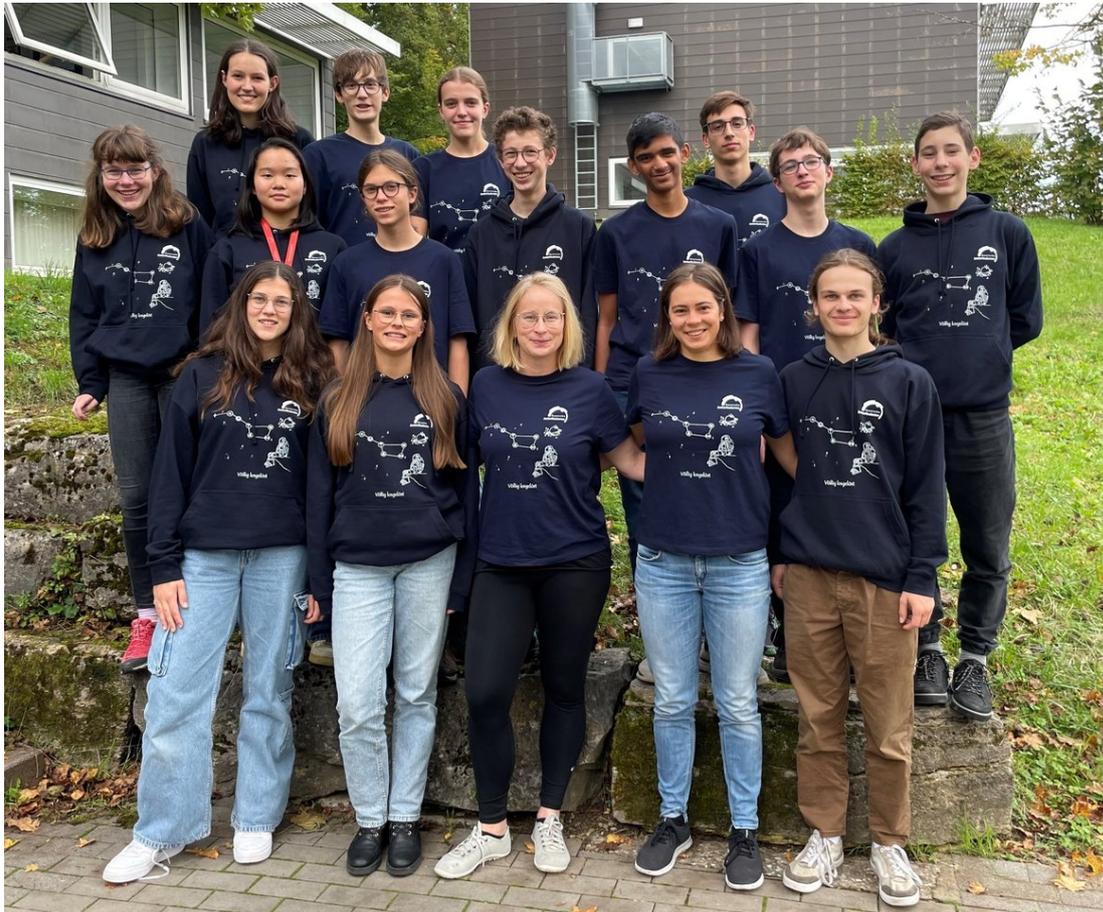
Dystobi:

#AlleinUndVerlassen
#sad
#BadParents
#BergfestNeuesZuhause
#WirdVonWordNichtErkannt
#LiegtNurRum



Design des Kursshirts

Kurs 3 – Von Datenanalyse bis Optimierung: Der Energiemix der Zukunft



Unser Kurs

Aarnav war im Kurs immer mit bester Laune dabei. Er setzte sich immer solange an Dinge, bis er sie wirklich erfolgreich erledigt und verstanden hatte. Wenn die Müdigkeit groß oder wir erschöpft waren, war Aarnav mit seinen motivierenden Sprüchen stets zur Stelle, womit er uns sehr beeindruckte. Aarnav war sich nie zu schade, eine seiner Ideen im Kurs vorzuschlagen oder ein Problem von einer neuen Seite zu beleuchten.

Neben dem Kurs überzeugte Aarnav im Akademieorchester an der Geige oder war

während des Bergfests beim Breakdancen zu sehen. Es machte immer sehr viel Spaß mit ihm im Kurs.

Bruno zeichnet sich durch eine außerordentliche Vielseitigkeit aus. Besonders auffällig ist seine Begeisterung für das Programmieren, die er von Anfang an zeigte. Er war immer interessiert und konzentriert dabei. Mit seiner humorvollen und dennoch ruhigen und geduldigen Art bereicherte er unseren Kurs sehr. Außerdem machte es ihm großen Spaß, neues Wissen direkt in

die Praxis umzusetzen. Besonders in den letzten Tagen, als es um die Erstellung der Abschlusspräsentationen ging, war er immer zur Stelle und half, wo er nur konnte. Doch er kann nicht nur Mathe und Informatik: Während der zwei Wochen im Sommer nahm er auch fast jeden Morgen an der Sport-KüA teil und gehörte zu den schnellsten Joggern. Außerdem spielte er Saxophon im Akademieorchester.

David ist ein Mensch mit viel Persönlichkeit und Humor. Er ist auch ein Genie am Schachbrett und brachte uns einige Tricks bei, wo er nur konnte. Mit seiner Intelligenz in Mathematik und Programmierung brachte er unseren Kurs voran. Seine Geistesgegenwart am Sporttag half uns, die nötigen Punkte zu sammeln. Poker ist auch ein Spiel, das er in der Akademie anfang, zu spielen, und er spielt es wunderbar, indem er blufft und im richtigen Moment Geld setzt.

Er ist sehr gut im Basteln, was sich zeigte, als wir etwas für unseren geheimen Freund basteln mussten. Alles in allem ist er immer für uns da, wenn wir ihn brauchen, und er ist ein toller Freund.

Franziska – auch freundlich Franzi genannt – ist eine geduldige Person, die offen und tolerant ist und zugleich für ihre Werte steht. Sie sorgte auch immer für viel Positivität im Kurs. Bei der Rotation und am Präsentationstag waren wir äußerst angewiesen auf ihren Laptop, der zum Abspielen unserer PowerPoint für alle herhalten musste.

Zudem macht sie in ihrer Freizeit viel Sport, war im Orchester und spielt Schach. Zu letzterem bot sie in der Akademie eine spannende und lustige Abend-KüA an.

Ilya ist eine sehr interessante Person. Bei ihm findet man die passende Mischung aus Spaß und konzentriertem Arbeiten. Mit spannenden Fragen und Ideen brachte er den Kurs voran und war sich nie zu schade, eine Idee, einen Lösungsansatz oder eine noch nicht geklärte Fragestellung anzusprechen. Ilya kann sehr gut mit Kritik umgehen und es machte ihm großen Spaß, das neu Gelernte direkt umzusetzen, auszuprobieren und an-

zuwenden. Immer wieder versuchte er beeindruckend lange, geduldig und selbstständig ein Problem zu lösen. In seiner ehrlichen und ruhigen Art war er dem Kurs eine große Bereicherung.

Auch beim Sportfest hatte er immer Spaß dabei, unser Team zu motivieren. Er ließ sich selbst, als seine Brille kaputt ging, nicht unterkriegen.

Jessica ist sehr ehrgeizig. Im Kurs wollte sie nie Pause machen, sondern lieber weiterprogrammieren. Im Programmieren mit Python war Jessica besonders gut. Sie hat aber auch ein sehr gutes räumliches Vorstellungsvermögen. Den anderen Kursteilnehmerinnen und -teilnehmern half sie immer gerne, und sie brachte sich oft ein und stellte gute Fragen.

Jessica spielt außerdem „Guzheng“, ein traditionelles chinesisches Saiteninstrument. Damit verlieh sie unserem Akademieorchester einen besonderen Klang und war eine Bereicherung für das Akademie-Ensemble. Dass Jessica gut tanzen kann, zeigte sie beim Bergfest und auch bei der Abschlussparty. Sie verbreitete jede Menge gute Laune und motivierte auch die andern zum Tanzen.



Julian Le. war während der Akademie fester Bestandteil der Sport-KüA. Mit seiner angenehmen Art sorgte er für Ausgeglichenheit im Kurs. Darüber hinaus ist er sehr humorvoll und nett. Er war im Kurs immer wissbegierig dabei und stellte viele hilfreiche Fragen. Er konnte die Themen sehr gut und gründlich verstehen. Beim Präsentieren überzeugte er durch eine sehr souveräne und angenehme Aufttrittsweise.

Er brachte sich stets mit durchdachter und konstruktiver Kritik ein, egal ob bei der Gestaltung des Kurs-T-Shirts oder bei der Vorbereitungen auf den Präsentationstag. Dabei hatte er eine schier endlose Ausdauer. Auch beim Schreiben der Dokumentation zeigte er viel Geduld und auf ihn war immer Verlass.

Julian Li. gehörte ebenfalls zu denen im Kurs, die am liebsten programmierten. Ihn musste man auch oft zu einer Pause zwingen. Mit seinen guten Ideen und Programmierfähigkeiten brachte er unseren Kurs voran und half bei Gruppenarbeiten mit seinen konstruktiven Beiträgen und guten Ideen sehr. Außerdem sorgte er mit seiner guten Laune für eine gute Stimmung in unserem Kurs. Wenn man kurzfristig noch eine Grafik für die Präsentation brauchte, war man bei ihm genau richtig.

Mit Julian hatten wir die ganze Akademie über sehr viel Spaß, vor allem auch bei der Theateraufführung, bei der er den Reporter spielte. Diese Rolle passte perfekt zu ihm und er verkörperte sie sehr überzeugend und gut.

Kristina sorgt mit ihrem Humor und ihrer offenen Art immer für eine unterhaltsame Atmosphäre. Im Kurs brachte sie uns mit ihren konstruktiven Beiträgen gut voran. Besonders in den Theorieteilen zeigte sie viel Begeisterung und war sehr interessiert und konzentriert.

Während der Freizeitangebote war sie meist künstlerisch tätig. Beispielsweise sah man ihr musikalisches Talent eindeutig, als sie die einzige Gesangsrolle im Theater bekam. Ihre Leidenschaft für die Musik und Gesang war für alle klar zu erkennen, da wir sie oft in der Freizeit singen hörten. Sie war außerdem akademieweit bekannt als Reporterin der morgendlichen Nachrichten.

Livia begeisterte uns alle mit ihrer freundlichen und hilfsbereiten Art. Ob in der Theater-KüA oder im Kurs, sie war immer motiviert und sorgte mit ihrer Energie für eine gute Stimmung in der Gruppe. Im Kurs war sie immer fokussiert und sorgte für eine konzentrierte und ruhige Arbeitsatmosphäre.

Außerdem ist sie eine super Teamplayerin. Ihre Begeisterung im Optimierungsteil war deutlich zu spüren, da sie immer etwas zum Kurs beitragen konnte.

Sie war an vielen Stellen engagiert. Zum Beispiel schrieb sie ein Dankeslied für Melli und Mathis und organisierte die Aufführung.



Maiko hatte stets eine gute Idee parat. Wir hatten mit ihr als „Tratschtante“ immer Unterhaltung und Spaß. Besonders interessiert war sie am Optimierungsteil, weshalb sie auch diesen als Abschlussprojekt auswählte. Dank ihrer Fähigkeiten in der Mathematik schaffte sie es regelmäßig, wertvolle Ideen zum Kurs beizutragen.

Auch hatte sie generell eine immer fröhliche Persönlichkeit und war gerade im Programmiersteil sehr kooperativ und konnte gut mit anderen zusammenarbeiten. Ihre positive Ausstrahlung sorgt stets für gute Laune.

Milas ansteckendes Lachen heiterte die Kursatmosphäre immer wieder entscheidend auf. Sie bereicherte den Kurs durch ihre vielen Beiträge und durchdachten Fragen. Jedoch war sie auch immer für eine kurze Phase des Plauderns zu haben und zählte deshalb zu den „Tratschtanten“ unseres Kurses. Hier zeigte sich dann ihre außergewöhnliche Multi-Tasking-Fähigkeit, denn trotz dieser Ablenkung behielt sie zu jeder Zeit den Überblick über unseren gesamten Kursinhalt.

Da sie in einer Fußballmannschaft spielt, stand sie in ihrer Freizeit am liebsten auf dem Fußballfeld, um dort ihr sportliches Können unter Beweis zu stellen. Man sah

sie immer mit Freundinnen über den Campus laufen, die Mila durch die Akademie begleiteten, denn sie war eine beliebte Person, die jedem ein Lächeln aufs Gesicht zaubern konnte.

Samuel war immer sehr motiviert bei der Arbeit, vor allem beim Programmieren, wo seine Informatikbegeisterung herausstach. Samuel gehörte zu der Gruppe im Kurs, die Pausen für überbewertet hielt. Er musste von Maren und Maybritt gezwungen werden, das Python-Programm warten zu lassen, um zum Essen zu gehen.

Bei Gruppen- und Partnerarbeiten sorgte er stets für gute Laune und war auch sonst für jeden Spaß zu haben. Dies fiel besonders auf, als er bei einer Partnerarbeit nach Fertigstellung der eigentlichen Aufgabe das Programm beabsichtigt mit Fehlern laufen ließ, um zu schauen, was passiert.

Ole hat eine scheinbar unendliche Begeisterung für die Akademie. Mit seiner Motivation steckte er alle an, sei es für unseren Kurs, die Akademie im Allgemeinen oder auch als Anfeuerungungs-Coach beim Sportfest. Ole ist sehr hilfsbereit, zum Beispiel beantwortete er Fragen im Kurs auf sehr verständliche Weise. Er war aber auch offen für andere Probleme oder die Gefühle der Teilnehmerinnen und Teilnehmer während der Akademie.

In einigen der Mittags-KüAs ermöglichte er uns ungewöhnliche Aktivitäten, wie Krolf oder Disk-Golf. In den Kurspausen ließ er uns auf einer (kleinen) Plane stehen und diese umdrehen (schwer).

Am Bergfest zeigte sich auch noch, dass er über ein unentdecktes Talent im Lichtschwertkampf verfügt. Einfach der beste Schülermentor!

Maren konnte als Kursleiterin die Theorie zur Optimierung im Kurs maximal optimiert erklären. Sie hatte immer gute Ideen für spannende Beispiele zu Optimierungsproblemen. Ihr war ruhiges und konzentriertes Arbeiten sehr wichtig. Sie war aber auch für jede lustige Aktion zu haben. In ihrem Alltag unterrichtet sie Studierende, kann den Kursteilnehmerinnen und -teilnehmern

die Themen aber genauso gut rüberbringen. Außerdem war sie auf der Akademie für ihre Fahrradbegeisterung bekannt und häufig auf dem Campus nach der Radtour mit Bionade und Radklamotten anzutreffen. Ihre Lieblingstage waren sogar die, an denen sie morgens vor dem Frühstück schon eine Runde auf dem Rad drehen konnte.

Maybritt vermittelte den Kursinhalt in Mathematik und Informatik, insbesondere im Bereich der Statistik, auf eine äußerst klare und verständliche Weise. Selbst komplexe und anspruchsvolle Themen, die für viele zunächst herausfordernd erscheinen mögen, erklärte sie mit großer Geduld und einem strukturierten, gut durchdachten Aufbau. Dadurch war es jederzeit möglich, ihren Erklärungen problemlos zu folgen und das Erlernete direkt anzuwenden.

Ihre lockere und sympathische Art trug zudem zu einer entspannten und gleichzeitig motivierenden Lernatmosphäre bei. Dies machte es den Teilnehmerinnen und Teilnehmern leicht, sich auf die Inhalte einzulassen und Fragen zu stellen. Die Fahrradtouren mit Maren in der Mittagspause halfen ihr, während der Kursschienen entspannt und gelassen zu bleiben.

Einführung

MAREN BECK, MAYBRITT
SCHILLINGER, OLE FLECK

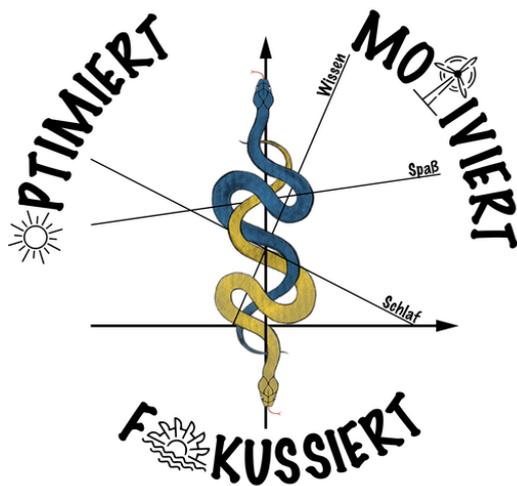
„Optimiert, motiviert, alle Kräfte fokussiert!“ Der Sportfest-Schlachtruf fasst unsere Kursatmosphäre bestens zusammen. In diesem Fall wurden unsere Kräfte dafür gebündelt, eine optimale nachhaltige Energieversorgung der Zukunft zu berechnen. Und nicht nur unsere Kräfte vereinten wir, sondern auch die aus verschiedenen Disziplinen: Wir erlernten Grundlagen aus dem Energiebereich sowie Methoden aus Mathematik und Informatik.

Die Optimierung verwendeten wir zum Beispiel, um den Gewinn beim Betrieb eines Pumpspeicherkraftwerkes zu maximieren. Dabei berücksichtigten wir verschiedene Rahmenbedingungen wie Daten zum Strompreis im Verlauf der Zeit. Solche Daten konnten wir mit Methoden

aus der Statistik analysieren. Mithilfe statistischer Methoden trafen wir im nächsten Schritt dann Datenvorhersagen, wie für die erzeugte Windenergie anhand der Windgeschwindigkeit.

Der Kurs vereinte mehrere Gebiete, und oft konnten wir auch wählen, in welchem Bereich wir Experte werden wollten. Beim Abschlussprojekt optimierten wir den bereits oben genannten Betrieb eines Pumpspeicherkraftwerkes und hatten dafür ein Optimierungs- und ein Daten-Team.

Unser Freund und Helfer war dabei die Programmiersprache „Python“, denn große Datensätze oder Optimierungsprobleme mit mehreren Variablen werden schnell unübersichtlich. Aber mit entsprechenden Python-Paketen und den richtigen Befehlen ließen sich auch die kniffligsten Probleme lösen. Wir haben Python so gerne, dass es die Schlange aus dem Python-Logo sogar auf unser Kurs T-Shirt schaffte.



Dabei war Programmieren auch nicht immer nur Spaß pur. Manche Fehlermeldungen mussten wir schon eine Weile anstarren, bis wir dann die Ursache gefunden hatten – dabei konnte das Problem zum Beispiel auch mal nur eine fehlende Klammer gewesen sein.

Apropos Klammern: „Klammer auf, Klammer zu – der Infokurs gewinnt im Null!“ Naja, zumindest fast konnten wir das Sportfest in der offiziellen Wertung gewinnen. In der inoffiziellen Wertung hat Ole sicherlich den Preis für den Schülermentor, der am lautesten und häufigsten den Schlachtruf schreien konnte, gewonnen. Wir schrien fleißig zurück.

Dieser Teamgeist hat uns dann auch die nervigsten Fehler lösen lassen, die komplizierteste Theorie durchgestanden, und vor allem für viel Spaß und gute Stimmung im Kurs gesorgt.

Einführung in Python

JULIAN LIEBSCH

Python ist eine der größten und am weitesten verbreiteten Programmiersprachen der Welt, die in vielen Bereichen der Entwicklung eingesetzt wird; von der Webentwicklung über die Datenanalyse bis hin zum maschinellen Lernen. Die Vielseitigkeit von Python beruht unter anderem auf der großen Anzahl von Bibliotheken und Frameworks, die es Entwicklern ermöglichen, komplexe Projekte schneller und effizienter umzusetzen. Der Name „Python“ hat allerdings nichts mit der gleichnamigen Schlange zu tun, wie viele vielleicht vermuten. Vielmehr wurde er von Guido van Rossum, dem ursprünglichen Entwickler der Programmiersprache, gewählt, weil er ein großer Fan der britischen Komikergruppe „Monty Python’s Flying Circus“ war.¹

Während der zwei Wochen im Sommer arbeiteten wir mit verschiedenen Paketen. Pakete sind Zusammenstellungen von mehreren Modulen. Sie ermöglichen und vereinfachen die Lösung verschiedener Probleme, indem sie einem Programm vorprogrammierte Befehle und Funktionen hinzufügen. Im Laufe der Zeit lernten wir verschiedene Pakete kennen, die uns Vieles erleichterten. Mit `pandas` lassen sich zum Beispiel große Datenmengen einfach und effizient verarbeiten, einlesen und speichern. Mit `matplotlib` konnten wir alle Arten von Diagrammen erstellen. Beim Programmieren mit Python half uns außerdem der Open-Source-Code-Editor „Jupyter-Notebook“, in dem wir den Code schrieben.

Wir hatten alle unterschiedliche Vorkenntnisse. Viele hatten schon Erfahrung mit Python, aber nicht alle. Hier profitierten wir besonders von der einfachen Syntax von Python, die man relativ schnell erlernen kann.

¹Quelle: <https://pythoninstitute.org/about-python>, Stand: 27.10.2024

Optimierung am Beispiel des Produktionsproblems

JULIAN LENK

Ein Bestandteil unseres Kurses war die Optimierung, also das Erreichen eines gewünschten Zustands und Ziels unter Einhaltung gegebener Voraussetzungen. Wir betrachteten dafür folgendes Beispiel: Wir sind Betreiber einer Biogasanlage, die zwei verschiedene Produkte herstellt: Biogas und Dünger. Jede verkaufte Mengeneinheit (ME) Biogas wirft 3 € Gewinn ab, jede verkaufte ME Dünger 4 €. In diesem Beispiel ist die ME beliebig teilbar, das heißt, wir können beispielsweise auch eine halbe ME Dünger herstellen. Unser Ziel ist, den Gewinn unserer Anlage zu maximieren. Dabei müssen wir bestimmte Voraussetzungen beachten, die „Nebenbedingungen“ genannt werden.

Das Ziel wollen wir jetzt durch eine Funktion mathematisch formulieren. Hierfür benötigen wir zwei Variablen, denn gesucht wird die ideale Anzahl an ME beider Produkte, die wir herstellen müssen, um den höchstmöglichen Gewinn zu erreichen. Deshalb führen wir die Variablen x_1 bzw. x_2 ein, welche die Anzahl an zu produzierenden ME Biogas bzw. Dünger beschreiben. Da wir pro ME 3 € bzw. 4 € Gewinn machen, müssen wir die Variablen mit diesen dazu passenden Gewinnen multiplizieren. Daraus folgt folgende Zielfunktion:

$$3x_1 + 4x_2.$$

Da unser Ziel ein möglichst hoher Gewinn ist, entspricht unsere Optimierungsrichtung in diesem Fall einer Maximierung der Zielfunktion. Will man zum Beispiel die Kosten für die Herstellung so gering wie möglich halten, müsste man eine entsprechende Zielfunktion minimieren.

Jetzt haben wir zwar unser Ziel mathematisch formuliert, aber uns fehlt noch der Einfluss der gegebenen Voraussetzungen, welche wir unbedingt einhalten müssen. Die erste Nebenbedingung legt fest, dass unsere beiden Variablen nicht negativ sein dürfen, denn wir können keine negativen Mengen herstellen. Es gilt also

$$\begin{aligned} x_1 &\geq 0, \\ x_2 &\geq 0. \end{aligned}$$

Für die Herstellung von Biogas bzw. Dünger benötigen wir Maschinenzeit in der Biogasanlage (BGA), Rohstoffe (RS), welche weiterverarbeitet werden, und eine Arbeitskraft (AK). Diese Ressourcen sind allerdings nur beschränkt verfügbar, wie in der folgenden Tabelle zu sehen. Die rechte Spalte zeigt die Verfügbarkeit der Ressourcen, welche bei der Produktion nicht überschritten werden darf. Die beiden mittleren Spalten zeigen den Bedarf der Ressourcen pro produzierter ME des jeweiligen Produkts.

Ressource	Bedarf	Bedarf	verfügbar
	x_1	x_2	
BGA (in h)	3	2	12
RS (in ME)	5	10	30
AK (in h)	0	2	5

Die mathematische Schreibweise für diese Nebenbedingungen lautet:

$$\begin{aligned} 3x_1 + 2x_2 &\leq 12, \\ 5x_1 + 10x_2 &\leq 30, \\ 2x_2 &\leq 5. \end{aligned}$$

Sie werden, weil sie nur in eine Richtung begrenzt sind, als Ungleichungen dargestellt. Im Produktionsbeispiel erfolgt die Begrenzung durch die Verfügbarkeit der Ressourcen bei der Produktion und die Nichtnegativitätsbedingungen der Variablen.



Die sogenannte zulässige Menge umfasst jegliche Kombinationen von x_1 und x_2 , die alle Nebenbedingungen erfüllen und somit mögliche Lösungen unseres Optimierungsproblems darstellen. Da jedoch nicht alle Punkte innerhalb der zulässigen Menge zwangsweise dem

maximalen Gewinn unter Einhaltung der Nebenbedingungen entsprechen, müssen wir eine Möglichkeit finden, den höchsten Gewinn innerhalb unserer zulässigen Menge ausfindig zu machen. Dieser entspricht der endgültigen Lösung unseres Problems.

Optimierungsprobleme graphisch lösen

MAIKE BROCHHAUS

Eine Möglichkeit, die Lösung eines Optimierungsproblems zu finden, ist das graphische Lösen.

Als erstes werden dafür in den einzelnen Nebenbedingungen „ \leq “ und „ \geq “ durch „ $=$ “ ersetzt und die Gleichungen werden nach x_2 aufgelöst. Die Ungleichung

$$3x_1 + 2x_2 \leq 12$$

wird so zunächst zur Gleichung

$$3x_1 + 2x_2 = 12$$

und dann mittels Äquivalenzumformungen zu

$$x_2 = -1,5x_1 + 6$$

umgeformt.

Mit diesem Vorgehen lassen sich auch die anderen Nebenbedingungen umformen:

$$5x_1 + 10x_2 \leq 30$$

$$\rightarrow x_2 = -0,5x_1 + 3,$$

$$2x_2 \leq 5$$

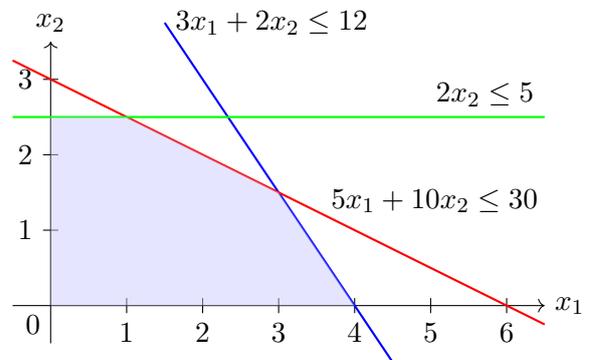
$$\rightarrow x_2 = 2,5 \quad \text{und}$$

$$x_1, x_2 \geq 0$$

$$\rightarrow x_1 = 0, x_2 = 0.$$

Diese Gleichungen werden nun in ein Koordinatensystem eingezeichnet. Dabei liegt x_1 auf der x -Achse und x_2 auf der y -Achse. Da unsere umgeformten Gleichungen der Form von linearen Gleichungen entsprechen, sind ihre Graphen Geraden. Deshalb nennt man derartige Fälle auch lineare Optimierungsprobleme.

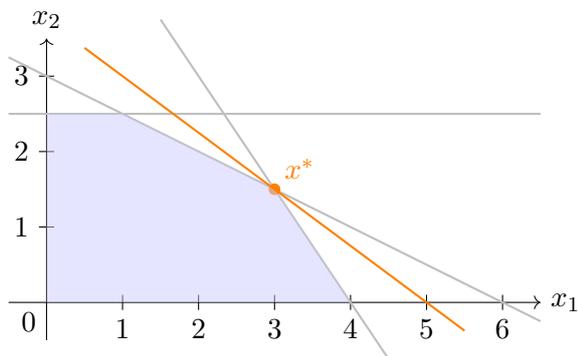
Die Nebenbedingungen waren jedoch Ungleichungen, welche eine Begrenzung der möglichen Werte in eine Richtung darstellen. Die zulässigen Punkte liegen also immer auf einer Seite der eingezeichneten Geraden. Um herauszufinden, auf welcher Seite der Geraden die zulässige Menge liegt, eignet sich eine Punktprobe: Wir setzen zum Beispiel den Punkt $(1|1)$ in die Nebenbedingung $2x_2 \leq 5$ ein. Dadurch erhalten wir $2 \leq 5$. Da diese Behauptung wahr ist, wissen wir, dass die zulässige Menge auf der Seite der Geraden mit dem Punkt $(1|1)$ liegt. Wenn man dieses Prozedere mit allen Nebenbedingungen durchführt, erhält man eine Menge an Punkten, für die alle Nebenbedingungen erfüllt sind, welche in folgendem Bild als blaue Fläche dargestellt ist.



Zur Lösung des Optimierungsproblems nutzen wir eine sogenannte „Höhenlinie“. Diese zeigt alle möglichen Punkte, für die die Zielfunktion den gleichen Wert annimmt. Diesen Wert nennen wir Niveau. Mit diesem Konzept können wir die Zielfunktion graphisch darstellen. Dafür wählen wir zunächst ein frei gewähltes, kleines Niveau, in diesem Beispiel 8. Wenn wir dieses Niveau mit der Zielfunktion gleichsetzen, erhalten wir im Graphen eine Höhenlinie passend zur Gleichung $x_2 = -0,75x_1 + 2$. Alle Punkte auf dieser Geraden erzielen den Gewinn 8 €.

Diese Gerade lässt sich im Koordinatensystem durch die Veränderung des Niveaus verschieben. In diesem Fall wird der Gewinn erhöht, wenn wir die Höhenlinie nach oben verschieben. Das passt zu unserer angestrebten Optimierungsrichtung (Maximierung). Wir erhöhen den Gewinn beziehungsweise verschieben die Höhenlinie so weit wie möglich nach oben, solange noch mindestens ein Punkt auf der Höhenlinie Teil der zulässigen Menge ist. Alle Punkte, die

am Ende dieses Vorgangs innerhalb der zulässigen Menge *und* auf der Höhenlinie liegen, sind unsere Optimalpunkte.



Wie man in der vorherigen Grafik erkennen kann, entspricht der Optimalpunkt dem Punkt

$$x^* = (3 | 1,5).$$

Um den Optimalwert zu erhalten, setzen wir den Optimalpunkt in die Zielfunktion ein und erhalten

$$v = 3 \cdot 3 + 1,5 \cdot 4 = 15.$$

Für die Lösung unseres Optimierungsproblems heißt das, dass wir einen maximalen Gewinn von 15 € erzielen können, wenn wir 3 ME Biogas und 1,5 ME Dünger herstellen.

Optimierungsprobleme mit Gurobi

DAVID LEMBACH

In diesem Abschnitt beschäftigen wir uns mit der Lösung linearer Optimierungsprobleme unter Einsatz von Computern. Hierfür verwenden wir Python mit dem Paket `gurobipy`. Gurobipy bietet eine effiziente Möglichkeit, Optimierungsprobleme mit wenigen Codezeilen zu modellieren und zu lösen.

Lösung des Produktionsbeispiels

Dabei gehen wir wie im auf Seite 61 abgebildeten Code beschrieben vor: Als erstes importieren wir das Paket Gurobi (Z. 2) und definieren das Modell (Z. 5). Im nächsten Schritt führen wir die Entscheidungsvariablen ein, wobei x_1 unsere Menge an Biogas und x_2 unsere Menge an Dünger ist (bis Z. 11). Danach formulieren

wir die Nebenbedingungen (bis Z. 19) und die zu maximierende Zielfunktion (Z. 22).

Nachdem alle Elemente des Problems definiert sind, wird das Modell aktualisiert, um sicherzustellen, dass alle Änderungen berücksichtigt werden (Z. 25). Als letztes lösen wir nun das Problem (Z. 29) und lassen uns den Optimalpunkt sowie den Optimalwert ausgeben (bis Z. 33). Dabei erhalten wir als Ausgabe den selben Optimalpunkt und Optimalwert wie bei der graphischen Lösung, was nicht sonderlich überraschend ist.

Für kompliziertere Probleme mit mehr Variablen lassen sich Probleme nicht mehr graphisch lösen, da wir viel mehr Koordinatenachsen benötigen würden und das nicht mehr zeichnen könnten. Mit Python stellt die Lösung aber kein Problem dar.

Ganzzahlige Optimierung

KRISTINA ZIEGLER

Nach dem Aufstellen und Lösen des Produktionsproblems stellten wir uns die Frage, wie wir das Optimierungsproblem ändern müssen, damit nur ganze Mengeneinheiten Dünger und Biogas hergestellt werden können. Das könnte zum Beispiel der Fall sein, wenn wir die Produkte nur in vollen Tanklastern abtransportieren wollen. In diesem Fall würde eine ME einer Tankladung entsprechen.

Diese Art von Optimierungsproblemen nennen wir „ganzzahlige Optimierungsprobleme“. Um einen ganzzahligen Optimalpunkt zu erhalten, müssen zunächst die Nebenbedingungen geändert werden, da sowohl die x_1 -Koordinate als auch die x_2 -Koordinate ganzzahlig sein müssen. Dafür fügen wir die folgende Nebenbedingungen hinzu:

$$\begin{aligned} x_1 &\in \mathbb{Z}, \\ x_2 &\in \mathbb{Z}. \end{aligned}$$

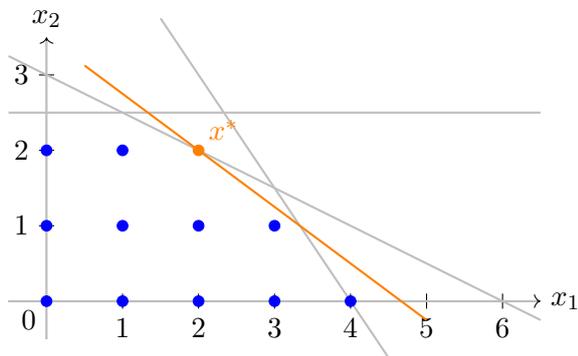
Wir wollen nun das ganzzahlige Optimierungsproblem wieder graphisch lösen. Im Vergleich zu dem Optimierungsproblem ohne Ganzzahligkeit wird die zulässige Menge deutlich kleiner: Sie reduziert sich auf ein Gitter. Die Höhenlinie wird anschließend wie vorher über der

```
1 # Import des Pakets gurobipy
2 from gurobipy import Model, GRB
3
4 # Optimierungsproblem benennen: Produktionsproblem
5 p = Model('Produktionsproblem')
6
7 # Entscheidungsvariablen
8 # erste Entscheidungsvariable: x_1
9 x_1 = p.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, lb=0, ub=10000)
10 # zweite Entscheidungsvariable: x_2
11 x_2 = p.addVar(vtype=GRB.CONTINUOUS, lb=0, ub=10000)
12
13 # Nebenbedingungen
14 # erste Nebenbedingung: Maschinenstunden
15 p.addConstr(3 * x_1 + 2 * x_2 <= 12)
16 # zweite Nebenbedingung: Rohstoffe
17 p.addConstr(5 * x_1 + 10 * x_2 <= 30)
18 # dritte Nebenbedingung: Arbeitskräfte
19 p.addConstr(2 * x_2 <= 5)
20
21 # Zielfunktion: maximiere den Gesamtgewinn unter Einhaltung der
    Ressourcen
22 p.setObjective(3 * x_1 + 4 * x_2, GRB.MAXIMIZE)
23
24 # das Optimierungsproblem wird geupdated
25 p.update()
26
27 # Optimierung
28 # das Optimierungsproblem wird optimiert
29 p.optimize()
30 # der Optimalpunkt wird bestimmt
31 print(p.x)
32 # der Optimalwert wird berechnet
33 print(p.ObjVal)
```

```
1
2 Solved in 2 iterations and 0.01 seconds (0.00 work units)
3 Optimal objective 1.500000000e+01
4 [3.0, 1.5]
5 15.0
```

Python-Code zur Lösung des Optimierungsproblems mit zugehöriger Ausgabe

neuen zulässigen Menge verschoben. Die zulässige Menge und eine Höhenlinie sind in der folgenden Grafik dargestellt.



Der Punkt, der den größten Gewinn bringt, ist unser neuer Optimalpunkt. In diesem Beispiel ist es der Punkt

$$x^* = (2|2).$$

Den Optimalwert erhalten wir wieder durch Einsetzen in die Zielfunktion. Es ergibt sich

$$v = 2 \cdot 3 + 2 \cdot 4 = 14.$$

Im rein ganzzahligen Fall werden also 2 ME Biogas und 2 ME Dünger produziert, mit einem Maximalgewinn von 14 €.

Im Vergleich zu dem Optimierungsproblem mit kontinuierlichen Zahlen fällt auf, dass der Optimalwert kleiner ist. Das liegt daran, dass die zulässige Menge schrumpft. Sofern bereits der Optimalpunkt des kontinuierlichen Optimierungsproblems ganzzahlig war, bleibt der Optimalwert gleich, ansonsten wird der Optimalwert (wie in diesem Fall) kleiner.

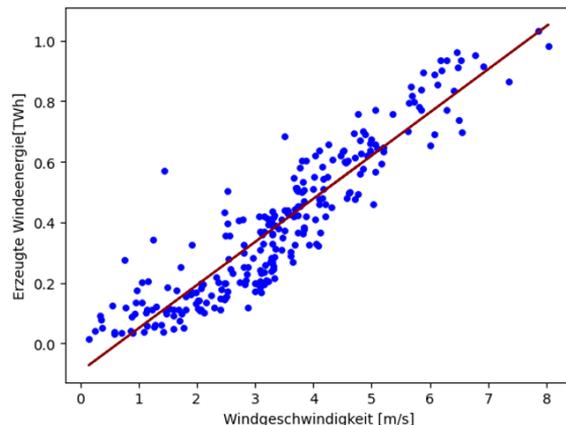
Lineare Regression

FRANZISKA FRODL

Ein weiterer Bestandteil des Kurses war die Datenanalyse. Unter anderem beschäftigten wir uns mit der Vorhersage mit Hilfe von Daten. Hierfür stellten wir unsere Daten als Datenpunkte in einem Koordinatensystem dar.

Beispielsweise ist uns ein Datensatz gegeben, der die erzeugte Windenergie in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit angibt. Diese Daten sind in der folgenden Abbildung dargestellt. Jeder Datenpunkt beschreibt die Energieproduktion an einem Tag im Jahr 2023. Wir wollen

eine bestmögliche Vorhersage für die erzeugte Windenergie bei 7,7 m/s Windgeschwindigkeit treffen. Allerdings haben wir für diesen x -Wert keine Messung gegeben. Außerdem weisen die Daten einige zufällige Schwankungen auf. Um eine Vorhersage zu treffen, ist der Zusammenhang relevant, der in den Daten sichtbar wird. Dafür nähern wir die Datenpunkte durch eine Gerade, die „Regressionsgerade“ genannt wird, an.



Beispiel für eine Regressionsgerade bei Windenergie-Daten

Die Gleichung für eine Gerade lautet:

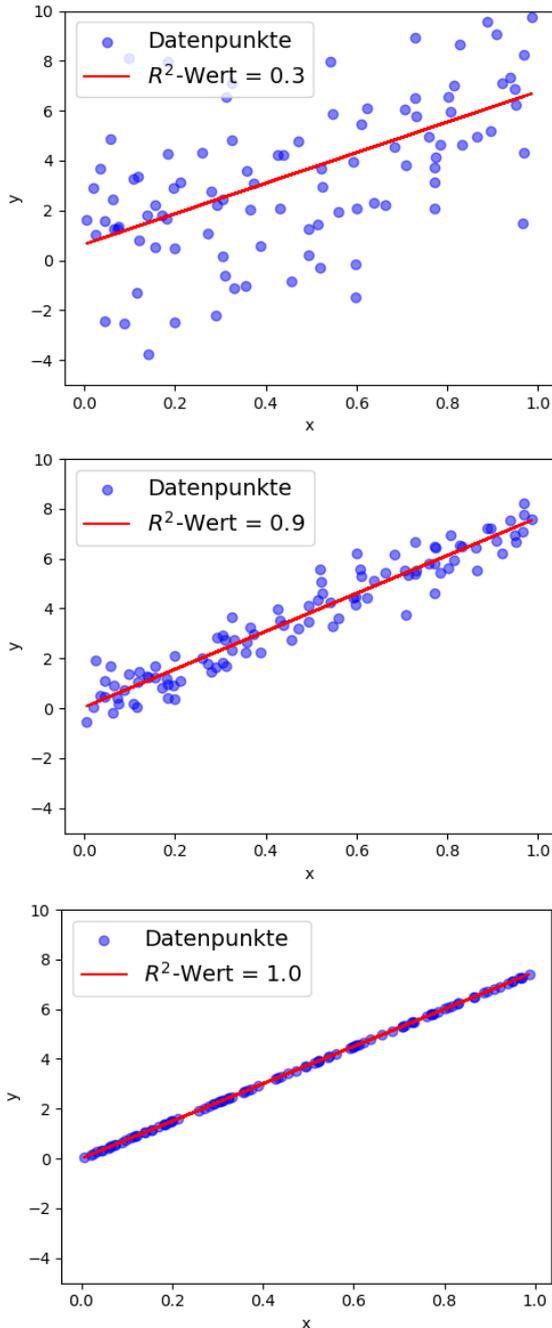
$$y = ax + c.$$

Der y -Wert für ein gegebenes x ist demnach von a und c abhängig. a ist die Steigung und c der y -Achsenabschnitt. Die besten Werte für die Steigung und den y -Achsenabschnitt finden wir, indem wir den Abstand von allen Punkten zur Gerade minimieren. Das ist ein Optimierungsproblem, das der Computer mit Hilfe von Python lösen kann.

In unserem Wind-Beispiel ergibt sich dadurch die rot eingezeichnete Regressionsgerade. Somit erhalten wir die bestmögliche Vorhersage für den uns gegebenen Datensatz. Der y -Wert an der Stelle $x = 7,7$ m/s ist $y \approx 1$ TWh.

Um zu bewerten, wie gut die gefundene Regressionsgerade die Datenpunkte beschreibt und somit auch wie gut unsere Vorhersage ist, verwenden wir den R^2 -Wert. Wenn der R^2 -Wert null ist, beschreibt die Gerade die Daten sehr schlecht, und wenn der R^2 -Wert eins ist, liegen alle Datenpunkte exakt auf der Geraden. Die

folgende Grafik zeigt unterschiedliche Beispiele für Daten mit den zugehörigen R^2 -Werten.



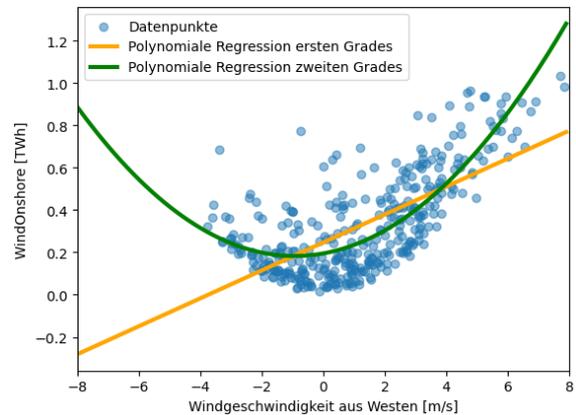
Für unser oben beschriebenes Beispiel zur Windenergie berechneten wir den R^2 -Wert, er betrug 0,84. Das zeigt, dass unsere Vorhersage relativ genau ist.

Eine lineare Regression ist jedoch nicht immer sinnvoll, zum Beispiel wenn die Datenpunkte über das ganze Diagramm verteilt sind und dadurch keinen klaren Zusammenhang zeigen, oder wenn die Datenpunkte keinen linearen Zusammenhang zeigen.

Polynomiale Regression

JESSICA GUO

Wenn die Daten eines Datensatzes einen Zusammenhang zeigen, allerdings keinen linearen, dann müssen wir unser Modell erweitern, um den Datensatz beschreiben zu können. Dieser Fall ist in der nächsten Grafik zu sehen. Die Grafik zeigt, wie viel Windenergie die Windräder in ganz Deutschland in Abhängigkeit von der Windgeschwindigkeit nur aus West-Richtung produzieren.



Regressionsversuch mit einer Geraden (gelb) und einer Parabel (grün)

Da die Daten einen parabelähnlichen Zusammenhang zeigen, könnte man als erste Intuition die Daten mit einer Parabel beschreiben, wie es in grün in der Grafik eingezeichnet ist.

Die Gleichung für eine Parabel lautet:

$$y = a_2x^2 + ax + c.$$

Bei einer Parabel ist der y -Wert also nicht nur von x abhängig, wie bei einer Geraden, sondern von x und x^2 .

Wie bei der linearen Regression liegt hier wieder ein Optimierungsproblem vor: Um die passende Regressionskurve zu finden, werden die besten Werte für a_2 , a und c gesucht. Dabei sind a_2 und a die Faktoren für x^2 und x und c ist der y -Achsenabschnitt. Im Unterschied zur linearen Regression werden hier nun drei Parameter gesucht statt zwei.

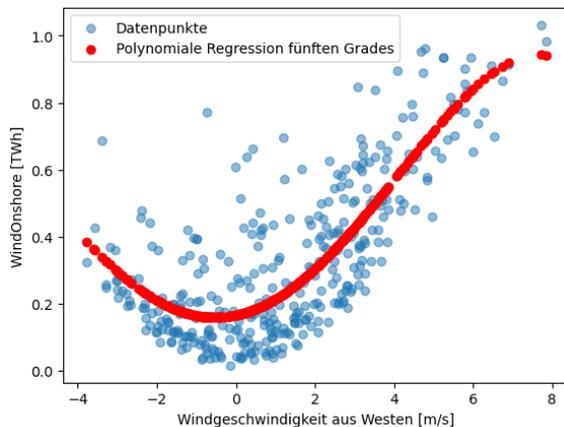
Sowohl die lineare Regression als auch diese Regression mit einer Parabel werden allgemein als „polynomiale Regression“ bezeichnet. Dabei sagt die höchste Potenz x^n im Term aus,

welchem Grad n die Regression entspricht. Eine lineare Regression ist folglich eine polynomiale Regression ersten Grades. Die Regression durch eine Parabel ist eine polynomiale Regression zweiten Grades. Die polynomiale Regression kann durch höhere Potenzen x^3 , x^4 , x^5 usw. ergänzt werden, woraus sich die folgende Gleichung für die polynomiale Regression zusammensetzt:

$$y = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_2 x^2 + a x + c.$$

Je höher der Grad n einer Regression ist, desto genauer beschreibt die daraus entstehende Regressionskurve die Daten. Allerdings kann dies zum „Overfitting“ führen. Das tritt ein, wenn die Daten zu genau beschrieben werden. Dadurch bekommen einzelne Punkte und Ausreißer eine so starke Gewichtung, dass die Regression keinen allgemeinen Zusammenhang der Daten mehr beschreibt.

Wir wendeten schließlich eine polynomiale Regression fünften Grades auf unseren gegebenen Datensatz an. Das Ergebnis beschreibt die Daten schon recht gut, wie in der folgenden Abbildung gezeigt wird.



Polynomiale Regression fünften Grades

In Python kann die polynomiale Regression umgesetzt werden, indem man die Funktion zur Berechnung einer linearen Regression nimmt. Als x -Werte werden dann die Potenzen von x bis zum Grad n als Input gegeben. Statt diese Potenzen von x von Hand auszurechnen und im richtigen Format einzugeben, gibt es in Python auch dafür bereits passende Funktionen.

Im Abschlussprojekt, das am Ende der Dokumentation beschrieben ist, wendeten wir unsere theoretischen Kenntnisse aus der Optimierung und Statistik beziehungsweise der Datenvorhersage auf ein Beispiel aus dem Energiemarkt an. Aus diesem Grund beschäftigten wir uns im Kurs auch ausführlich mit dem deutschen Strommarkt und weiteren Themen aus dem Energiebereich.



Grundlagen des Strommarkts und Anwendung eines Pumpspeicherkraftwerks

ILYA KARNAUKH

Grundlagen des Strommarkts

Der Strommarkt basiert auf dem Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage, wobei der Preis für Strom in verschiedenen Marktsegmenten ermittelt wird. Es gibt den Spotmarkt (Day-Ahead- und Intraday-Markt) sowie den Terminmarkt. Im Spotmarkt wird zeitnah gehandelt, im Terminmarkt in der Zukunft.²

Im Allgemeinen wird der Preis nach dem sogenannten „Merit-Order-Prinzip“ bestimmt. Dabei werden Kraftwerke nach ihren Grenzkosten, also den Kosten für die Stromproduktion, ge- reiht: Zuerst werden die günstigsten Kraftwerke, zum Beispiel erneuerbare Energien (Wind, Solar) oder Kernkraftwerke, herangezogen. Teu- rere Kraftwerke wie Kohle- oder Gaskraftwerke

²Quelle: <https://www.next-kraftwerke.de/wissen/energieboerse-eex>, Stand: 27.10.2024

kommen nur dann zum Einsatz, wenn die Nachfrage hoch ist und das günstigere Angebot nicht ausreicht.

Der Strompreis wird durch das letzte benötigte Kraftwerk, das den Bedarf deckt, bestimmt. Diesen Preis nennt man den „Grenzkostenpreis“. Liegt die Nachfrage über dem Angebot aus kostengünstigen Energiequellen, steigt der Preis, da teurere Kraftwerke hinzugezogen werden müssen. Umgekehrt sinkt der Preis, wenn viel Strom aus günstigen Quellen vorhanden ist, beispielsweise an sonnigen oder windigen Tagen.



Marktakteure

Die wichtigsten Akteure auf dem Strommarkt sind die Erzeuger (z. B. Kraftwerksbetreiber), Verbraucher, Netzbetreiber und Stromhändler. Die Erzeuger bieten Strom an, während die Verbraucher (z. B. Haushalte, Industrie) diesen nachfragen. Die Netzbetreiber stellen das Stromnetz zur Verfügung, und die Händler kaufen und verkaufen Strom, um Angebot und Nachfrage auszugleichen.

Der Strom wird im Wesentlichen auf dem Day-Ahead-Markt, der 24 Stunden im Voraus arbeitet, und dem Intraday-Markt gehandelt, der kurzfristige Ungleichgewichte ausgleicht.

Anwendung eines Pumpspeicherkraftwerks

Ein Pumpspeicherkraftwerk spielt eine zentrale Rolle im Ausgleich von Stromangebot und -nachfrage, indem es überschüssigen Strom speichert und bei Bedarf wieder ins Netz einspeist.

Es funktioniert durch die Nutzung zweier Wasserreservoirs auf unterschiedlichen Höhen. Bei überschüssiger Energie, etwa durch hohe Produktion aus erneuerbaren Quellen, wird Wasser vom unteren in das obere Reservoir gepumpt. Diese Speicherung erfolgt typischerweise, wenn der Strompreis niedrig ist, also dann, wenn das Angebot die Nachfrage übersteigt (zum Beispiel nachts oder bei starker Wind- und Solarstromproduktion).

Die gespeicherte Energie wird dann wieder umgewandelt, indem Wasser vom oberen Reservoir zurück ins untere fließt und dabei Turbinen antreibt, die Strom erzeugen. Dies geschieht üblicherweise in Zeiten hoher Stromnachfrage bei niedriger Produktion und somit hoher Preise, da das Pumpspeicherkraftwerk durch den Verkauf des Stroms dann einen Gewinn erzielen kann.

Datenanalyse von realen Energiedaten

BRUNO GÖTZ

Um nun zu wissen, wann wie viel Strom produziert wird, schauen wir uns anhand von historischen Daten die zeitliche Verteilung der Nutzung verschiedener Energiequellen an. Dafür nutzen wir die Daten der Website „SMARD“³. Wir luden stündliche Daten zur erzeugten Energie für das gesamte Jahr 2023 im CSV-Format (Comma-Separated Values) herunter. Ein Beispiel für eine CSV-Datei ist in der Abbildung zu sehen.

```
Datum von;Datum bis;Gesamt (Netzlust) [MWh] Berechnete Auflösungen;
01.01.2023 00:00;01.01.2023 01:00;38.346,00;6.575,00;2.023,00
01.01.2023 01:00;01.01.2023 02:00;37.777,25;4.885,25;1.682,50
01.01.2023 02:00;01.01.2023 03:00;36.939,75;3.830,25;3.287,50
01.01.2023 03:00;01.01.2023 04:00;35.932,50;5.459,75;4.015,75
01.01.2023 04:00;01.01.2023 05:00;35.486,25;5.583,75;4.023,50
01.01.2023 05:00;01.01.2023 06:00;35.647,25;5.510,75;4.425,50
01.01.2023 06:00;01.01.2023 07:00;35.231,75;5.339,25;4.828,75
01.01.2023 07:00;01.01.2023 08:00;36.172,25;5.568,75;3.692,00
01.01.2023 08:00;01.01.2023 09:00;36.829,25;6.777,75;3.023,25
01.01.2023 09:00;01.01.2023 10:00;39.226,50;7.255,00;1.955,50
01.01.2023 10:00;01.01.2023 11:00;41.005,50;7.014,25;1.795,25
01.01.2023 11:00;01.01.2023 12:00;43.703,00;8.482,75;1.303,75
01.01.2023 12:00;01.01.2023 13:00;44.205,75;10.091,50;1.163,75
01.01.2023 13:00;01.01.2023 14:00;43.621,75;11.381,00;1.591,25
01.01.2023 14:00;01.01.2023 15:00;43.231,50;11.175,75;1.677,25
01.01.2023 15:00;01.01.2023 16:00;43.691,75;12.976,50;926,50
01.01.2023 16:00;01.01.2023 17:00;45.668,75;18.010,75;177,75
01.01.2023 17:00;01.01.2023 18:00;48.732,00;22.364,50;86,50
01.01.2023 18:00;01.01.2023 19:00;48.882,00;23.160,75;194,25
01.01.2023 19:00;01.01.2023 20:00;47.468,50;22.296,75;372,25
01.01.2023 20:00;01.01.2023 21:00;44.883,50;19.729,25;490,25
01.01.2023 21:00;01.01.2023 22:00;43.222,75;17.694,75;433,75
01.01.2023 22:00;01.01.2023 23:00;42.278,00;18.653,50;233,25
01.01.2023 23:00;02.01.2023 00:00;39.092,75;16.128,75;885,75
```

CSV-Datei

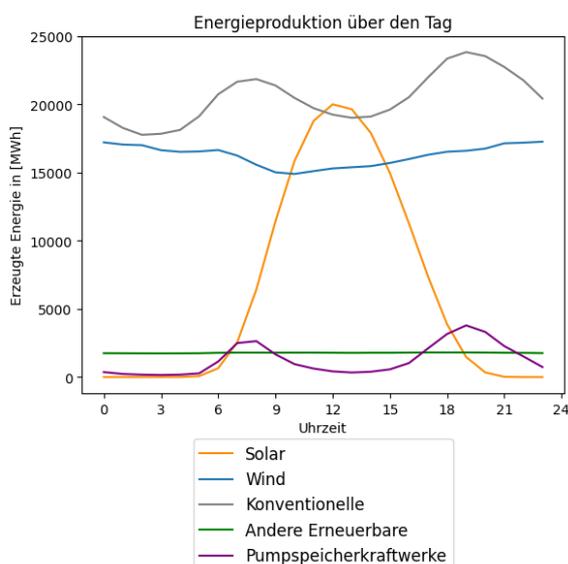
³<https://smard.de>

Die CSV-Datei enthält große Datenmengen und ist recht unübersichtlich. Zur Datenverarbeitung verwendeten wir daher die Python-Bibliothek `pandas`. Nachdem die CSV-Datei eingelesen wurde, konvertiert Pandas die Daten in einen sogenannten „DataFrame“. Dieser stellt die Daten in einer tabellarischen Form dar, bei der Zeilen und Spalten strukturiert angeordnet sind. In unserem Fall repräsentieren die Spalten die verschiedenen Energiequellen – sowohl erneuerbare (wie Solarenergie oder Windkraft) als auch konventionelle (wie Kohle oder Erdgas). Die Indexspalte enthält das Datum und die Stunde, während die Zeilen die stündlichen Werte der erzeugten Energie aufzeigen.

Mit der Bibliothek `matplotlib` lassen sich einzelne Spalten des DataFrames graphisch darstellen. Dazu verwenden wir den folgenden Befehl:

```
matplotlib.pyplot.plot(x,y)
```

In den Klammern definieren wir, welche Daten auf der x - und y -Achse dargestellt werden sollen, beispielsweise die Uhrzeit auf der x -Achse und die erzeugte Energiemenge auf der y -Achse. Vor der Visualisierung berechnen wir mit Pandas für jede Uhrzeit die durchschnittliche Energieproduktion pro Stunde über alle Tage des Jahres für die verschiedenen Energiequellen. Das folgende Diagramm zeigt die Ergebnisse:



In diesem Diagramm werden die stündlichen Durchschnittswerte für Solarenergie, Windkraft

(die Summe aus Offshore-Windparks und an Land installierten Windrädern) sowie konventionelle Energiequellen dargestellt. Zudem zeigen wir noch die „anderen Erneuerbaren“, größtenteils Wasserkraft aber auch Geothermie und Biogas, und die Netzeinspeisung der Pumpspeicherkraftwerke.



Die Photovoltaik-Linie weist im Tagesverlauf die größten Schwankungen auf, was naheliegt, da die Sonneneinstrahlung naturgemäß mittags ihr Maximum erreicht und nachts vollständig ausbleibt. Die Windkraft zeigt hingegen nur geringe Variationen, die primär auf Unterschiede in den Windgeschwindigkeiten zurückzuführen sind.

Die konventionellen Energieträger weisen morgens und abends Höchstwerte auf, da sie flexibel regelbar sind und in diesen Zeiträumen verstärkt eingesetzt werden. Das ist nötig, um den Energiebedarf zu decken, wenn noch keine oder nur geringe Mengen an Solarenergie verfügbar sind. Das Pumpspeicherkraftwerk speist aus dem selben Grund zu den gleichen Zeiten Strom ein. Die anderen erneuerbaren Energien weisen eine konstante Stromerzeugung auf, da sie nicht von äußeren Faktoren abhängen.

Wie funktioniert eine Strompreisvorhersage?

SAMUEL SCHÖN

Die Schwankungen in der Stromerzeugung wirken sich direkt auf den Strompreis aus. Wenn wir uns den Verlauf des Strompreises über den Tag anschauen, können wir sehen, dass er von Angebot und Nachfrage abhängig ist. Wenn viel Strom vorhanden ist und wenig gebraucht

wird, ist der Preis niedrig. Wenn umgekehrt der Strombedarf hoch und nicht viel Strom vorhanden ist, steigt der Preis.

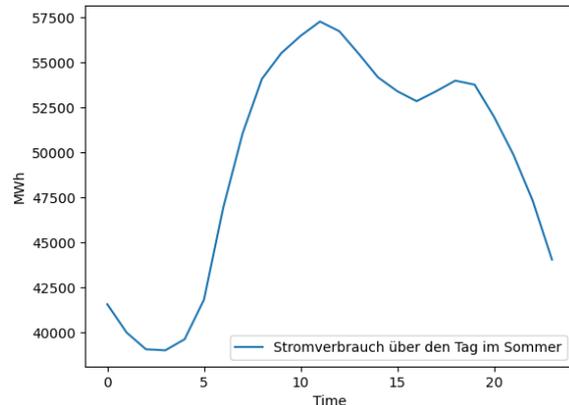
Für Unternehmen, die mit Strom handeln, ist es wichtig, zu wissen, wie sich der Strompreis entwickelt. Dafür müssen wir uns zuerst mit dem Verbrauch und der Produktion beschäftigen. Anschließend können wir mit diesen Werten versuchen, den zukünftigen Strompreis vorherzusagen.

Die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien können wir durch den Wetterbericht vorher-sagen. Wenn es zum Beispiel sehr windig und sonnig ist, gibt es viel Wind- und Solarenergie. Wie im Kapitel zur linearen Regression gezeigt, kann man die erzeugte Windenergie basierend auf der Windgeschwindigkeit mit Hilfe von linearer Regression vorhersagen.



Die Stromerzeugung aus konventionellen Energien ist wiederum von der verfügbaren erneuerbaren Energie abhängig. Außerdem können die Rohstoffpreise die Erzeugung beeinflussen. So stiegen in der Gaskrise die Strompreise, da weniger Gas zu höheren Preisen verfügbar war. Mit Wetterdaten und Rohstoffpreisen können wir die Stromerzeugung vorhersagen. Es fehlt also nur noch der zweite Teil, die Entwicklung des Stromverbrauchs. Anhand historischer Daten können wir unter Verwendung von Uhrzeit und Tag den Bedarf an einem bestimmten Zeitpunkt abschätzen.

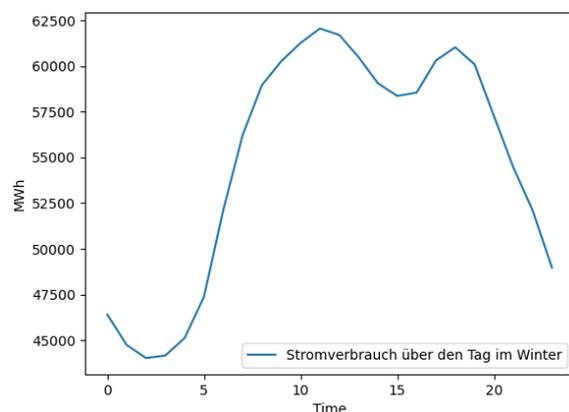
In den folgenden Abbildungen wird der Stromverbrauch gezeigt. In der ersten Grafik sieht man, dass im Sommer der Stromverbrauch morgens und abends am höchsten ist, während er nachmittags etwas sinkt. Die Grafik zeigt den Stromverbrauch pro Stunde am Tag über den ganzen Sommer (Mai bis Oktober) gemittelt.



Stromverbrauch über den Tag im Sommer.

Quelle der Daten: <https://smard.de>

Im Winter ist die Form gleich, außer dass der Stromverbrauch abends mehr ansteigt und der Stromverbrauch im Allgemeinen höher ist. Die Daten sind in der zweiten Grafik dargestellt und über den ganzen Winter (November bis April) gemittelt.



Stromverbrauch über den Tag im Winter.

Quelle der Daten: <https://smard.de>

Wir können also basierend auf Uhrzeit und Jahreszeit den Stromverbrauch und basierend auf Wetter und Rohstoffpreis den erzeugten Strom vorhersagen.

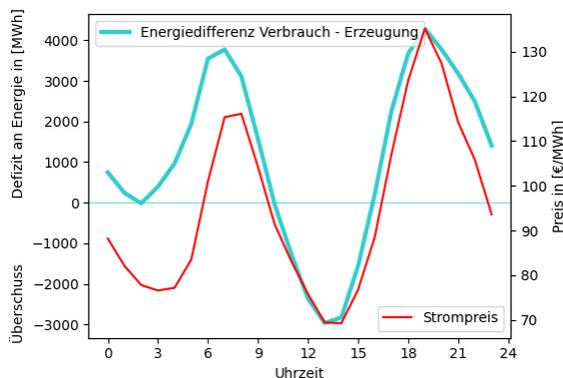
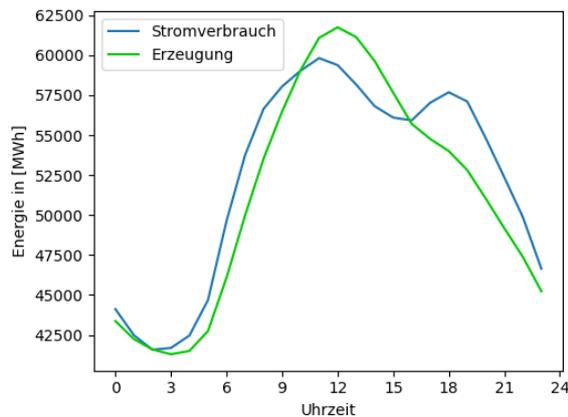
Diese beiden Vorhersagen kann man vergleichen und abhängig davon, ob mehr Strom pro-

duziert oder verbraucht wird, den resultierenden Strompreis abschätzen.

Visualisierung des Strompreises

BRUNO GÖTZ

Im vorherigen Teil wurde erklärt, dass der Strompreis von Angebot und Nachfrage abhängt. Das Ganze visualisierten wir in den folgenden beiden Abbildungen.



Im ersten Diagramm werden zwei Kurven dargestellt: Die grüne ist die gesamte Stromerzeugung in Deutschland (2023) und die blaue ist der Stromverbrauch von Deutschland (ebenfalls Daten von 2023, der Jahresdurchschnitt zu jeder Stunde). Die Daten stammen genau wie oben auch von SMARD. An der Linie der Stromerzeugung sieht man, wie die Energieformen zusammenspielen: Mittags ist durch Photovoltaik die Produktion am höchsten, durch die anderen Energieformen wird aber auch noch Strom produziert, wenn nachts und morgens keine Sonne scheint (auf die Skala achten: Um 3 Uhr wird immer noch Strom produziert, es

wird zur besseren Lesbarkeit nur ein Ausschnitt der y -Achse gezeigt). Wie man auf der Grafik schon sieht, ist meistens der Verbrauch höher als die Erzeugung, dann muss Deutschland von anderen Staaten Strom zum aktuellen Marktpreis einkaufen.

Im zweiten Diagramm ist in türkis diese Differenz zwischen Verbrauch und Erzeugung über den Tag aufgetragen. In rot ist der durchschnittliche Strompreis pro Stunde (2023) in Euro pro Megawattstunde angegeben. Positive Werte bei der Energiedifferenz bedeuten, dass es ein Defizit gibt und Strom eingekauft werden muss. In diesen Zeiten ist der Strom tendenziell teurer. Um die Mittagszeit hat man einen Überschuss an Strom (durch Solar), dadurch kann der Strom billiger verkauft werden und der Strompreis sinkt. Entsprechend dieser Faktoren steigen und sinken die beiden Kurven immer zu gleichen Tageszeiten und verlaufen auch sonst nahezu parallel. Es wird sehr klar, wie Angebot und Nachfrage den Strompreis beeinflussen.

Die verarbeiteten Daten und die Vorhersagen können zum Beispiel für eine Kraftwerksplanung genutzt werden, wie wir das im Abschlussprojekt taten.

Pumpspeicherkraftwerk als Optimierungsproblem

LIVIA GRAMLICH, MILA SCHENKER

Unser Abschlussprojekt war ein sogenanntes „Unit Commitment Problem“. Das Optimierungsproblem stammt aus dem Lehrbuch „Einführung in Optimierungsmodelle“⁴.

Wir suchten in diesem Problem die optimale Planung der Fahrweise eines Kraftwerks. Zunächst überlegten wir uns, was bei einem solchen Problem optimiert werden kann. Zwei mögliche Ziele sind:

1. Wir planen den Einsatz des Kraftwerks maximal gewinnbringend in Bezug auf prognostizierte Marktpreise.
2. Wir versuchen, möglichst nachfragedeckend zu produzieren.

⁴https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-67381-2_5

In unserem Optimierungsproblem wollen wir den Gewinn eines Pumpspeicherkraftwerks (PSW) maximieren. Wir betrachten dazu verschiedene Nebenbedingungen:

1. Der Betrieb von Pumpe und Turbine kann nur stündlich verändert werden.
2. Die Pumpe und Turbine können nicht gleichzeitig arbeiten.
3. Der Betrieb der Pumpe ist diskret: entweder sie ist aus oder wird mit 70 MW betrieben.
4. Der Betrieb der Turbine ist kontinuierlich: sie kann zwischen 0 und 90 MW leisten.
5. Der Speicherstand zu Beginn und Ende des Planungszeitraums muss 300 MWh sein. Der minimale Speicherstand beträgt 100 MWh, der maximale 360 MWh.
6. Der Wirkungsgrad wird hier komplett der Pumpe zugeschrieben. Er beträgt 0,75. Das heißt nach zum Beispiel 5 Stunden pumpen mit 70 MW sind im Speicher zusätzlich $5 \text{ h} \cdot 70 \text{ MW} \cdot 0,75 = 262,5 \text{ MWh}$.

Uns stehen folgende weitere Daten zur Verfügung:

1. Alle zu planenden Stunden:
 $T = \{1, \dots, T_{max}\}$,
2. Der Strompreis zur Stunde $t \in T$: p_t .

Danach überlegten wir uns, welche Variablen wir zur Lösung des Problems benötigen. Diese sind:

- $b_t \in \{0,1\}$: Diese Variable gibt an, ob in Stunde t gepumpt wird oder nicht. Die Variable ist binär.
- $x_t \in [0,90]$: Diese Variable beschreibt die Turbinenleistung in Stunde t . Sie ist kontinuierlich.
- $l_t \in [100,360]$: Diese Variable beschreibt das Energielevel bzw. den Speicherinhalt im oberen Speichersee am Ende der Stunde t . Sie ist ebenso kontinuierlich.

Wie oben beschrieben, ist unser Ziel, den Gewinn zu maximieren. Mithilfe der Variablen können wir die Zielfunktion ausformulieren. Zuerst betrachten wir Umsatz und Kosten der ersten Stunde. Diese setzen sich aus Einkauf und Verkauf zusammen:

- Verkauf in Stunde 1: $x_1 \cdot p_1$. Dies ist der Umsatz der ersten Stunde.
- Einkauf in Stunde 1: $70 \cdot b_1 \cdot p_1$. Dies sind die Kosten der ersten Stunde.

Um den Gewinn zu erhalten, muss die Differenz aus Umsatz und Kosten berechnet werden. Der Gesamtgewinn in Stunde 1 beträgt also:

$$(x_1 - 70b_1)p_1.$$



Wenn wir nun den Gewinn aller Stunden des Planungszeitraums aufsummieren, erhalten wir den Gesamtgewinn:

$$(x_1 - 70b_1)p_1 + (x_2 - 70b_2)p_2 + \dots + (x_{T_{max}} - 70b_{T_{max}})p_{T_{max}}.$$

Das können wir auch kompakter formulieren, nämlich in mathematischer Schreibweise mit dem Summenzeichen:

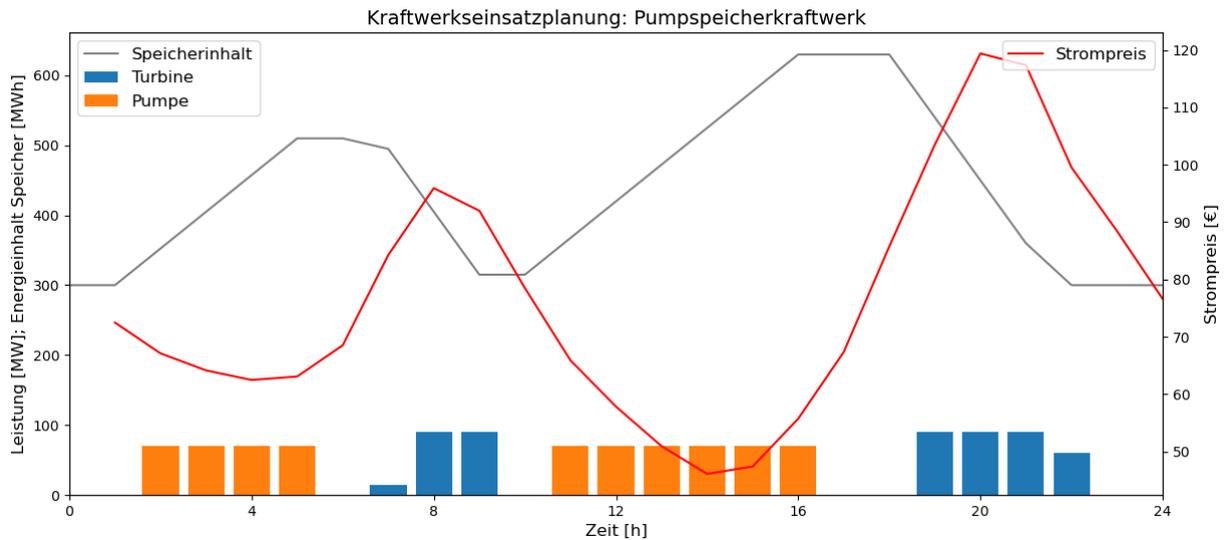
$$\sum_{t=1}^{T_{max}} (x_t - 70b_t)p_t.$$

Die oben genannten Nebenbedingungen können wir auch als Formeln so darstellen:

- Zu 2 gibt es mehrere Möglichkeiten:
Variante 1: $(1 - b_t)x_t \geq x_t$,
Variante 2: $(1 - b_t) \cdot 90 \geq x_t$,
Variante 3: $b_t \cdot x_t = 0$
für $t \in \{1, \dots, T_{max}\}$.

Wir diskutierten, welche Variante die beste ist, und kamen zu dem Schluss, dass Variante 1 und 3 im Allgemeinen für den Computer schwerer sind, da sie Produkte von Variablen enthalten. Deshalb verwendeten wir Variante 2.

- Zu 4: $x_t \leq 90$, $x_t \geq 0$ für $t \in \{1, \dots, T_{max}\}$.



- Zu 5: $l_0 = l_{T_{max}} = 300$, $l_t \leq 630$; $l_t \geq 100$ für $t \in \{1, \dots, T_{max}\}$.
- Zu 6: $l_t = l_{t-1} + 70 \cdot 0,75 \cdot b_t - x_t$ für $t \in \{1, \dots, T_{max}\}$.

Dieses gesamte Optimierungsproblem formulierten wir anschließend als Code in Python, lösten es mit Gurobi und ließen uns die Ergebnisse als Grafik (oben auf dieser Seite) visualisieren.

Das besondere an der Grafik sind die zwei y -Achsen, bei der die linke den Energieinhalt des Speichers und die Leistung der Pumpe sowie der Turbine angibt. Die rechte y -Achse zeigt den Strompreis. Die x -Achse gibt den Zeitraum unserer Kraftwerksplanung, welcher in unserem Beispiel 24 h beträgt, an.

Die unterschiedlichen Variablen lassen sich in der Grafik gut unterscheiden, da sie in verschiedenen Farben dargestellt sind. So sieht man zum Beispiel eindeutig, dass die Pumpe (orange) entweder an oder aus ist, also entweder 0 oder 70 MW benötigt. Im Gegensatz dazu kann die Turbine (blau) zwischen 0 und 90 MW leisten. Außerdem kann man erkennen, dass, wie durch die Nebenbedingungen vorgeschrieben, Pumpe und Turbine niemals gleichzeitig benutzt werden.

Die Grafik veranschaulicht, dass es gewinnbringend ist, Wasser abzulassen, wenn der Strompreis hoch ist. Umgekehrt ist es sinnvoll, Wasser ins obere Becken zu pumpen, während der Strom billig ist.

Des Weiteren lässt sich erkennen, dass auch Nebenbedingungen wie der maximale und minimale Speicherseeinhalt (630 MWh bzw. 100 MWh) eingehalten werden und dass der Anfangs- und Endspeicherseeinhalt von 300 MWh bei der Lösung des Optimierungsproblems berücksichtigt wurde. Wir sehen also, dass das Modell genau das Gewünschte abdeckt.

BASF-Exkursion

AARNAV GUPTA



Am Exkursionstag fahren wir morgens mit dem Bus nach Ludwigshafen, um den größten Standort der BASF (Badische Anilin- und Sodafabrik) zu besichtigen. Die BASF ist der weltweit größte Chemiekonzern.⁵

⁵Quelle: <https://www.chemietechnik.de/markt/die-10-groessten-chemieunternehmen-der-welt-112.html>, Stand: 27.10.2024

Da sie mit Strom handeln, haben sie viel mit Optimierung und Datenanalyse zu tun, womit wir uns auch im Kurs beschäftigten. Außerdem will die BASF bis 2050 komplett klimaneutral sein.⁶ Das bedeutet, dass sie auf erneuerbare Energien umsteigen wollen, was auch ein großes Thema unseres Kurses war.



Mit dem Bus ging es dann auf das 10 Quadratkilometer große⁷ Gelände der BASF. Die BASF verfügt über viele interessante Techniken und Tricks. Ihre Sicherheitssysteme machen den Transport von Chemikalien sehr sicher. Am interessantesten waren die „selbstfahrenden Container“. Das sind Container mit Rädern, die Stoffe und Gase auf einem vorgegebenen Weg transportieren können.

Anschließend tauchten wir mit Hilfe von Expertenvorträgen in die Welt der Logistik, Optimierung und Datenanalyse bei der BASF ein. Im ersten Vortrag lernten wir direkt, dass der Standort etwa 6 TWh Strom pro Jahr verbraucht.⁸ Das ist halb so viel wie Berlin. Einen guten Teil davon produziert die BASF mit ihren drei Kraftwerken selbst, den Rest bezieht sie aus dem deutschen Stromnetz. Um herauszufinden, wie viel Strom sie wann einkaufen müssen, sind Optimierungstools nötig. Außerdem müssen sie herausfinden, wann sie Strom am besten verkaufen können. Die Optimierung

⁶Quelle: <https://www.basf.com/global/de/who-we-are/sustainability/we-produce-safely-and-efficiently/energy-and-climate-protection/climate-protection-goal>, Stand: 27.10.2024

⁷Quelle: <https://www.basf.com/global/de/who-we-are/organization/locations/europe/german-sites/ludwigshafen>, Stand: 27.10.2024

⁸Quelle: <https://www.basf.com/global/de/who-we-are/organization/locations/europe/german-sites/ludwigshafen/production/energy>, Stand: 27.10.2024

für das perfekte Verhältnis und den kostengünstigsten Betrieb der eigenen Kraftwerke wird vereinfacht in drei Schritten berechnet. Zunächst wird eine gute Strompreisprognose benötigt. Im zweiten Schritt wird die optimale Ausführung der Stromhandelsgeschäfte berechnet. Zum Schluss werden dann die kostengünstigsten Kraftwerkslastpunkte bestimmt.

Die zweite Präsentation zeigte uns die Zukunftspläne der BASF. Sie bauen gerade weitere Offshorewindparks auf dem Meer und haben Kooperationen mit China. Auch am weltweit größten Windpark an der holländischen Küste sind sie bereits beteiligt. Doch das große Ziel, bis 2050 klimaneutral zu werden, hängt stark von der Regierung ab. Würde diese die erneuerbaren Energien stärker fördern, wäre es noch einfacher zu erreichen.

Der letzte Vortrag, den wir uns anhörten, wurde von einem Mitarbeiter der IT-Abteilung gehalten. Wir erfuhren von interessanten Projekten, die bereits umgesetzt wurden, und von weiteren Projektideen zum Beispiel im Bereich des Machine Learnings.

Alles in allem war diese Exkursion sehr informativ, lehrreich und bereitete uns viel Spaß. Vielen Dank an die BASF für dieses bereichernde Erlebnis!

Zitate

Zwei Stunden sind zu wenig. Zwei Stunden sind zu viel. Zwei Stunden sind perfekt.
(Ole)

Nicht-weibliche Ziegen sind nicht immer Schafe.
Pausen sind überbewertet.
(Das Python-Programm ist interessanter als das Pausenspiel mit Ole)

Klammer auf, Klammer zu, der Info-Kurs gewinnt im Nu!
(Sportfest-Spruch)

Klammer auf, Klammer zu, Ole trägt doch nie ein Schuh!

Wo ist die Kohle für Ole?

Wir haben ein Land namens Dänemark entdeckt.

Wir sollten einfach Sklaven einstellen.
(Kursteilnehmer, die keine Lust haben, die Nebenbedingung mit der Arbeitskraft einzuberechnen.)

Tempo ist nicht nur eine Taschentuchmarke.
(Zehn Minuten später ...) Smart ist nicht nur eine Automarke.

Ole-Kraftwerke sind schlecht für die Umwelt.

Wir sind neutral, wie die Schweiz.

Jetzt rechnen wir nicht mehr mit Äpfeln, sondern mit Scheiße!

Käsebrötchen mit Nutella schmeckt (nicht!!)

Rucksackproblem: wir brauchen kein Essen, der PC ist wichtiger!

Herr Merkel ist da!

(Aarnav über Davids Präsentationsstil)

Die Steine da hinten sind gefährlich. Ich spreche aus Erfahrung.

1, 2, 3! Energie herbei, hex hex!!!

Warum hat Sokrates keinen Teilchenbeschleuniger gebaut?

Auf deinem Namenschild steht aber Li!

Kannst du es einem Philosophen nicht erklären, hast du es nicht gut genug verstanden.

Die Meteos hätten uns einfach den Inhalt ihres Ballons optimieren lassen sollen.

Beine, wo ich sie sehen kann!

Aarni Barnie oder Adweil Adapter
(Aarnav)



Kurs 4 – Die unendliche Reise



Unser Kurs

Jochen (Großkahn von Cadmium) Jochen zeigte sich stets begeistert von seinen Teilnehmerinnen und Teilnehmern und zog sie aufgrund seiner großen Wertschätzung sogar seinen Igeln zu Hause vor. Es bleibt bis heute ein Rätsel, wie er so viele Bücher in seinem Koffer dabei haben konnte, und er war immer darum besorgt, dass alle mitkamen und ihre Fragen stellten, ohne sich davor zu scheuen. Er trug sowohl maßgeblich zur Harmonie im Kurs als auch zur Verbreitung wichtiger Lebensweisheiten bei!

Silas (Sir von Silizium) Als buchstäblich rennfahrender Wissenschaftsduden stellte Si-

las eine der drei Kursleiter-Konstanten dar und schüchtern mit seiner erleuchtenden Kompetenz schon beinahe ein. Durch seine regelmäßigen Keks-, Eis- und Snacklieferungen hat er sich seine Sympathie jedoch mehr als nur erkämpft und alle waren dankbar, sich im Falle einer überaus spezifischen Frage vertrauensvoll an ihn wenden zu können. Ob mit coolen Socken, Windows MacBook oder Sierpinski-Pyramiden-Hut – Silas ist und bleibt unsere Kompetenz in Person!

Anna Lena (Lady Selen) Anna Lena erklärte nicht nur sehr verständlich und an ihre Zuhörer angepasst, sondern entwickelte sich

im Laufe der Akademie auch zu unserer allgemeinen Lieblingsastronomin. Am Do-kuwochenende brachte sie heroisch einen Romanescokohl mit, was sie zu einer Ikone unseres Kurses machte. Ebenso fühlte man sich mit ihr immerzu wohl und das lag nicht nur an ihren Hausschuhen, sondern auch an ihrer ansteckenden Freundlichkeit und beachtlichen fachlichen Ahnung!

Mara (Herzogin Hydrogenium) Mara war nie ohne ihre Unendlichkeits-Schleife anzutreffen. Dieses Symbol machte sie zum ehrenhaften Oberhaupt der Unendlichkeitssekte. In diese Sekte steckte sie alles, was sie hatte. Egal, ob beim Sportfest oder beim Check-Up. Auch wenn ihre Stimme manchmal etwas unter den Schlachtrufen litt, ihre Stimmung tat es nie. Im Kurs war Mara für jeden Spaß zu haben und wenn einmal Materialien fehlten, war sie schneller im AL-Büro, als man schauen konnte.

Benedikt (Hilbert(t)raumforscher) Mit seiner großen Begeisterung für Werner Heisenberg und Kurt Gödel passt er perfekt zum Kurs. Er hat immer eine Frage parat und schreckt auch bei Nobelpreisträgern nicht vor diesen zurück. „Kann man das auch mathematisch darstellen?“, bleibt trotzdem eine seiner ikonischsten Fragen. Nicht nur seine Art des Denkens, sondern auch seine Herangehensweise an wissenschaftliche Herausforderungen regten an, sich selbst weiter zu bilden. Alles in allem bereicherte er unseren Austausch nachhaltig.

Charlotte F. (Prinzessin Neon) Charlotte war stets mit Charlotte anzutreffen und sorgte im Kurs immer für eine gute Stimmung. Das AL-Büro war durch viele Verletzungen ihre zweite Heimat und so war sie fast jeden Tag dort anzutreffen. Charlotte verfügt über viele außergewöhnliche Talente, zum Beispiel Stromschläge zu bändigen und lebhaftes Geschichten über Hilbert zu erzählen. Doch eine Sache war klar: Schlechte Laune gab es mit ihr nie!

Charlotte G. (Prinzessin Caesium) Gemeinsam mit ihrer Namensvetterin strahlt sie immerzu fröhliche Vibes aus und sorgte mit ihrer extrovertierten Art besonders zu Be-

ginn für lockere Stimmung im Kurs. Auch kennt sie sich super mit den natürlichen Zahlen aus und ist so intellektuell, dass sogar eine Diskussion über Dönerbrot mit ihr zu einer höchst wissenschaftlichen Angelegenheit wird! Am Ende des Tages muss jedoch festgehalten werden, dass ihr Yufka trotz allem besser schmeckt!

Constantin (Baron Xenon) Mit seinen quantifizierten Neologismen erklärt er den Skalenfaktor so schnell wie kein anderer und perfektioniert als passionierter Banger Fotograf die Beschreibung von Silas Windows MacBook (ziemlich cursed)! Constantin ist nicht nur konzentriert beim Rechnen, sondern auch äußerst humorvoll und sarkastisch. Er kann meist nicht still sitzen, so sehr bewegen ihnen die Mysterien um dunkle Materie und Energie.

Felix (Fürst von und zu Krypton) Mit Felix ist bezüglich Rätseln nicht oder sehr viel zu spaßen – je nachdem, ob das Mana bereits in ihm fließt oder noch nicht. Seine Wissbegierde bereicherte den Kurs und Themen wie zum Beispiel Entropie lassen ihn bis heute nicht los. Schon seit der Rotationspräsentation ist er Verfechter des Hilbertturms, sobald die Sprache auf das Hotel der unendlichen Mengen kommt.



Gruppenarbeit

Ignatius (Sir Tyrann Uranium) Als überzeugter Marvel-Fan fragte sich Ignatius, als er das Kurs-T-Shirt zum ersten Mal sah, sofort, was Spiderman eigentlich mit Unendlichkeit zu tun hat. Während der Kursschienen war er immer der Ruhepol des Kurses, selbst wenn sich niemand mehr konzentrie-

ren konnte, und so trug er maßgeblich zu einer lernfreudigen Atmosphäre bei!

Joakim (Ritter Einsteinium) Joakim beeindruckte im Kurs alle damit, dass er einen Zauberwürfel in unter 15 Sekunden lösen kann und deshalb erhielt er den Titel „Inoffizieller Weltmeister des Zauberwürfelloßens“. Bei der Einführung eines neuen Themenblocks verstand er scheinbar immer alles als Erster und konnte so viel zum Kurs beitragen. Das ist grundsätzlich eine sehr beeindruckende Eigenschaft und schüchternete doch viele andere Kursteilnehmer zunächst ein, doch mit seiner sympathischen Umgangsweise machte er sich immer wieder beliebt!

Jonas (Freiherr von Iod) Jonas war eines der Programmiergenies des Kurses. Mit Leichtigkeit brachte er nicht nur einfache Koch-Schneeflocken auf den Bildschirm, sondern auch solche, die selbst für den Rechner zu komplex waren. Außerdem sorgte Jonas immer für die richtig wichtigen Fragen im Kurs und war für eine Diskussion stets zu haben. Diese führte er nicht nur fachlich differenziert sondern auch ausdauernd aus, was von seinem großen Intellekt zeugt.

Kira (Königin von Kalium) Als einer der kreativen Köpfe des Kurses ist Kira immer voller Ideen, sobald es ans Darstellen und Visualisieren geht. Sie ist insgeheim die Schöpferin des Romanescokohl-Gags und zudem immer vorbereitet. Außerdem spürt sie mit ihrer königlichen Nase jede falsche Zeitform auf, um diese in das Präteritum zu setzen, und im Gegensatz zu ihrer Theaterrolle Peggy wollen wir alle ihre Bilder sehen!

Laura (Lady Lawrencium) Nicht nur als ihre Rolle Daniela im Theaterstück fällt Laura als stilvoll auf, auch im Kurs bringt sie genau das richtige Maß an Höflichkeit und Humor mit. Mit ihren scharfen Augen bemerkt sie nicht nur Feinheiten in Gleichungen, sondern auch Peppa-Pig-Aufsteller in Schaufenstern, über die sie sich als ihrerseits großer Fan natürlich sehr freute! Im Gegensatz zu anderen Kursteilnehmerinnen hat Laura auch tatsächlich lange, blonde Haare.

Leticia (Lady Helium von Bor) Dieses Mädchen hat viele Talente (quetscht eine ganze Präsentation auf eine Karteikarte) und immer tolle Ideen, weshalb sie auch die Anführerin des Elementclans ist. Leticia ist Fangirl einiger Wissenschaftler/innen. Vielleicht hat sie daher die vielen Fun Facts, was sie für uns zum Allgemeinwissen-CEO macht. Mit ihr kann man immer gut über so ziemlich alles reden, aber auch Walzer durch den Kursraum tanzen. Außerdem ist sie nicht blond!!!

Lukas (Lord tiny Plutonium) Im Kontrast zu seiner Theaterrolle Arne erschien Lukas immer optimistisch im Kurs, und selbst, wenn seine eventuellen Liebesbriefe im Theaterstück nicht ganz fehlerfrei waren, seine Rechnungen überzeugten stets mit ihrer Richtigkeit. Lukas bewies sich nicht nur als Genie des Codings beim Programmieren der Koch-Schneeflocke, sondern auch als charakterstark mit der Gründung einer weiteren kursinternen Sekte: der Anti-Sekten-Sekte!

Ronja (Ritterin Radon) Ronja ist die erfolgreichste Schnürsenkelforscherin aus unserem Kurs. Mit den coolsten Geburtstags-T-Shirts war sie das Oberhaupt der Anti-Anti-Sekten-Sekte. Im Kurs war Ronja immer bei der Sache und auch beim Planspiel zeigte sie vollen Einsatz.

Einleitung

ANNA LENA, JOCHEN UND SILAS

Wir begaben uns mit unserem Kurs auf eine Reise zu den Geheimnissen der Unendlichkeit. Im Juni trafen sich 13 neugierige Jugendliche mit uns Kursleitern zu einem ersten Einstieg in die Thematik des unendlich Großen und des beliebig Kleinen. Unendlich und die Null beschäftigen die Menschen schon seit der Antike. Der Blick in den Nachthimmel fasziniert die Menschen schon immer, in der Mathematik ist die Null eine unbequeme Zahl, durch die man nicht dividieren kann, Unendlichkeit ist durch eine Zahl nicht fassbar.

Nach dem Eröffnungswochenende erarbeiteten hochmotivierte Jugendliche in Tandems ein

Thema ihrer Wahl zur Thematik Unendlichkeit, das sie zu Beginn der Sommerakademie im Kurs vorstellten. Von schwarzen Löchern, dem Urknall und Singularitäten bis zum Paradoxon des Wettrennens zwischen Achill und der Schildkröte war alles dabei. Achill gibt der Schildkröte einen fairen Vorsprung und damit scheint der Ausgang des Rennens vorbestimmt. Doch wenn Achill den Vorsprung eingeholt hat, ist die Schildkröte schon weg ...

Wir mussten uns entscheiden, was in zwei Wochen gemeinsam erarbeitet werden kann. Mathematische Methoden mussten entwickelt werden, die den Vergleich von Mengen und dann sogar von unendlich großen Mengen erlauben. Wir begegneten fraktalen Strukturen und stellten fest, dass dabei konvergente und divergierende Größen auftauchen. Wir wollten Methoden vorstellen, mit denen wir Grenzwerte exakt nachweisen und dadurch auch die Null beherrschbar machen können. Ein Beweisverfahren, das Aussagen für alle natürlichen Zahlen möglich macht, wurde benötigt.

Die Suche nach der Unendlichkeit hörte nicht auf und wir tauchten in die Kosmologie ein. Das führte zu der Frage, warum der Nachthimmel eigentlich dunkel ist, woher man weiß, dass sich das Universum ausdehnt, und wieso wir Aussagen über das Alter des Universums machen können.

Ein Zitat, das Einstein zugeschrieben wird und gut zu unserem Kursthema passt: „Zwei Dinge sind unendlich. Das Universum und die menschliche Dummheit. Aber beim Universum bin ich mir nicht ganz sicher.“

Hilberts Hotel

CHARLOTTE F. UND FELIX

Das erste Thema, mit dem wir uns im Kurs schon am Eröffnungswochenende beschäftigten, war die Mengenlehre. Ein sehr anschauliches Gedankenexperiment dazu ist Hilberts Hotel, das unendlich viele Zimmer hat, die alle durchnummeriert sind (1, 2, 3, 4, 5, ...). Allerdings ist jedes Zimmer schon belegt.

Nun klopft es am späten Abend an der Tür. Es ist ein weiterer Gast, der um ein Zimmer bittet.

Eigentlich ist das Hotel zwar schon voll, aber Hilbert hat eine Idee. Er macht eine Durchsage und bittet alle Gäste darum, ein Zimmer weiterzuziehen (Gast 1 zu Zimmer 2, Gast 2 zu Zimmer 3, ...). Nun ist das Zimmer mit der Nummer 1 frei für den neuen Gast. Mathematisch kann man sagen:

$$f : x \mapsto x + 1,$$

jede Zimmernummer wird um eins erhöht.

Allerdings wird es eine lange Nacht für Hilbert und seine Gäste, denn ein Bus mit unendlich vielen durchnummerierten Plätzen fährt vor und die Passagiere bitten ebenfalls um einen Schlafplatz für die Nacht. Eigentlich gibt es kein freies Zimmer mehr, doch Hilbert hat eine Idee: Mit einer erneuten Durchsage bittet er die Gäste, alle in das Zimmer mit der doppelten Zimmernummer zu ziehen (Gast 1 in Zimmer 2, Gast 2 in Zimmer 4, Gast 3 in Zimmer 6, ...). Jetzt sind alle Zimmer mit geraden Zimmernummern mit Hilberts vorherigen Gästen belegt und in Zimmer mit ungeraden Zimmernummern können die Neuankömmlinge einziehen, wodurch alle beruhigt schlafen können. Mathematisch kann man dies für die bereits im Hotel Eingekerkerten wie folgt darstellen:

$$f : x \mapsto 2x$$

Für die neu Eintreffenden gilt:

$$f : x \mapsto 2x - 1$$

In Hilberts Hotel wird es jedoch nie wirklich ruhig. Denn nun fahren plötzlich unendlich viele Busse (alle durchnummeriert) mit jeweils unendlich vielen Passagieren (Sitzplätze durchnummeriert) auf den Parkplatz des Hotels und bitten um einen Ort zum Ausruhen. Eigentlich scheint das Hotel nun wirklich voll zu sein. Doch Hilbert will die Gäste auch nicht draußen schlafen lassen. Er muss sich also etwas einfallen lassen.

Da er ein herausragender Mathematiker ist, findet er natürlich auch dafür eine Lösung. Diese wird im Kapitel zu natürlichen und rationalen Zahlen erklärt.

Da es nur ein Gedankenexperiment ist, konnten wir – abgesehen davon, dass das Hotel unendlich viele Zimmer hat – noch ein paar weitere Probleme außer Acht lassen. Vor allem, sobald man die Zeit miteinbezieht. Von Zimmer 1 in Zimmer 2 zu wechseln, dürfte selbst bei relativ großer Zimmergröße kein Problem darstellen, und auch von Zimmer 3 zu Zimmer 6 wäre noch gut machbar. Schwierig wird es allerdings, sobald man von beispielsweise Zimmer 1000 in Zimmer 2000 ziehen soll. Und bei noch höheren Zimmerzahlen wäre das vermutlich gar nicht mehr in einer normalen Lebenszeit zu schaffen. Aber was hat uns dieses Gedankenexperiment gebracht?

Mengen

CHARLOTTE F. UND LAURA

Indirekt nutzten wir bei Hilberts Hotel bereits Mengen. Eine Menge ist eine Zusammenfassung von Objekten. Diese werden Elemente der Menge genannt. Solche Elemente können alles Mögliche sein, wie Gegenstände oder Worte – in der Mathematik sind es aber meistens Zahlen. Um Mengen beschreiben zu können, verwendet man die Eigenschaft „Mächtigkeit“, die die Anzahl der Elemente einer Menge angibt. Um die Mächtigkeit verschiedener Mengen zu vergleichen, benötigen wir das Konzept einer bijektiven Funktion.

Funktionen und Bijektivität

FELIX UND LAURA

Eine Funktion ordnet Elementen des Definitionsbereichs D Elemente des Wertebereichs W zu (der Definitions- und Wertebereich sind hierbei zwei Mengen). Das sieht in mathematischer Notation so aus:

$$f : D \rightarrow W$$

$$x \mapsto y$$

Dabei ist x ein Element der Menge D und y ein Element der Menge W .

Eine Funktion ist dann bijektiv, wenn sie jedem Element des Definitionsbereichs D genau

ein Element des Wertebereichs W zuordnet und andersherum, sodass es immer Wertepaare sind. (Die Funktion $y = x^2$ ist zum Beispiel nicht bijektiv, da jedem y -Wert zwei x -Werte zugeordnet werden.)

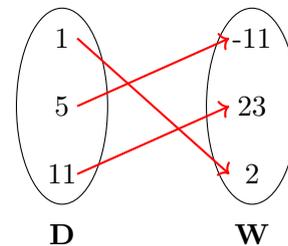


Abb. 1: Beispiel für eine Bijektive Funktion

Wenn eine bijektive Funktion zwischen zwei Mengen existiert, sind diese gleichmächtig. Für endliche Mengen ist es einfach, die Mächtigkeit zu bestimmen, da die Elemente gezählt werden können. Spannend wird es bei Mengen mit unendlich vielen Elementen.

Unendliche Mengen

FELIX UND LAURA

Wie bereits erwähnt, können Mengen auch unendlich groß sein. Beispiele für unendliche Mengen sind Zahlenmengen wie die natürlichen Zahlen \mathbb{N} , die ganzen Zahlen \mathbb{Z} , die rationalen Zahlen \mathbb{Q} oder die reellen Zahlen \mathbb{R} .

In unserem Unendlichkeitskurs stellten wir uns die Frage, ob all diese Mengen gleichmächtig sind. Hier versagt die Intuition, wie bereits Hilberts Hotel zeigt. Wenn eine Menge bereits unendlich viele Elemente besitzt, wie kann sie dann noch größer werden? Sollte aber auf der anderen Seite die Menge aller negativen und positiven Zahlen nicht größer als lediglich die Menge aller positiven Zahlen sein? Um diese Verwirrung aufzulösen, können wir bijektive Funktionen nutzen und mathematische Beweise anstelle von Vermutungen liefern.

Bei endlichen Mengen lässt sich die Mächtigkeit durch Zählen der Elemente bestimmen. Bei Mengen mit unendlich vielen Elementen ist das offensichtlich nicht möglich, aber wir können die Mächtigkeit verschiedener Mengen mit Hilfe von bijektiven Funktionen vergleichen.

Natürliche Zahlen \mathbb{N} und ganze Zahlen \mathbb{Z}

Natürliche Zahlen sind positive, ganze Zahlen (also ohne Nachkommastellen) inklusive der Null. Ganze Zahlen beinhalten alle natürlichen Zahlen sowie alle negativen Zahlen ohne Nachkommastellen.

Um die Mächtigkeiten dieser zwei Mengen zu vergleichen, versuchten wir, sie durch eine bijektive Funktion zu verknüpfen und stießen dabei auf folgende Zuordnung:

$$f : \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{Z}$$

$$f(x) = \begin{cases} -\frac{x}{2}, & \text{wenn } x \text{ gerade} \\ \frac{x+1}{2}, & \text{wenn } x \text{ ungerade} \end{cases}$$

Diese Funktion verknüpft die Mengen folgendermaßen: Die Null wird der Null zugeordnet, eine gerade natürliche Zahl x genau einer negativen ganzen Zahl y und eine ungerade natürliche Zahl x genau einer positiven Zahl y der ganzen Zahlen. Die Beträge der ganzen Zahlen werden hierbei alle zwei Zahlen in einem Intervall von 1 größer. Somit konnten wir eine bijektive Funktion zwischen den natürlichen Zahlen und den ganzen Zahlen finden und beweisen, dass diese beiden unendlichen Mengen gleichmächtig sind.

Natürliche Zahlen \mathbb{N} und rationale Zahlen \mathbb{Q}

Rationale Zahlen sind alle Zahlen, die sich als Bruch darstellen lassen, und beinhalten daher auch alle ganzen und natürlichen Zahlen. Um die Mächtigkeit dieser beiden Mengen zu vergleichen, nutzten wir das Cantorsche Diagonalverfahren.

An die Achsen einer Tabelle schreiben wir jeweils alle natürlichen Zahlen, beginnend bei eins, auf. Die Zahlen oben sind die Zähler und die Zahlen links sind die Nenner. So haben wir eine Tabelle mit jedem möglichen Bruch und können eine Linie, die jeden dieser Brüche trifft, durchziehen (siehe Abb. 2).

Dabei muss man jedoch darauf achten, nur vollständig gekürzte Brüche zu treffen, da manche Zahlen sonst zweimal getroffen werden. (Zum Beispiel kann man $\frac{2}{4}$ auf $\frac{1}{2}$ kürzen. Würden wir

$\frac{2}{4}$ nicht weglassen, hätten wir $\frac{1}{2}$ also zweimal getroffen und unsere Funktion wäre nicht mehr bijektiv). Diese Linie stellt unsere bijektive Funktion dar. Jede natürliche Zahl n bekommt den n -ten Bruch auf dieser Linie zugeteilt. Man könnte also die Brüche „durchzählen“ und so die dazugehörige natürliche Zahl bestimmen. Damit ist bewiesen, dass die natürlichen Zahlen die gleiche Mächtigkeit haben wie die rationalen Zahlen, da jede rationale Zahl genau einmal getroffen wird.

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

Abb. 2: Cantorsches Diagonalverfahren

Dieses Wissen können wir nutzen, um Hilberts Problem zu lösen. Er kann eine Tabelle nach dem Cantorsche Diagonalverfahren erstellen. Die erste Zeile stellt das Hotel dar und die weiteren Zeilen die jeweiligen Busse. Die Spalten sind die Zimmer- oder Sitzplatznummern der Gäste. Wir können nun eine Linie durch die Tabelle zeichnen, die jeden Platz trifft und jedem Platz eine natürliche Zahl der Reihenfolge nach zuordnet. Folgen die Gäste der Linie und gehen der Reihenfolge nach in die Zimmer, können alle Gäste untergebracht werden.

Natürliche Zahlen \mathbb{N} und reelle Zahlen \mathbb{R}

Reelle Zahlen sind alle rationalen und irrationalen Zahlen, also auch Zahlen, die sich nicht als Bruch darstellen lassen.

Für den Vergleich dieser beiden Mengen erstellen wir eine Tabelle, in der wir jeder natürlichen Zahl eine beliebige reelle Zahl zwischen 0 und 1 zuordnen. In dieser Tabelle kann aber nie jede reelle Zahl erscheinen, da wir mit einem be-

stimmten Prinzip immer eine neue reelle Zahl erstellen können, die nicht in dieser Darstellung aufzufinden ist. Da die reellen Zahlen in der Tabelle beliebig gewählt sind, zeigt das, dass man keine bijektive Funktion zwischen den beiden Mengen aufstellen kann.

natürliche Zahl	reelle Zahl
1	0.618142634 ...
2	0.867546812 ...
3	0.321988456 ...
4	0.144486464 ...
⋮	⋮

Um eine neue reelle Zahl zu generieren, schreiben wir uns zunächst „0“ auf. Danach nehmen wir die erste Nachkommastelle der ersten reellen Zahl und addieren 1. Bei der zweiten Zahl nehmen wir die zweite Nachkommastelle und addieren wieder 1. Wenden wir diese Vorschrift auf die ganze Tabelle an, so erhalten wir eine Zahl, die in der Tabelle nicht vorkommt, da sie sich in mindestens einer Nachkommastelle von jeder Zahl in der Tabelle unterscheidet.

Dadurch konnten wir beweisen, dass wir keine bijektive Funktion zwischen den natürlichen Zahlen und den reellen Zahlen aufstellen können und sie deshalb nicht gleichmächtig sind.

Fazit

Hilberts Hotel zeigt, dass wir eine Bijektion zwischen den natürlichen Zahlen, den ganzen Zahlen und den rationalen Zahlen aufstellen können.

Wir können jedoch keine Bijektion zwischen den natürlichen und den reellen Zahlen aufstellen. Nicht alle unendlichen Mengen sind also gleich groß! Um diese unterschiedlich großen Unendlichkeiten zu vergleichen, verwendet man \aleph_n (gesprochen: „Aleph n“), welches die Mächtigkeit einer unendlichen Menge angibt. Die Mächtigkeit der natürlichen Zahlen ist \aleph_0 , wohingegen die Mächtigkeit der reellen Zahlen \aleph_1 genannt wird.

So lernten wir, auch unendliche Mengen zu vergleichen und deren Mächtigkeiten zu definieren, auch wenn sie sich manchmal entgegen unserer Intuition verhalten.

Irrationalitätsbeweis $\sqrt{2}$

BENEDIKT UND RONJA

Wie unendliche Mengen verhalten sich auch irrationale Zahlen nicht intuitiv. Im Folgenden soll dargelegt werden, dass $\sqrt{2}$ eine irrationale Zahl ist.

Zunächst wird angenommen, dass $\sqrt{2}$ eine rationale Zahl sei. Damit sollte es möglich sein, diese als Bruch darzustellen:

$$\sqrt{2} = \frac{m}{n}$$

Hierbei sind m und n natürliche Zahlen, die zudem teilerfremd sind, das heißt keinen gemeinsamen Teiler aufweisen. Somit liegt ein vollständig gekürzter Bruch vor. Da m und n teilerfremd sind, können nicht beide gerade sein.

Da das Quadrat von $\sqrt{2}$ gleich 2 ist, folgt aus der Annahme:

$$\left(\frac{m}{n}\right)^2 = 2$$

$$\iff m^2 = 2n^2$$

Daraus folgt, dass m^2 eine gerade Zahl ist, weil es durch 2 teilbar ist. Folglich muss auch m eine gerade Zahl sein, denn das Quadrat einer ungeraden Zahl wäre ungerade.

Wenn m gerade ist, lässt sich m als $m = 2k$ für ein $k \in \mathbb{N}$ schreiben. Setzen wir dies in die Gleichung ein:

$$(2k)^2 = 2n^2$$

$$\iff 4k^2 = 2n^2$$

$$\iff 2k^2 = n^2$$

Daraus folgt, dass auch n^2 und somit n gerade sein muss.

Zusammenfassend zeigten wir, dass sowohl m als auch n gerade sind, was im Widerspruch zu der Annahme steht, dass m und n teilerfremd seien. Damit erreichten wir einen Widerspruch und somit ist die Annahme, dass $\sqrt{2}$ rational ist, falsch.

Daraus folgt:

$$\sqrt{2} \text{ ist irrational.}$$

Näherung von π durch Programmierung

JONAS UND LUKAS

Die bekannteste irrationale Zahl ist die Kreiszahl π , die das Verhältnis zwischen Umfang und Durchmesser eines Kreises beschreibt. Sie findet in vielen Teilgebieten der Mathematik Anwendung. Trotz ihrer unendlich vielen nicht periodischen Nachkommastellen lassen sich Methoden finden, π anzunähern, indem Nachkommastellen berechnet werden. Das setzten wir in Python um. An dieser Aufgabe durften wir uns als erstes allein oder in Kleingruppen versuchen. Dabei fanden wir vier Methoden, die im Folgenden vorgestellt werden.

1. Vielecke

Unsere erste Methode bestand darin, ein regelmäßiges Vieleck in einen Kreis zu zeichnen, dessen Umfang zu berechnen, die Formel für den Umfang eines Kreises nach π aufzulösen und schließlich den berechneten Umfang und Radius einzusetzen. Je mehr Ecken das Vieleck hat, desto genauer wird die Annäherung an π . Die Formel für den Umfang eines Kreises lautet:

$$U = 2\pi r$$

$$\iff \pi = \frac{U}{2r}$$

Nun müssen wir den Umfang des Vielecks berechnen. Als erstes bemerkt man, dass man jedes regelmäßige n -Eck in $2n$ gleichgroße Dreiecke unterteilen kann (siehe Abb. 3).

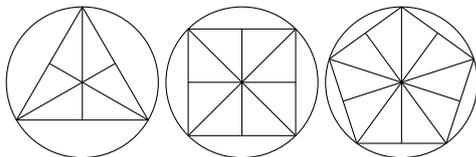


Abb. 3: In Dreiecke zerlegte Vielecke

Schauen wir uns ein solches Dreieck in Abbildung 4 genauer an: x ist die Länge, die wir suchen, um später den Umfang zu berechnen, r ist der Radius des Kreises und α ist die Hälfte eines Innenwinkels des Vielecks. Da dieses

Dreieck rechtwinklig ist, kann man hier den Kosinus anwenden:

$$\cos(\alpha) = \frac{x}{r}$$

$$\iff x = r \cdot \cos(\alpha)$$

Da α die Hälfte eines Innenwinkels in einem regelmäßigen n -Eck ist, gilt:

$$\alpha = \frac{180^\circ \cdot n - 360^\circ}{2n}$$

Setzt man das in die obige Formel für x ein, erhält man:

$$x = r \cdot \cos\left(\frac{180^\circ \cdot n - 360^\circ}{2n}\right)$$

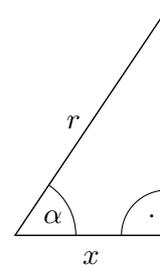


Abb. 4: Eins der Dreiecke in Abb. 3.

Um nun den Umfang zu berechnen, multiplizieren wir x mit $2n$, da wir das Vieleck in $2n$ Dreiecke aufteilen:

$$U = 2n \cdot x$$

$$= 2n \cdot r \cdot \cos\left(\frac{180^\circ \cdot n - 360^\circ}{2n}\right)$$

Setzen wir das in unsere Formel für π ein, erhalten wir:

$$\pi \approx \frac{2n \cdot r \cdot \cos\left(\frac{180^\circ \cdot n - 360^\circ}{2n}\right)}{2r}$$

$$= n \cdot \cos\left(\frac{180^\circ \cdot n - 360^\circ}{2n}\right)$$

Dieser Term sollte sich π annähern, wenn n immer größer wird. Die Berechnung setzten wir in Python um. Das Ergebnis sieht man in Abbildung 5. In diesem Diagramm sieht man in rot den eigentlichen Wert von π und in blau unseren Näherungswert.

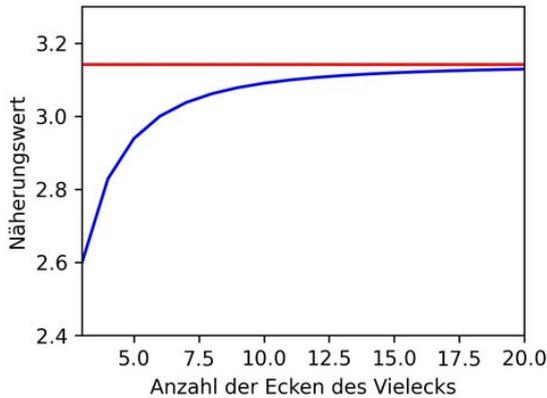


Abb. 5: π -Näherung 1 – Vielecke

2. Konvergierende Reihe

Wenn man die Konvergenz dieser Reihe nach Euler voraussetzt, lässt sich damit auch π annähern:

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2} = \frac{\pi^2}{6}$$

Wenn man die Reihe nach π auflöst, erhält man:

$$\pi = \sqrt{6 \cdot \sum_{k=1}^{\infty} \frac{1}{k^2}}$$

Damit kann man leicht eine Annäherung für π berechnen, indem man eine endliche Anzahl Summenglieder aufsummiert und das Ergebnis in obige Formel einsetzt. Je mehr Summenglieder aufsummiert werden, desto genauer wird die Näherung. Das Ergebnis ist in der Grafik Abb. 6 zu sehen.

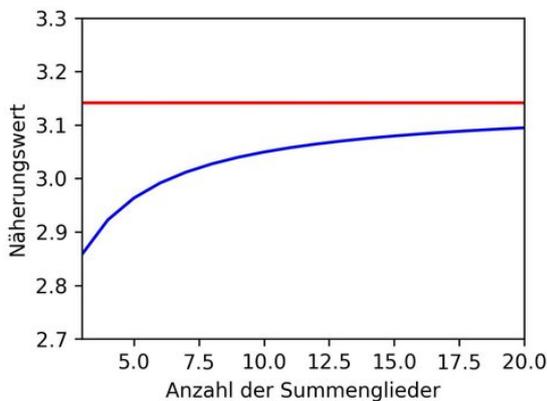


Abb. 6: π -Näherung 2 – Konvergierende Reihe

3. Zufällige Punkte

Die nächste Methode erfordert einen Kreis mit Durchmesser 1 und darum herum ein Quadrat mit der Kantenlänge 1. Dann werden viele Punkte zufällig im Quadrat verteilt und es wird gezählt, wie viele davon innerhalb des Kreises liegen. Das Verhältnis der Anzahl der Punkte im Kreis zu der Gesamtanzahl der Punkte sollte sich dem Verhältnis der Flächeninhalte $\frac{A_{\circ}}{A_{\square}}$ annähern, wenn die Anzahl der Punkte immer größer wird.

Die Fläche des Quadrats ist 1 und die Fläche des Kreises ist $\frac{\pi}{4}$. Also nähert es sich dem Verhältnis $\frac{\pi}{4}$ an. Das Ergebnis dieser Abschätzung für π sieht man in Abbildung 7.

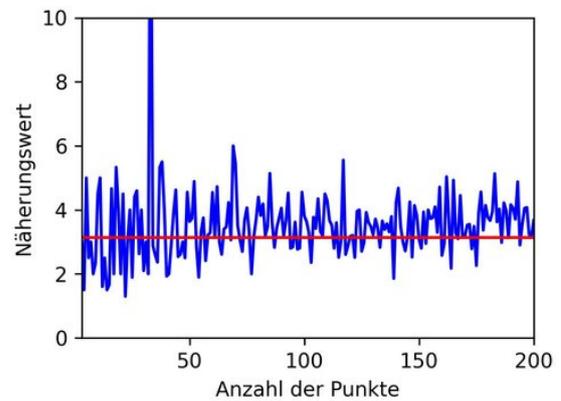


Abb. 7: π -Näherung 3 – Zufällige Punkte

4. Punkte in einem Gitter

Diese Methode ist im Wesentlichen identisch zur vorherigen. Allerdings werden die Punkte hier nicht zufällig verteilt, sondern in einem Gitter. Das Ergebnis sieht man in der Grafik Abb. 8.

Fazit

Nachdem wir alle Methoden in Python umgesetzt hatten, konnten wir abschließend feststellen, dass die Abschätzung mit Hilfe der konvergierenden Reihe eindeutig die schnellste war, gefolgt von der geometrischen Methode auf dem zweiten, der der zufälligen Punkte auf dem dritten und der der Punkte im Gitter auf dem vierten Platz.

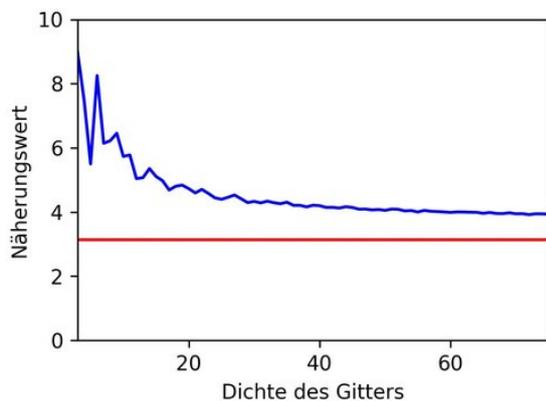


Abb. 8: π -Näherung 4 – Punkte in einem Gitter

Allerdings fiel uns auf, dass wir bei der geometrischen Methode die Kosinus-Funktion verwenden und wir nicht wissen, wie diese in Python berechnet wird. Theoretisch könnte es also sein, dass Python für die Berechnung des Kosinus π verwendet, und somit eventuell π mit Hilfe von π berechnet wird. Für die Näherung mit der konvergierenden Reihe nach Euler hätten wir für die vollständige Herleitung noch den Grenzwert $\frac{\pi^2}{6}$ beweisen müssen.

Also ist die überarbeitete Platzierung: zufällige Punkte auf dem ersten Platz und Punkte im Gitter auf dem zweiten.

Rekursionsformel zur Berechnung von π

CONSTANTIN UND JOAKIM

Die unendlich vielen Nachkommastellen näherten wir bereits mit der Kosinus-Funktion an. Um einen Ringschluss auszuschließen, stellten wir eine Rekursionsformel (Formel, die sich auf das vorherige Folgenglied bezieht) zur Berechnung von π auf, die keine trigonometrischen Funktionen verwendet. Hierbei näherten wir den Umfang eines Kreises wieder durch ein regelmäßiges Vieleck an.

Dafür zeichneten wir ein regelmäßiges Sechseck und dessen Umkreis mit einem Radius $r = 1$ und entsprechendem Umfang $U = 2\pi$. Des Weiteren zogen wir einen Radius, der eine Sechseckseite in einem rechten Winkel schneidet, und bezeichneten fünf Punkte wie in Abbildung 9. Wiederholt man dieses Vorgehen an allen

Seiten des Sechsecks, bildet sich ein Zwölfeck, dessen Eckpunkte auf dem Kreis liegen.

Wir legten Ordnungen n für diese Polygone (regelmäßige Vielecke) fest, wobei ein Sechseck der Ordnung $n = 0$ entspricht, ein Zwölfeck der Ordnung $n = 1$, ein Vierundzwanzigeck der Ordnung $n = 2$ und so weiter.

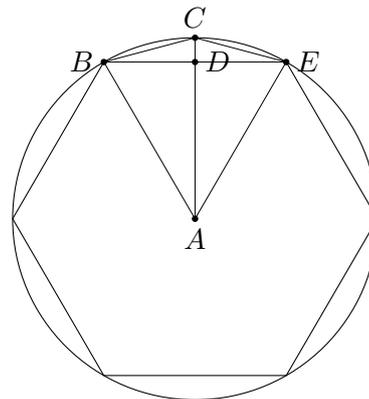


Abb. 9: 0. Rekursionsstufe

Für den Umfang U_0 des Sechsecks gilt $U_0 = 6BE$, für den Umfang U_1 des Zwölfecks $U_1 = 12BC$, und somit für den Umfang U_n des n -ten Polygons $U_n = 2^n \cdot 6 \cdot l_n$, wobei l_n der Seitenlänge des Polygons entspricht. Stellen wir nun eine allgemeingültige Gleichung in Relation von BE zu BC und somit von l_{n-1} zu l_n auf, bekommen wir eine Rekursionsformel für den Umfang U_n der Polygone und somit eine Annäherung für π , da sich der Umfang der Polygone dem des Kreises und damit 2π annähert.

Durch den Satz des Pythagoras und die Länge $r = 1$ der Kreisradien können wir folgende Gleichungen herleiten:

- I. $AD^2 + BD^2 = AB^2 = 1$
 $\iff AD^2 = 1 - BD^2$
 $\iff AD = \sqrt{1 - BD^2}$
- II. $BD^2 + CD^2 = BC^2$
- III. $AD + CD = AC = 1$
 $\iff CD = 1 - AD$
- IV. $BD = \frac{BE}{2}$

Durch Einsetzen und Umformen der Gleichungen können wir eine Gleichung aufstellen, die

nur die Längen BC und BE (bzw. l_n und l_{n-1}) enthält:

$$\begin{aligned}
 BD^2 + (1 - AD)^2 &= BC^2 \\
 BD^2 + (1 - \sqrt{1 - BD^2})^2 &= BC^2 \\
 BD^2 + 1 - 2\sqrt{1 - BD^2} + (1 - BD^2) \\
 &= 2 - 2\sqrt{1 - BD^2} = BC^2 \\
 \sqrt{2 - 2\sqrt{1 - BD^2}} &= BC \\
 \sqrt{2 - 2\sqrt{1 - \left(\frac{BE}{2}\right)^2}} &= BC,
 \end{aligned}$$

beziehungsweise:

$$\sqrt{2 - 2\sqrt{1 - \left(\frac{l_{n-1}}{2}\right)^2}} = l_n$$

Erinnern wir uns an das oben erwähnte Verhältnis von Umfang U_n zu Länge l_n :

$$\begin{aligned}
 U_n &= 2^n \cdot 6 \cdot l_n \\
 l_n &= \frac{U_n}{2^n \cdot 6}
 \end{aligned}$$

Zusammen mit der Formel für l_n erhalten wir eine Rekursionsformel für den Umfang der Polygone:

$$U_n = 2^n \cdot 6 \cdot \sqrt{2 - 2\sqrt{1 - \left(\frac{U_{n-1}}{2^n \cdot 6}\right)^2}}$$

Da das Sechseck in sechs gleichseitige Dreiecke unterteilt werden kann und die Seitenlängen deswegen dem Radius seines Umkreises entsprechen, beträgt der Umfang U_0 unseres Sechsecks $U_0 = 6$. Indem wir mit diesem Wert den Umfang für immer höhere Ordnungen n berechnen, erhalten wir immer bessere Näherungen für π . Bei theoretisch unendlich vielen Ordnungen bekämen wir genau π . Die Näherungswerte für einige Ordnungen n sind in der folgenden Tabelle festgehalten. Die Stellen, die mit π übereinstimmen, sind rot markiert.

Man kann erkennen, dass wir schon für relativ kleine n gute Annäherungen für π erhalten. Unsere Formel ist somit recht effizient.

Ordnung n	Annäherung für π ($U_n/2$)
0	3,0000000000...
1	3,1058285412...
2	3,1326286133...
3	3,1393502030...
4	3,1410319509...
5	3,1414524723...
6	3,1415576079...
7	3,1415838921...
8	3,1415904632...
9	3,1415921060...
10	3,1415925167...
11	3,1415926194...
12	3,1415926450...
13	3,1415926515...

Nachkommastellen von π , berechnet mit der Rekursionsformel

Grenzwerte und Epsilontik

BENEDIKT UND RONJA

Im vorherigen Absatz nutzten wir oft das Wort Folge. Eine Folge ist eine Funktion mit dem Definitionsbereich der natürlichen Zahlen. Die Folgenglieder können entweder direkt oder mit einer Rekursionsformel dargestellt werden. Somit lässt sich die Annäherung von π im vorherigen Absatz auch als Folge verstehen.

Folgen können einen sogenannten Grenzwert besitzen, dem sie sich annähern. Das nennt man Konvergenz. Zum Beispiel besitzt die Rekursionsfolge aus dem letzten Abschnitt den Grenzwert π .

Man kann den Grenzwert wie folgt definieren: Eine Folge (a_n) hat den Grenzwert g , wenn es zu jedem $\varepsilon > 0$ (gesprochen: „Epsilon“) ein $n_0 \in \mathbb{N}$ gibt, sodass für alle $n > n_0$ gilt: $|a_n - g| < \varepsilon$.

Dabei ist ε nicht allgemein festgelegt, jedoch liegen ab dem spezifischen Wert n_0 alle Folgenglieder innerhalb der ε -Umgebung um den Grenzwert g . Die ε -Umgebung ist notwendig und unerlässlich, da man mit ihr Grenzwerte mathematisch definieren kann.

a_{n_0} bezeichnet das erste Folgenglied, das in der ε -Umgebung um g liegt. $|a_n - g|$ bezeichnet den Abstand zwischen dem Grenzwert g und dem jeweiligen Folgenglied a_n .

Man kann die obige Definition auch anders formulieren: Eine Folge besitzt einen Grenzwert g , wenn es zu jedem beliebigen $\varepsilon > 0$ ein $n_0(\varepsilon) \in \mathbb{N}$ gibt, nach dem alle weiteren Folgenglieder in der ε -Umgebung um g liegen, d.h. $|a_n - g| < \varepsilon$ für alle $n > n_0(\varepsilon)$.

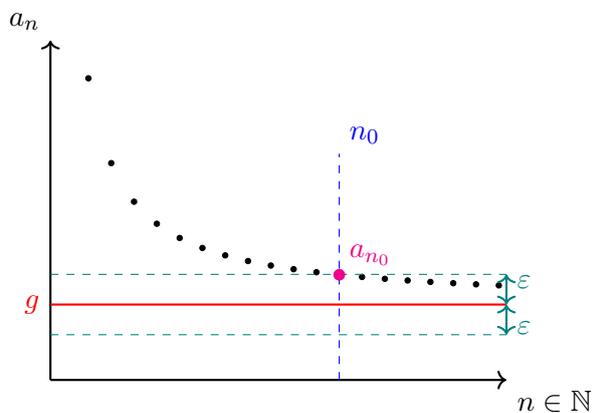


Abb. 10: Epsilonumgebung

Man verwendet in der Mathematik häufig Symbole, zum Beispiel Quantoren, um solche Definitionen präzise auszudrücken. Das liegt daran, dass sich mathematische Definitionen teilweise nur sehr umständlich in geschriebener Sprache formulieren lassen und die der Sprache anhaftende Ungenauigkeit das exakte Definieren in der Mathematik erschweren kann. Der Allquantor \forall steht für „für alle“ und der Existenzquantor \exists für „es existiert“. Mit Quantoren dargestellt sieht die Definition für einen Grenzwert so aus:

$$\forall \varepsilon > 0 : \exists n_0(\varepsilon) \in \mathbb{N}, \\ \forall n > n_0 : |a_n - g| < \varepsilon$$

Vollständige Induktion

BENEDIKT, CHARLOTTE F. UND RONJA

Um zu zeigen, dass eine spezifische Folge einen mathematischen Sachverhalt korrekt beschreibt, kann man anhand der vollständigen Induktion die betreffende Folge beweisen.

Die vollständige Induktion ist ein mathematisches Beweisprinzip, mit dem sich die Gültigkeit einer Aussage für alle natürlichen Zahlen beweisen lässt. Dabei zeigt man zuerst, dass die Aussage für eine konkrete Zahl n_0 gilt. Dieser Schritt ist der Induktionsanfang. Anschließend

zeigt man, dass die Behauptung, wenn sie für eine beliebige Zahl n stimmt (Induktionsvoraussetzung), auch für den Nachfolger $(n + 1)$ stimmt (Induktionsschritt).

Ein Beispiel zur Veranschaulichung ist ein unendlich langes Domino. Um zu zeigen, dass jeder Stein umfällt, muss man nur zeigen, dass der erste umfällt und dass jeder beliebige Stein umfällt, wenn sein Vorgängerstein umgefallen ist. Als Anwendungsbeispiel bewiesen wir die Gaußsche Summenformel mit vollständiger Induktion.

Beweis der Gaußschen Summenformel

Wir wollen zeigen, dass

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

für alle $n \in \mathbb{N}$ gilt.

Induktionsanfang:

$n_0 = 1$:

$$1 = \frac{1(1+1)}{2} \text{ stimmt.}$$

Bildlich gesprochen wurde hiermit gezeigt, dass der erste Dominostein umfällt.

Induktionsvoraussetzung:

Die Aussage gilt für ein beliebiges $n \in \mathbb{N}$, also:

$$1 + 2 + 3 + \dots + n = \frac{n(n+1)}{2}$$

Induktionsschritt $n \rightarrow n + 1$:

Behauptung: Wir behaupten, dass die Aussage auch für $n + 1$ gilt, da wir als Induktionsvoraussetzung annehmen, dass die Aussage für n gilt.

$$1 + 2 + 3 + \dots + n + (n + 1) \\ = \frac{(n + 1)((n + 1) + 1)}{2}$$

Nun können wir auf der linken Seite der Gleichung

$$1 + 2 + 3 + \dots + n + (n + 1)$$

die Voraussetzung einsetzen und erhalten damit:

$$= \frac{n(n+1)}{2} + (n+1)$$

Nun wird dieser Term umgeformt und in einen gemeinsamen Bruch geschrieben:

$$= \frac{n(n+1) + 2(n+1)}{2}$$

Mit einer weiteren Umformung erhalten wir die rechte Seite der Gleichung, wie wir sie als Behauptung aufgestellt hatten:

$$= \frac{(n+1)(n+2)}{2}$$

Damit ist bewiesen, dass die Formel für jede natürliche Zahl ≥ 1 gilt. In unserer Analogie wurde eine Kettenreaktion ausgelöst und alle Steine fallen um.

Turm von Hanoi

CHARLOTTE F. UND RONJA

Folgen finden auch bei praxisbezogenen Anwendungen Gebrauch, um den dabei vorhandenen mathematischen Zusammenhang zu erfassen.

Ein Beispiel ist der Turm von Hanoi. Das ist ein Spiel, bei dem man einen Stapel unterschiedlich großer Holzscheiben von einem äußeren von drei Feldern auf das auf der anderen Seite umsetzen soll. Dabei darf immer nur eine Scheibe bewegt und nie eine größere auf einer kleineren platziert werden.

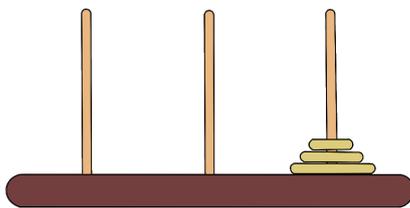


Abb. 11: Turm von Hanoi

Nun wollen wir die minimal benötigte Anzahl an Zügen bei n Scheiben bestimmen:

- Eine Scheibe: 1 Zug
 1. Man legt die Scheibe auf das Zielfeld.

- Zwei Scheiben: 3 Züge
 1. Eine Scheibe wird in die Mitte gelegt.
 2. Man legt die untere Scheibe auf das Zielfeld.
 3. Die Scheibe aus der Mitte legt man auf die jetzt auf dem Zielfeld liegende Scheibe.
- Drei Scheiben: 7 Züge
 1. Mit drei Zügen bewegt man die oberen beiden Scheiben in die Mitte
 2. Die untere Scheibe wird auf das Zielfeld gelegt (4. Zug).
 3. Die zwei Scheiben aus der Mitte legt man nun mit drei Zügen auf das Zielfeld.

Analog dazu kann man für jedes n vorgehen. Man braucht also immer 2-mal die Anzahl der Züge, die mit einer Scheibe weniger benötigt werden, plus eins. Als Formel:

$$Z_n = 2 \cdot Z_{n-1} + 1$$

Z_n beschreibt die minimal benötigte Anzahl an Zügen bei n Scheiben. Da es mit dieser Formel sehr umständlich ist, das Ganze für größere n zu berechnen, weil man immer die Umsetzungen für $n - 1$ auch ausrechnen müsste, haben wir uns die Werte für einige n angeschaut:

n	Z_n
1	1
2	3
3	7
n	$2 \cdot Z_{n-1} + 1$

Dabei ist uns aufgefallen, dass sie immer um eins kleiner sind als die nächste Zweierpotenz. In Zweierpotenzen geschrieben sieht das folgendermaßen aus:

$$2^1 - 1, 2^2 - 1, 2^3 - 1, \dots, 2^n - 1$$

Wir vermuten also, dass gilt:

$$Z_n = 2^n - 1$$

Diese Formel lässt sich wie folgt durch vollständige Induktion beweisen:

Induktionsanfang:

$$n_0 = 1 : \quad 2^1 - 1 = 1 \quad \text{stimmt.}$$

Induktionsvoraussetzung:

$Z_n = 2^n - 1$ gilt für ein beliebiges n .

Induktionsbehauptung:

Es gilt:

$$Z_{n+1} = 2 \cdot Z_n + 1 = 2^{n+1} - 1$$

Induktionsschritt:

$$\begin{aligned} 2 \cdot Z_n + 1 &= 2 \cdot (2^n - 1) + 1 \\ &= 2^{n+1} - 2 + 1 \\ &= 2^{n+1} - 1 \end{aligned}$$

Damit wurde gezeigt, dass man die Anzahl der minimal benötigten Züge direkt berechnen kann, auch ohne sie für jedes kleinere n zu kennen.

Fraktale

JONAS UND LUKAS

Einer der anschaulichsten und schönsten Teile der Unendlichkeit sind wahrscheinlich die Fraktale. Fraktale sind per Definition geometrische Muster, die sich unendlich oft in immer kleiner werdenden Maßstäben in sich selbst wiederholen. Ein Beispiel aus dem Alltag ist der Romanescokohl, dessen Muster sich scheinbar unendlich oft wiederholt.



Romanescokohl am Doku-Wochenende

Ein Fraktal beruht auf einem Initiator und einer Vorschrift, die auf den Initiator angewendet wird. Die Anzahl der Anwendungen der Vorschrift auf den Initiator nennt man Ordnung.

Wenn die Vorschrift beispielsweise sechsmal auf den Initiator angewendet wird, hat das Fraktal die Ordnung sechs.

Koch-Schneeflocke

Ein weiteres Beispiel für ein Fraktal ist die Kochkurve, benannt nach Helge von Koch. Der Initiator der Kochkurve ist eine Strecke und die Vorschrift besagt, dass die Strecke gedrittelt und das mittlere Drittel durch ein gleichseitiges Dreieck ohne Grundseite mit dem Drittel der Strecke als Seitenlänge ersetzt wird.



Abb. 12: Definition der Kochkurve: links der Initiator, rechts die Vorschrift

Der Initiator kann als grundlegendes Element für die Koch-Schneeflocke verwendet werden. Die 0. Ordnung der Koch-Schneeflocke besteht aus einem gleichseitigen Dreieck, wobei jede Seite dem Initiator einer Kochkurve entspricht.

Bei der Koch-Schneeflocke geht der Umfang gegen unendlich, wenn man die Ordnung n gegen unendlich gehen lässt, während der Flächeninhalt gegen einen endlichen Grenzwert konvergiert. Später in diesem Kapitel zeigen wir dieses Phänomen für die Sierpinski-Pyramide, ebenfalls ein Fraktal.

Programmieren der Koch-Schneeflocke

Um die Koch-Schneeflocke darzustellen, schrieben wir ein Programm in Python, das diese zeichnet. Dabei gingen wir auf verschiedene Arten vor.

Zunächst trugen wir die Punkte für die ersten Ordnungen einzeln ein und erzielten damit schnell ein treffendes Ergebnis. Allerdings ist das nicht praktisch für höhere Ordnungen der Koch-Schneeflocke, da es sehr zeitaufwendig ist. Deswegen schrieben wir ein Programm, das die Koch-Schneeflocke nach Angabe der Ordnung zeichnet. Dafür nutzten wir die Bibliotheken NumPy, Matplotlib und Matplotlib.pyplot und gingen folgendermaßen vor:

Zuerst gaben wir die Punkte der ersten Ordnung der Koch-Schneeflocke ein. Daraufhin

schrieben wir eine Funktion, die einen Punkt hinzufügt. Danach fingen wir an, Unterprogramme zu programmieren, die an verschiedenen Stellen das mittlere Drittel einer Strecke durch ein gleichseitiges Dreieck ohne Grundseite ersetzen. Dabei stellten wir fest, dass es sechs Möglichkeiten gibt, wie das Dreieck orientiert sein kann.

Für den Fall eines waagerechten Initiators sieht das wie folgt aus: Zuerst wird die Orientierung überprüft – in unserem Beispiel waagerecht. Im Anschluss wird überprüft, in welche Richtung das Ende des Segments zeigt. Das entscheidet über die Richtung, in die das Dreieck zeigen soll, in unserem Beispiel nach oben. Um die auf der Linie liegenden Eckpunkte des neuen Dreiecks zu berechnen, dividiert man zunächst die Länge der betrachteten Linie durch drei und fügt daraufhin die Punkte entsprechend ein. Für die x-Koordinate des verbleibenden Eckpunkts des neuen Dreiecks nehmen wir die Mitte zwischen dem Startpunkt und dem Endpunkt des Segments. Zum Berechnen der y-Koordinate addieren wir die Höhe des neuen Dreiecks zur y-Koordinate des Startpunkts. Die Höhe lässt sich mit dem Satz des Pythagoras berechnen und beträgt immer $\frac{\sqrt{3}}{6}$ multipliziert mit der Länge der Linie.

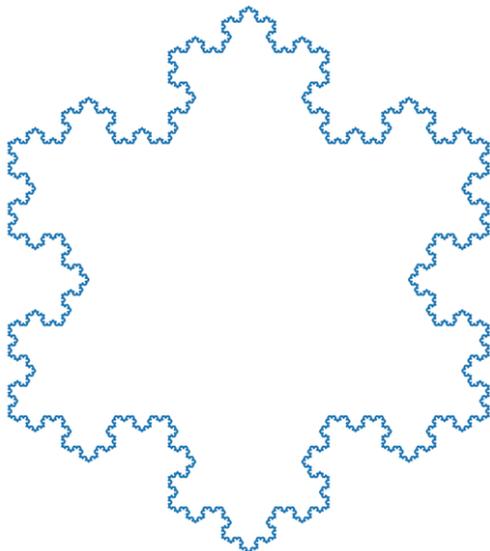


Abb. 13: Koch-Schneeflocke der 5. Ordnung

Für die anderen Fälle ist das Vorgehen ähnlich. Abhängig von der Ordnung mussten wir nur noch die Unterprogramme abhängig von den Ausgangspunkten in der richtigen Reihenfolge

hintereinanderreihen. Mit dem fertigen Programm ist es möglich, nur durch die Eingabe der Ordnung die Koch-Schneeflocke darzustellen.

Unsere Sierpinski-Pyramide

CHARLOTTE F. UND KIRA

Neben der Koch-Schneeflocke gibt es noch viele weitere Fraktale. Beispielsweise das Sierpinski-Dreieck, benannt nach dem polnischen Mathematiker Waclaw Sierpiński (1882–1969), welches ein gleichseitiges Dreieck ist, das nach ganz bestimmten Regeln unterteilt wird. Die Seiten des Dreiecks (0. Ordnung) werden dabei halbiert und aus den drei entstandenen Punkten wird ein neues Dreieck (1. Ordnung) gebildet.

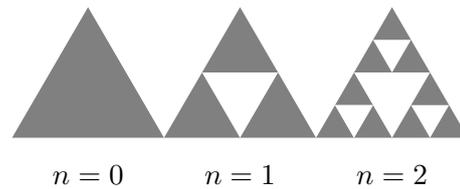


Abb. 14: Sierpinski-Dreieck in Ordnung 0, 1, und 2

Wenn die Seitenlänge unseres Dreiecks a lang ist, dann beträgt der Flächeninhalt $\frac{\sqrt{3}}{4}a^2$ mit a als Kantenlänge, was dem Flächeninhalt eines gleichseitigen Dreiecks entspricht. Für die erste Ordnung wird dann ein Dreieck in der Mitte herausgenommen, somit bleiben $\frac{3}{4}$ des Flächeninhalts übrig. Dieses Schema setzt sich auch für die höheren Ordnungen fort, womit sich für den Flächeninhalt n -ter Ordnung ergibt:

$$A_n = \left(\frac{3}{4}\right)^n \left(\frac{\sqrt{3}}{4}a^2\right)$$

Wie man in der Abbildung sehen kann, nimmt der Flächeninhalt mit zunehmender Ordnung immer weiter ab. Der Umfang nimmt aber zu, denn pro Ordnung und Initiator kommt nochmal die halbe Kantenlänge hinzu. Somit erhalten wir für den Umfang n -ter Ordnung:

$$U_n = \left(\frac{3}{2}\right)^n \cdot 3a$$

Während der Flächeninhalt immer kleiner wird, wird der Umfang immer größer. Das scheint

ziemlich unintuitiv, kann allerdings mathematisch erklärt werden, indem man den Grenzwert für die Fläche

$$\lim_{n \rightarrow \infty} A_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{3}{4}\right)^n \left(\frac{\sqrt{3}}{4}a^2\right) = 0$$

und den Grenzwert für den Umfang

$$\lim_{n \rightarrow \infty} U_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{3}{2}\right)^n \cdot 3a \rightarrow \infty$$

bestimmt.

Wir haben also ein Objekt, das mit zunehmendem Umfang immer kleiner wird. Diese „Gegensätzlichkeit“ ist ein typisches Merkmal von Fraktalen.

Schon am Eröffnungswochenende beschlossen wir, selbst so ein Fraktal zu bauen. Das bedeutete, dass wir viele kleine Pyramiden aus Karton benötigten, um eine Sierpinski-Pyramide, also die dreidimensionale Form des Sierpinski-Dreiecks, zu bauen.



Da es kompliziert wäre, aus der Pyramide immer kleinere Pyramiden herauszuschneiden, hatte unsere Grundbaustein-Pyramide eine festgelegte Größe und unser Fraktal als Ganzes wuchs mit zunehmender Ordnung. Über die Zeit bis zu den zwei Wochen im Sommer bastelten wir fleißig kleine Pyramiden aus Pappkarton, die allerdings noch nicht zusammengefaltet waren. Das war dann während der Akademie unser Pausenjob. Auf gefährlicher Mission im Papier-Container beschafften Charlotte und

Charlotte noch weiteres Material für noch mehr kleine Dreiecke. Letztendlich schafften wir es aber, eine 3-dimensionale Sierpinski-Pyramide der 4. Ordnung zu basteln, mit der unser Kompetenz-Gott Silas die maximale Kompetenz erreichte.

Kosmologie

CHARLOTTE G., CONSTANTIN, KIRA
UND LETITCIA

Nachdem wir uns mit den mathematischen Konzepten der Unendlichkeit beschäftigt hatten, wollten wir in der Physik auf die Suche nach dem Unendlichen gehen. Im Folgenden wird der physikalische Aspekt unserer Kursarbeit beleuchtet. Oft verbindet man mit dem Universum auch die Unendlichkeit, weshalb wir uns intensiv mit dem Verhalten des Universums auf verschiedenen Ebenen auseinandersetzen.

Nachts ist der Himmel dunkel. Doch warum genau?

CHARLOTTE G. UND CONSTANTIN

Wenn man nachts in den Himmel schaut, kommt man nicht um die Frage herum, warum der Nachthimmel trotz der vielen Sterne dunkel ist. Um diese Frage beantworten zu können, trafen wir zunächst folgende Annahmen:

1. Der Raum ist unendlich ausgedehnt.
2. Alle Sterne haben eine endliche Ausdehnung und Leuchtkraft.
3. Es gibt unendlich viele Sterne.
4. Es herrscht eine homogene Sternverteilung.
5. Die Sterne und das Universum ändern sich in beliebigen Zeiten nicht.

Nehmen wir nun an, dass unsere Annahmen stimmen, so müsste es auch in der Nacht taghell sein. Denn die unendlich vielen Sterne um uns herum würden auch den Nachthimmel erleuchten.

Betrachtet man das Ganze in einem Modell, so setzt man zunächst einen Beobachtungspunkt. Um diesen Punkt herum liegen, wie bei einer Zwiebel, Schalen. Diese Schalen werden, je weiter sie von dem Beobachtungspunkt entfernt

sind, immer größer und haben somit auch mehr Volumen. Das bedeutet im Umkehrschluss, dass in ihnen mehr Sterne enthalten sind. Dieser Umkehrschluss beruht auf der Annahme der homogenen Sternverteilung. Die Anzahl der Sterne pro Einheitsvolumen kann mit n bezeichnet werden und ist auch als Dichte bekannt:

$$n = \frac{m}{V}$$

Hierbei ist m die Anzahl der Sterne und V das Volumen.

Mit diesem n und der Formel für das Volumen einer Kugelschale lässt sich eine allgemeine Formel für die Anzahl der Sterne in einer Schale herleiten:

$$N = n \cdot 4\pi r^2 \cdot T$$

Dabei steht T für die Schalendicke und r für ihren Abstand zum Beobachtungspunkt.

Betrachten wir einen Stern einzeln, so können wir auch hier eine Formel aufstellen, nämlich die Formel für den Energiefluss von einem Stern in der Schale, der den Beobachtungspunkt erreicht:

$$f = \frac{L}{4\pi r^2}$$

L beschreibt die Menge an Photonen pro Zeit. Mit unserem vorherigen Wissen über die Anzahl der Sterne in einer Schale können wir so eine neue Formel aufstellen, die Formel für den Energiefluss aus der Schale zum Beobachtungspunkt:

$$F = N \cdot f = L \cdot n \cdot T$$

Wenn jetzt also in allen Schalen, die unendlich weiter gehen, immer gleich viele Sterne pro Volumen sind und alle Licht aussenden, warum ist es bei uns dann nachts dunkel?

Da Licht sich mit einer Geschwindigkeit von 300 000 000 m/s, der Lichtgeschwindigkeit, fortbewegt, bräuchte das Licht von den äußeren Schalen eine beachtliche Zeit, um am Beobachtungspunkt anzukommen.

Somit können wir schlussfolgern: Der Nachthimmel ist dunkel, weil das Universum nicht unendlich ist oder ein endliches Alter hat und das Licht der entfernteren Sterne noch nicht bei uns angekommen ist.

Dopplereffekt und Emissionslinien

IGNATIUS UND LETICIA

Um besagtes Alter zu berechnen, beschäftigen wir uns zunächst mit den grundlegenden Eigenschaften von Licht und dessen Verhalten.

Im Periodensystem existieren Stand 2024 genau 118 chemische Elemente, aus denen unser Universum besteht. Jedes dieser Elemente besitzt eigene Charakteristika, eins davon bilden sogenannte Emissionslinien. Diese sind sozusagen „Elementsignaturen“ und können eindeutig zugeordnet werden.

Im Kurs setzten wir uns zwar nicht im Detail mit deren Ursprung auseinander, allerdings lässt sich anhand eines Beispiels simpel nachvollziehen, wie solche chemischen Unterschriften zustande kommen. Betrachtet man das Element Wasserstoff (H) mit einem Proton und einem Elektron und fügt ihm Energie, beispielsweise in Form von Wärme, zu, so wird diese zunächst vom Elektron absorbiert. Dadurch wird es kurzzeitig auf ein höheres Energieniveau gehoben, aber die zugeführte Energie reicht nicht aus, um das Elektron in den freien Zustand zu bewegen. Da das angeregte Elektron die Energie nicht behalten kann, fällt es auf sein ursprüngliches Energieniveau zurück und gibt dabei die vorher zugeführte Energie wieder ab. Das geschieht in Form von Licht, also mehr oder weniger energetischen Photonen.

Da sich die Energiedifferenzen für die Energieniveaus der Elektronen zwischen verschiedenen Elementen unterscheiden, werden beim Zurückfallen der Elektronen ebenfalls unterschiedliche Energien, also Wellenlängen, emittiert. Jedes Element besitzt unterschiedlich viele Elektronen, die wiederum unterschiedliche Energieniveaus besitzen, weshalb Emissionslinien charakteristisch für den jeweiligen Stoff sind.

Ein kurzes Ausholen: Licht verhält sich bekanntlich sowohl wie ein Teilchen als auch wie eine Welle. In unseren Überlegungen beschäftigten wir uns explizit mit dem Wellencharakter des Lichts. Betrachtet man eine Welle mit der Wellenlänge λ (gesprochen „Lambda“), die die Strecke zwischen einer Amplitude und der nächsten beschreibt, kann man ein interessantes Phänomen beobachten: den Dopplereffekt.

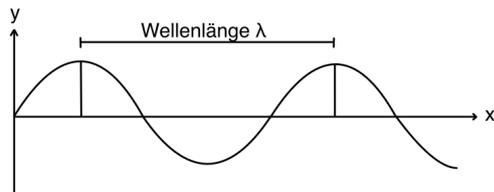


Abb. 15: Darstellung der Wellenlänge

Dieser tritt auf, wenn sich der Sender während des Aussendens einer Welle vom Empfänger entfernt oder sich diesem nähert. Dabei wird die Welle gestreckt oder gestaucht, da eine zusätzliche Geschwindigkeit zur eigentlichen Aussendungsgeschwindigkeit vorhanden ist. Gleiches gilt auch für die Bewegung des Empfängers. Illustriert wird der Dopplereffekt beispielsweise durch das Schaubild in Abb. 16.

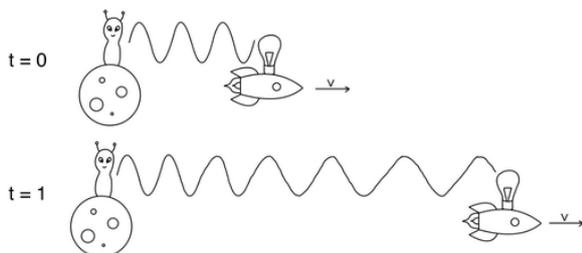


Abb. 16: Dopplereffekt, der eine Welle streckt oder staucht

Ein Beispiel aus dem Alltag ist ein vorbeifahrender Krankenwagen, da Schall ebenfalls eine Welle ist und das Signal des Martinshorns beim Annähern und beim Wegfahren mit unterschiedlicher Frequenz wahrgenommen wird.

Um beide Themen wunderbar im Kosmos zu verknüpfen, setzten wir uns im Kurs mit einer der prominentesten Emissionslinien des Wasserstoffs auseinander – $H\alpha$ mit einer Wellenlänge von 656,28 nm, also ein kräftiges Rot in unseren Augen. Die $H\alpha$ -Linie lässt sich nämlich beispielsweise in Nachbargalaxien messen. Nur kommt $H\alpha$ nicht so bei uns an, wie es ausgesendet wurde!

Tatsächlich bewegen sich die meisten Galaxien mit einer Relativgeschwindigkeit von uns weg, und weil sie währenddessen natürlich auch Wasserstoffemissionslinien emittieren, kommt hier der Dopplereffekt ins Spiel. Da die Galaxien sich wegbewegen und die Wellenlängen dadurch immer länger, also im Grunde „röter“,

werden, nennt man dieses Phänomen auch Rotverschiebung. Somit können wir, wenn wir die $H\alpha$ -Wellenlänge messen, die Relativgeschwindigkeit bestimmen.

Die Wellenlänge λ kann durch

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

beschrieben werden. Hierbei ist c die Lichtgeschwindigkeit und f die Frequenz.

Da uns der Zusammenhang zwischen Strecke s , Zeit t und Geschwindigkeit v bekannt ist, stellen wir zusammen eine Formel auf, mit der man zu bereits erwähnter Relativgeschwindigkeit der betreffenden Objekte gelangt:

$$\begin{aligned} \lambda' &= \lambda + s = \lambda + v \cdot t = \lambda + v \cdot \frac{1}{f} \\ &= \lambda + v \cdot \left(\frac{1}{c/\lambda} \right) \\ &= \lambda + v \cdot \left(\frac{\lambda}{c} \right) \\ &= \lambda \cdot \left(1 + \frac{v}{c} \right) \end{aligned}$$

Hierbei ist λ die ausgesendete und λ' die empfangene Wellenlänge.

So haben wir beispielsweise herausgefunden, dass sich die Galaxie NGC 3034, die 3,835 Mpc entfernt ist, mit unter 100 km/s von uns wegbewegt, während Galaxien wie zum Beispiel NGC 7469 deutlich weiter von uns entfernt sind und sich proportional auch deutlich schneller von uns entfernen, in diesem Falle mit 4591 km/s.

Bestimmung des Hubbleparameters

KIRA UND LETICIA

Diese Proportionalität wollten wir genauer beschreiben können. Dazu berechneten wir mithilfe der hergeleiteten Formel die Relativgeschwindigkeiten von weiteren Galaxien und schlugen deren Entfernungen zur Erde nach (siehe Tabelle auf der nächsten Seite).

Mpc steht für Megaparsec, ein astronomisches Entfernungsmaß: $1 \text{ Mpc} = 3,086 \cdot 10^{19} \text{ km}$.

Die Daten können wir in einem Graphen veranschaulichen. Dafür zeichnen wir ein Diagramm, dessen x-Achse die Entfernungen der

Galaxie	Entfernung [Mpc]	Relativ- geschwindigkeit [km/s]
NGC 3034	3,835	100
NGC 4631	5,097	662,37
NGC 6217	20,643	1192,3
NGC 1357	27,450	2005,1
NGC 3227	18,750	2041,92
NGC 6181	31,281	2183,5
NGC 3471	28,071	2215,5
NGC 6764	27,978	2252,0
NGC 7469	59,756	4590,9

Datenquelle: <https://ned.ipac.caltech.edu/>,
Stand: 19.09.2024

Galaxien und dessen y-Achse deren Relativgeschwindigkeiten darstellt. Da die Punkte dem Trend einer Geraden folgen, zeichnen wir eine Näherungsgerade ein.

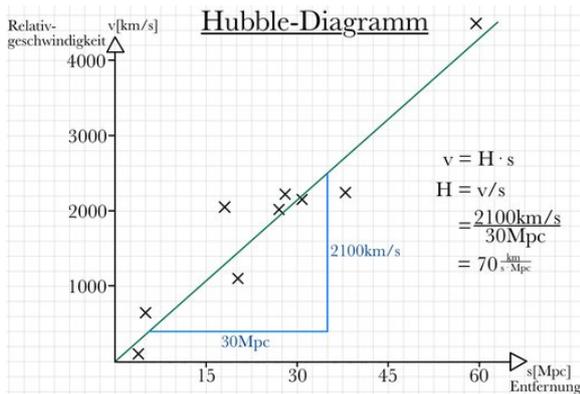


Abb. 17: Hubble-Diagramm

Ein solches Diagramm wird auch Hubble-Diagramm genannt, da es erstmals von Edwin Hubble (1889–1953) gezeichnet wurde. Die Gerade zeigt erneut, wie wir schon festgestellt haben, dass die Relativgeschwindigkeiten in einem proportionalen Zusammenhang mit den Entfernungen der Galaxien wachsen.

Dieser proportionale Zusammenhang lässt sich mit der Steigung der Geraden beschreiben, die Hubbleparameter H genannt wird. Er beträgt bei unserem Diagramm $70 \frac{\text{km}}{\text{s} \cdot \text{Mpc}}$, wobei der aktuelle Literaturwert des Hubbleparameters $H = 74,2 \pm 3,6 \frac{\text{km}}{\text{s} \cdot \text{Mpc}}$ beträgt.

Der Kehrwert des Hubbleparameters wird Hubble-Zeit t_H genannt und stellt das Alter des Universums dar. Die Hubble-Zeit können wir

mit unserem Wert für den Hubbleparameter berechnen. Wir haben also den Kehrwert von $70 \frac{\text{km}}{\text{s} \cdot \text{Mpc}}$ genommen, die Einheit zu Jahren umgewandelt und dann folgendes Ergebnis erhalten:

$$t_H \approx 13,997 \text{ Milliarden Jahre}$$

Das Universum ist also nach unseren Berechnungen ungefähr 14 Milliarden Jahre alt.

Somit fanden wir die Unendlichkeit nicht im Alter des Universums. Einen demonstrativen Geburtstag feierten wir trotzdem.

Weltenmodelle und die Friedmann-Gleichung

CHARLOTTE G. UND CONSTANTIN

In unseren vorherigen Berechnungen gingen wir von einer linearen Ausdehnung des Universums aus. Doch das ist nicht der Fall. Mit der Aufstellung eines Weltenmodells können wir das Verhalten des Universums beschreiben und Vorhersagen über die zukünftige Entwicklung treffen. Jedoch benötigt dieses Modell ein paar Grundannahmen:

Als erstes nehmen wir an, dass das Universum in jede Richtung gleich aussieht, und das für jeden Beobachter im Universum. Diese Annahme kann einem erstmal komisch vorkommen – wenn wir den Sternenhimmel beobachten, dann sieht es offensichtlich nicht überall gleich aus. Doch wenn wir uns das Universum auf immer größer werdenden Skalen anschauen, wird es immer gleichmäßiger. Diese Ortsunabhängigkeit nennt man auch Homogenität.

Außerdem gehen wir davon aus, dass das Universum in jeder Richtung gleich funktioniert. Schon Kopernikus zeigte, dass die Erde nicht im Mittelpunkt des Sonnensystems steht. Ebenso nimmt die moderne Kosmologie an, dass wir uns an keiner ausgezeichneten Stelle im Universum befinden, genauso wenig wie alle anderen Beobachter. Dann muss das Universum um jeden Punkt herum richtungsunabhängig sein und somit auch keinen Mittelpunkt haben. Diese Richtungsunabhängigkeit heißt auch Isotropie.

Im Raum unseres Modells ist also jeder Punkt isotrop und homogen. Wir können einen beliebigen Punkt betrachten, uns eine Kugel mit dem Radius R darum denken und ein Testteilchen auf die Kugeloberfläche setzen. Diese Kugel besitzt überall die gleiche Dichte ρ und den gleichen Druck P , da sie sonst nicht homogen wäre. Alle Eigenschaften dieser Kugel sind nur noch von der Zeit t abhängig.

Wir müssen außerdem darauf achten, dass das Verhalten der Kugel nicht von ihrer absoluten Größe abhängt. Sonst könnte zum Beispiel eine kleinere Kugel im Inneren der großen Kugel schneller oder langsamer wachsen oder schrumpfen als ihr großes Gegenstück. Somit würde die Kugel nicht homogen bleiben. Daraus folgern wir, dass die Kugel so klein gewählt werden kann, dass in ihr das Newtonsche Gravitationsgesetz

$$F_G = -\frac{GMm}{R^2} = -\frac{4\pi G}{3}mR\rho$$

gilt und die Kugel trotz allem noch als Modelluniversum betrachtet werden kann. Hierbei ist F_G die Gravitationskraft, G die Gravitationskonstante, m eine Testmasse und M die Masse, R der Radius und ρ die Dichte der Kugel.

Die Masse M kann durch

$$M = V\rho = \frac{4\pi}{3}R^3\rho$$

mit

$$V = \frac{4\pi}{3}R^3$$

beschrieben werden.

Mit simplen physikalischen Gesetzen konnten wir nun eine Gleichung aufstellen, die das Verhalten des Modelluniversums beschreibt. Dazu benötigten wir lediglich:

- Das Newtonsche Gravitationsgesetz
- Das Gesetz der Kraft $F = m \cdot a$
- Den Energieerhaltungssatz

Es besteht folgender Zusammenhang zwischen Radius R , Geschwindigkeit v und Beschleunigung a :

$$a = \dot{v}, \quad v = \dot{R}, \quad a = \ddot{R}$$

Nun können wir eine Bewegungsgleichung

$$m \cdot \ddot{R} = -\frac{4\pi G}{3}mR\rho$$

aufstellen, indem wir die Kraft $m \cdot a$ mit der Gravitationskraft F_G gleichsetzen. Bevor wir uns die Lösung dieser Differenzialgleichung anschauen, müssen wir noch den Skalenfaktor a einführen. Er beschreibt das Verhältnis zwischen dem Kugelradius R und ihrem heutigen Radius R_0 :

$$a = \frac{R}{R_0}$$

Diesen benötigen wir im unten folgenden Graphen. Der Skalenfaktor zeigt die Größe des Universums, genormt auf die heutige Größe.

Bei der Lösung der Gleichung kommt ein weiterer Parameter hinzu: der Krümmungsparameter k . Es gibt verschiedene Möglichkeiten, welchen Wert dieser haben kann:

- $k = +1$: Elliptisches/sphärisches Universum
- $k = 0$: Euklidisches Universum (Weltall offen/unendlich oder geschlossen/endlich, Universum flach)
- $k = -1$: Hyperbolisches Universum (sattelförmig)

Momentan wird ein flaches, offenes Universum mit $k = 0$ favorisiert, mit unserer Rechnung können wir aber auch andere Modelle beschreiben.

Für das Herleiten und Lösen der Differenzialgleichung hätte die Akademiezeit nicht ausgereicht, deshalb schauen wir uns nur die gelöste Gleichung an, die sogenannte Friedmann-Gleichung:

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = H_0^2 \left(\frac{\Omega_0}{a^3} + \frac{1 - \Omega_0 - \Omega_\Lambda}{a^2} + \Omega_\Lambda \right)$$

mit der Hubble-Funktion

$$H(t) = \frac{\dot{a}}{a}$$

Der heutige Wert H_0 ist der Hubbleparameter, den wir im vorigen Abschnitt selbst berechnet haben:

$$H_0 \approx 70 \frac{\text{km}}{\text{s} \cdot \text{Mpc}}$$

Die Friedmann-Gleichung ist eine der zentralen Gleichungen der Kosmologie. Sie beschreibt die Veränderung der Größe des Universums in Abhängigkeit von der Zeit. Dabei kommen zwei wichtige Dichteparameter vor, die die Dynamik des Universums bestimmen: Ω_0 und Ω_Λ .

- Ω_0 ist die Energiedichte der Materie. Unter Materie sind baryonische Materie und Dunkle Materie zusammengefasst. Die baryonische Materie ist die ganze bekannte Materie, während die Dunkle Materie eine unbekannte Materie beschreibt, die lediglich durch die Gravitation wechselwirkt (deshalb „dunkel“). Sie ziehen das Universum mit ihrer Gravitationswirkung „zusammen“.
- Ω_Λ ist die Energiedichte der Dunklen Energie. Sie ist eine unbekannte Kraft, die das Universum „auseinanderzieht“.

Wenn wir diese Werte verändern, bekommen wir viele verschiedene Modelle für unser Universum: die Weltenmodelle.

Im folgenden Diagramm (Abb. 18) ist auf der y-Achse der Skalenfaktor von vorher dargestellt, er beschreibt die Größe des Universums. Auf der x-Achse ist die Zeit in Milliarden Jahren zu sehen. Alle Linien gehen durch einen Punkt, da dieser die aktuelle Größe des Universums darstellt. Zwei Linien stehen besonders heraus: Rot und Gelb.

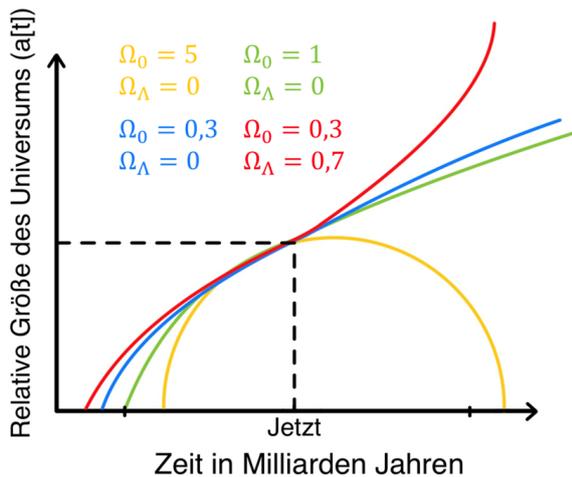


Abb. 18: Verschiedene Weltenmodelle, die aus der Friedmann-Gleichung folgen

Die gelbe Linie zeigt einen besonderen Extremfall. Sie geht von einem Universum mit sehr viel Materie aus, aber keiner Dunklen Energie.

Dabei fällt das Universum in sich zusammen, da die Ausbreitungsgeschwindigkeit durch die Gravitationswirkung immer langsamer wird, bis sie schließlich negativ wird.

Die rote Linie stellt die realen Daten dar. Das Universum besteht aus überwiegend Dunkler Energie, was die Expansion immer weiter vorantreibt. Es wird also immer schneller immer größer.

Zusammenfassend können wir sagen: Mit der Hilfe eines simplen Modells konnten wir die Dynamik des Raums beschreiben. Wir können mit Hilfe der Weltenmodelle nicht sagen, ob der Raum endlich oder unendlich ist. Also haben wir auch hier die Unendlichkeit nicht eindeutig gefunden. Wenn wir aber gemessene Daten für die Materie und Dunkle Energie einsetzen, ist eine immer schneller werdende Ausdehnung des Raums zu beobachten.

Um für den kompletten Kosmologieteil zu sprechen, befassten wir uns in der Gesamtheit dieses Kapitels mit zwei wesentlichen Eigenschaften: dem Alter des Universums und der Raumausdehnung.

Exkursion

IGNATIUS UND JOAKIM

Am Montag, den 2. September, fuhren wir früh morgens mit dem Bus los. Dieser brachte uns nach Heidelberg in die Nähe des Hauptbahnhofs, wo sich die Mathematik-Informatik-Station (MAINS) befindet. Dort durften wir uns die Ausstellung über Leonardo da Vinci anschauen, in der einige seiner Erfindungen vorgestellt wurden.

Da die Ausstellung interaktiv gestaltet war, konnten wir einen Fallschirm aus Papier basteln, überprüfen, ob wir die natürlichen Proportionen des vitruvianischen Menschen aufweisen, die Leonardo-Brücke bauen und uns mit Zahnrädern beschäftigen.

In der MAINS gab es auch eine Ausstellung über KI. Dort konnten wir unseren inneren Dirigenten durch KI-gestütztes Dirigieren herauslassen, mit Schwarzen Löchern „Pong“ spielen und einen maschinellen Lernprozess beobachten. Nach der Verabschiedung und einem

Gruppenfoto vor der MAINS machten wir uns auf den Weg zur nächsten Bushaltestelle.



In der MAINS-Ausstellung

Auf dem Weg konnten wir das Haus von Kirchhoff bestaunen, in dem er seine Spektralanalyse auf die Sonne anwendete, und ein Gruppenfoto vor der Bunsenstatue auf dem Akademieplatz aufnehmen. Ein Eis konnten sich einige von uns auch nicht entgehen lassen.



Experimentieren in der MAINS Ausstellung

Mit der Buslinie 30 ging es dann hinauf zum Haus der Astronomie auf dem Königstuhl. Dort empfing uns Carolin Liefke, die auf diesem Ge-

lände unser „Tourguide“ war. Wir liefen in das Planetarium im Haus der Astronomie. Dort begaben wir uns auf eine Reise durch das Universum.



Bau der Leonardobrücke

Frau Liefke erklärte uns die Anlage und startete die Projektion. Zuerst zeigte sie uns die Bahnen der Planeten unseres Sonnensystems, dann die Sternbilder unseres Nachthimmels und unsere Heimatgalaxie, die Milchstraße, die man von der Erde aus als Band am Nachthimmel bestaunen kann. Von unseren bequemen Sitzen aus konnten wir das Universum in immer größeren Maßstäben betrachten, bis sich schließlich das gesamte beobachtbare Universum vor uns erstreckte.

Bevor wir das Planetarium verließen, durften wir noch einige Fragen stellen, die uns Frau Liefke verständlich beantwortete. Nach einer kurzen Pause, in der wir uns jeder ein Exemplar des „Spektrum der Wissenschaft – Sterne und Weltraum“ aussuchen durften, machten wir uns auf den Weg zur Landessternwarte Königstuhl unweit des Hauses der Astronomie. Dort wurde uns ein Teleskop gezeigt und Frau Liefke erzählte uns von den Schwierigkeiten, auf die man trifft, wenn man einen Asteroiden entdeckt und benennen möchte.

Zuletzt besuchten wir das Max-Planck-Institut für Astronomie. Dort zeigte sie uns Projekte, Arbeiten von Auszubildenden und die zum Institut gehörige Bibliothek. Zum Abschluss gingen wir auf das Dach des Instituts, von wo aus

wir das galaxieförmige Haus der Astronomie bewundern konnten und ein letztes Gruppenfoto machten. Nachdem wir uns von unserer Gastgeberin verabschiedet hatten, holte uns der Bus wieder ab und beförderte uns zurück zum Eckenberg.



Doppelastrograf in der Sternwarte am Königstuhl

Fazit

BENEDIKT, CHARLOTTE F., FELIX,
IGNATIUS UND LETICIA

Zusammenfassend kann man sagen, dass der Mathematik- und Physikkurs in den zwei Wochen sein Bestes gab, sich etwas unter dem Begriff Unendlichkeit vorzustellen. Dazu erforschten wir die bereits erwarteten Bereiche Mathematik und Physik und lernten dabei auf eine von der Schule abweichende und bessere Art viel Neues und Aufregendes. Das Thema birgt so viele Facetten, dass sich beim Beantworten einer Frage zehn neue ergaben, wodurch unser Kurs nicht nur aus Rechnen und Rätseln, sondern auch aus Diskussionen, Besprechen und Austauschen bestand. Die äußerst spannende Exkursion nach Heidelberg war ein gelungener Einblick in die Welt der Wissenschaft.

Unsere Kurs-Atmosphäre war sehr angenehm, in den Pausen bastelten wir an unseren Sierpinski-Pyramiden, lösten Manas (Rätsel), designten unsere Kurs-T-Shirts, aßen Kekse und hatten sehr viel Spaß miteinander. Ausschnitte unserer lustigsten Momente sind in unserer Zitatesammlung nachlesbar. Wir empfanden die Zeit im Kurs als sehr angenehm und lehrreich. Wir sind überaus glücklich mit unserer Kurswahl und gehen zufrieden und mit neuen Denkweisen, neuem Wissen, Freunden und Erinnerungen zurück in unseren Alltag. Unendlichkeit – wir sind bereit!

Zitate

LAURA

- „Was sind natürliche Zahlen?“ – 28.08.24 (Charlotte)
- „Kocht man mit der Kochkurve den Romanescokohl?“ – 29.08.24 (Thorsten)
- „Was ist hot (H_0t)?“ – 01.09.24 (Lukas)
- „Schreibst du jetzt mit Kreide auf Papier?“ – (Silas)
- „Ja, klappt voll gut.“ – 01.09.24 (Anna Lena)
- „Uh, Peppa $\pi g!$ “ – 02.09.24 (Laura)
- „Was hat Spider-Man mit Unendlichkeit zu tun?“ – 05.09.24 (Joakim)
- „Silas ist der Kompetenz-Gott.“ – 05.09.24 (Leticia)
- „Ich will nur wissen, was 5^2 ist.“ – 11.10.24 (Ignatius)
- „Ich versteh, was du meinst, Felix! Ich weiß, was du sagen willst, Felix! Felix!“ – 11.10.24 (Ignatius, den's absolut nicht interessiert)
- „Reden wir mal über das Dönerbrot!“ – 11.10.24 (Charlotte bei der Gruppenarbeit)
- „3034, mein Löwe, mein Bär, mein Baby“ – 11.10.24 (Charlotte)
- „Sophisticatete Quantifizierung“ – 12.10.24 (Constantin)

Anhang: Romanescokohlrezept

CHATGPT UND CHARLOTTE G.

Rezept für die Zubereitung von Romanescokohl
(gekocht mit der Kochkurve)

Zutaten:

- 1 Kopf Romanescokohl
- Salz
- Wasser

Zubereitung:

1. Vorbereitung: Romanescokohl gründlich waschen und in Röschen teilen.
2. Kochen: Einen Topf mit Wasser füllen, salzen und zum Kochen bringen (Kochkurve optional). Die Romanescokohl-Röschen hinzufügen.
3. Garzeit: Den Kohl 5–7 Minuten kochen, bis er zart, aber noch bissfest ist.
4. Abgießen: Röschen in ein Sieb abgießen und kurz abtropfen lassen.
5. Servieren: Nach Belieben mit etwas Olivenöl, Zitronensaft oder Butter warm servieren, genießen und einen Vortrag über Fraktale halten.



Kurs 5 – Was ist Gesundheit?



Einleitung

RICA MATTHÄUS

Haben Sie sich jemals gefragt, ob Sie gesund sind oder sich gesund fühlen? Wenn Sie sich mit mindestens einer dieser Fragen bereits befasst haben, ging es Ihnen wie den 13 Schülerinnen und Schülern des diesjährigen Medizinkurses, die während der zwei Akademiewochen eine Antwort auf die Frage: „Was ist Gesundheit?“, suchten.

Das Finden der Antwort war geprägt von Motivation, Begeisterung und Spaß, leider manchmal jedoch auch von stressigen Momenten wie fehlgeschlagene Messungen des Blutdrucks. Dabei fehlte es im Kurs fast nie an Teamgeist und Vertrauen, denn jeder konnte sich auf die Anderen verlassen, sei es beim Erstellen von Diagrammen zur Versuchsauswertung oder beim Messen des Blutdrucks für einen Versuch.

Die Kommunikationsfähigkeit wurde vor allem durch unsere Erfahrung beim Blindenfußball gestärkt, aber auch das Sportfest trug positiv zur Gruppendynamik bei, da sich alle gegenseitig fleißig anfeuerten. Folglich steigerte dies auch die Motivation. Der Schlachtruf: „Für die Gesundheit, für das Leben – wir werden alles geben!“, galt auch über das Sportfest hinaus, denn alle arbeiteten mit Wissbegierde und Ambition bis zur letzten Sekunde. Durch selbständiges Planen wurden aber auch andere Fähigkeiten, wie das Organisieren von Versuchen, verbessert und somit sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer sich auch ihrer eigenen Fähigkeiten bewusster geworden, was bei vielen zu einem stärkeren Selbstbewusstsein und Selbstvertrauen führte.

Neben den fokussierten Schülerinnen und Schülern gab es auch das Kursleitungsteam. Dank Sophia, der Tochter von zwei Kursleitern, blieb

die gute Laune nicht auf der Strecke. Viele Teilnehmerinnen und Teilnehmer kümmerten sich liebend gern um sie und spielten gerne mit der sieben Monate jungen „Kursleiterin“. Leider konnte sie verbal nicht so viele Kursinhalte gestalten wie die anderen aus dem Leitungsteam.

Letztendlich fanden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer eine Antwort auf ihre Leitfrage, die Sie nach der Vorstellung aller Beteiligten im Folgenden nachlesen können. Viel Spaß mit der Frage nach einer möglichen Definition von Gesundheit!

Unser Kurs

Lennie (der ständig vergessen wurde) ist ein unglaublich vielseitig begabter Mensch, sei es beim Sport mit seinen Tanzmoves, der Entwicklung unserer Diashow oder im fachlichen Bereich unseres Kurses. Er war immer sehr gechillt unterwegs und durch seine sympathische Art sowohl bei allen Teilnehmern als auch bei den Mentoren und dem Leitungsteam willkommen. In ein paar Jahren wird er bestimmt ein berühmter Tänzer sein.

Julian, der aus unerklärlichen Gründen Olli genannt wurde, überzeugte mit seinem ausgeprägten Sinn für Humor und seinem großen Wissen. Besonders beachtenswert war sein Fachwissen im Bereich Jura. In seiner Zukunft wird Julian/Olli Bundeskanzler der Bundesrepublik Deutschland, wobei ihn seine Präsentationskünste und Gestikulation ohne Zweifel weit bringen werden.

Melissa beeindruckte uns täglich mit ihrer Hilfsbereitschaft und ihrem Wissen. Von schwierigen Aufgaben ließ sie sich nicht einschüchtern und meisterte diese mit Brillanz. Auch ihr sympathisches Lächeln hat uns alle immer direkt berührt und angesteckt. Mit ihrer Menschenkenntnis und ihrem Engagement für andere ist sie perfekt als Chefärztin geeignet, um ein Team zu leiten und anderen Menschen zu helfen.

Finn gehörte zu den Sunnyboys unseres Kurses. Mit ihm gab es nichts, was keinen Spaß machte. Sein durch und durch motivieren-

der Humor ließ die Akademiezeit wie im Flug vergehen, wobei seine fachliche Kenntnis unantastbar ist. Finn ist die perfekte Kombination aus Kompetenz, Motivation und Humor – und das färbte auf uns alle ab! Wir wissen zwar nicht, was er in Zukunft wird, aber eins wissen wir: Er wird erfolgreich!

Lorena verbreitete immer gute Laune und trug zu einer positiven Atmosphäre im Kurs bei. Zudem war sie sehr offen und herzlich zu den anderen. In den Gruppenarbeiten war sie eine große Hilfe und arbeitete konzentriert mit. Zudem beeindruckte sie uns mit ihrem umfangreichen Sprachwissen. In ihrer Zukunft wird sie mit ihrer herzlichen Art eine perfekte Tierärztin.

Melina strahlte jeden Tag Entspannung aus und schaffte es, durch ihre ruhige sowie zuverlässige Art den Kurs zu unterstützen. Außerdem konnte die Gruppe dank ihr selbst in stressigen Momenten alles sorgfältig und gelassen angehen. Mit ihrer Intelligenz und ihren bedachten Entscheidungen wäre sie in Zukunft bei der Kriminalpolizei bestens aufgehoben.

Selina bereicherte mit ihrer freundlichen Art täglich den Kurs. Sie ließ sich trotz ihres gebrochenen Fingers während des Sommers nicht unterkriegen und behielt ihre Motivation stets bei. Besonders bemerkenswert sind ihre Spanischkenntnisse, wo sie sich durch ihr umfangreiches Wissen in Wortschatz und Grammatik auszeichnete. Auch Physik ist ein Themenbereich, der sie besonders fasziniert, weshalb es ihr Traum ist, Physik zu studieren.

Laura ist sehr engagiert und organisiert, was besonders in der Sommerakademie zum Vorschein kam. Sie brachte sich stets in allen Bereichen ein, wodurch der ganze Kurs sie als eine vorantreibende Kraft erlebte. Auch wenn sie noch nicht weiß, welchen Beruf sie in Zukunft ausüben möchte, wird sie bestimmt alle Herausforderungen meistern.

Max trug durch seine Vorkenntnisse und seine Fachsprache zum Vorankommen des Kurses bei und erklärte sich nicht selten freiwillig bereit, während der Arbeit auf die kleine

Sophia aufzupassen. Beim Auswerten und Erstellen von Statistiken sowie beim Arbeiten im Labor war er stets begeistert und bereicherte und faszinierte uns mit seinem Fachwissen. Mit seiner Wissbegierde für komplexe Fragen wird er in Zukunft einen wichtigen Beitrag in der Forschung leisten.

Jana nahm jede Aufgabe und jeden Auftrag aufmerksam wahr und half dem Team dabei, diese mit Richtigkeit erfüllen zu können. Dabei übernahm sie oft Verantwortung in bestimmten Bereichen und zeigte genauso viel Begeisterung für die Themen im Kurs wie für den Frühsport. Später möchte sie in der Medizin, in der Mathematik oder der Physik tätig sein.

Ramon unterhielt mit seinem außerordentlichen Humor täglich den gesamten Kurs. Er engagierte sich in den verschiedensten Themen im Kurs und wusste fast immer die richtige Antwort, welche er auf sympathische Art und Weise rüberbrachte. Außerdem war er Topscorer beim Blindenfußball. Mit seiner Empathie und Entschlossenheit wird er in Zukunft sicherlich eine erfolgreiche Arztpraxis führen.

Theresa ist eine unglaublich zielstrebige Person und beeindruckte uns alle mit ihrer Disziplin. Im Kurs überzeugte sie uns mit ihrem großen Vokabular und verfasste großartige Texte und Berichte. Hartnäckig arbeitete sie an herausfordernden Aufgabenstellungen und meisterte diese erfolgreich. Mit ihrer Willenskraft wird sie sich für ihre berufliche Karriere im Bereich der Forschung keine Steine in den Weg legen lassen.

Domi war zu jeder Zeit sehr motiviert. Sie bereicherte unseren Kurs mit ihrer kreativen Art ungemain, beispielsweise beim Design der Kurs- und Akademie-Shirts. Sie fiel nicht nur durch ihre zielstrebige Art, sondern auch durch ihre wunderschöne Druckschrift auf. Mit ihrem Interesse fürs Mikroskopieren und das Entstehen sowie den Verlauf von Krankheiten ist sie bestens als Virologin geeignet.

Rica war die antreibende Kraft und Motivation beim Sportfest und einer der klar zu nennenden Gründe für unser Endergebnis

als drittplatziertes Kurs an diesem Tag. Sie hatte stets ein offenes Ohr für alle unsere Anliegen und integrierte sich perfekt in das Kursleben, wodurch sie das Leitungsteam ideal vervollständigte.

Jana B. verwöhnte uns stets mit ihren selbstgemachten Köstlichkeiten. Sie behielt stets einen kühlen Kopf, hatte Verständnis und sorgte sich in jeder Situation um uns. Durch ihre langjährige Erfahrung half sie uns, sich auf die wichtigen Dinge der Akademie zu konzentrieren und vorzubereiten.

Felix ist immer voller Energie und half uns stets dabei, das Beste aus uns herauszuholen. Er motivierte uns immer mit dem Ziel, die 120 % zu erreichen. Durch seine wissenschaftlichen Kenntnisse passierte es manchmal, dass unsere Köpfe rauchten, dennoch lohnte es sich vollkommen, da wir das ganze Wissen anschließend mitnehmen konnten.

Hanna kümmerte sich immer liebevoll um ihre kleine Tochter Sophia und hatte ebenfalls ein Auge auf unser Wohlergehen. Die hilfreichen Tipps und das Teilen ihrer Erfahrungen aus ihrem Arbeitsgebiet machten es uns möglich, unsere eigenen Kursinhalte korrekt zu verstehen und anzuwenden.

Sophia (Mini-Leiterin) ist die Tochter von Felix und Hanna, sowie das Herzstück des Medizin-Kurses. Mit ihrer süßen Art und ihren sieben Monaten gelang es ihr, alle in ihren Bann zu ziehen. Sie war die tägliche Freude und auch der Sonnenschein, selbst an regnerischen Tagen.

Gesundheit

JANA STURM

Das Thema unseres Kurses war Gesundheit. Wir überlegten uns dabei, welche Faktoren die Gesundheit beeinflussen und wie wir sie definieren können. Am Eröffnungswochenende durften wir das erstmals selbst überlegen und unsere erste Definition zur Gesundheit war: „Gesundheit ist die Abwesenheit von Defiziten.“ Später veränderten wir unsere Definition, indem wir Defizite als körperliche Einschränkungen konkretisierten.

Während der Sommerakademie beschäftigten wir uns noch intensiver mit Gesundheit und lernten unter anderem die verschiedenen Einflussfaktoren besser kennen. Diese können vom Individuum beeinflussbar sein, sowie auch von der Umwelt oder der Gesellschaft ausgehen.

Individuelle Einflussfaktoren

Vom Individuum beeinflussbar ist zum Beispiel der Lebensstil. Wenn eine Person in großen Mengen Drogen oder auch Alkohol konsumiert, kann dies Schäden verursachen und damit die Gesundheit verschlechtern. Ernährt man sich aber ausgewogen und macht Sport, wirkt es sich positiv auf die Gesundheit aus, da so unter anderem das Herz-Kreislauf-System gestärkt wird.

Ein weiterer Faktor ist die Genetik, denn durch sie können Erkrankungen vererbt werden. Auch Vorerkrankungen, wie beispielsweise Leukämie, wirken sich auf die Gesundheit aus, denn dadurch werden weniger gefährliche Erkrankungen, wie eine Grippe, für betroffene Personen sehr viel bedrohlicher.

Des Weiteren beeinflusst die persönliche Resilienz (also Belastbarkeit) gegenüber Krankheiten, sowohl gegen psychische als auch gegen physische, das Wohlbefinden des Menschen. So können Personen mit einer hohen Resilienz die psychische und/oder die physische Gesundheit leichter aufrechterhalten. Auch das Geschlecht spielt eine Rolle bei der Gesundheit. An einigen Krankheiten erkranken beispielsweise nur Frauen oder Männer und zusätzlich ist das Risiko, an bestimmten anderen Krankheiten zu erkranken, geschlechtsspezifisch unterschiedlich.

Einflussfaktoren der Umwelt

Aber nicht nur das Individuum, sondern auch die Umwelt beeinflusst das Wohlbefinden. Eine Beeinträchtigung ist beispielsweise durch anhaltende tropische Hitze möglich. Diese kann sogar lebensgefährlich werden, denn bei Hitze ist oft das Herz-Kreislauf-System überfordert. Außerdem führt die Umweltverschmutzung, vor allem die der Luft, zu einem erhöhten Risiko für Atemwegserkrankungen.

Gesellschaftliche Einflussfaktoren

Ein Aspekt, der von der Gesellschaft ausgeht und sich auf die Gesundheit auswirkt, ist das Sozialleben. Denn wer nur allein zu Hause ist und sich nicht am gesellschaftlichen Leben beteiligt, ist gefährdeter, an psychischen Krankheiten wie Depressionen zu erkranken.

Die Gesellschaft kann unsere Gesundheit jedoch auch über die Schulbildung der Bevölkerung beeinflussen. Gibt es in einem Land kein gutes oder ein nicht funktionierendes Schulsystem, sind für die Gesundheit wichtige Berufsgruppen wie zum Beispiel Ärzte unterbesetzt, worunter dann die Bevölkerung leidet. Außerdem werden durch eine bessere Bildung der Bevölkerung sowohl das Lohnniveau als auch das generelle Gesundheitsbewusstsein erhöht, da sich mehr damit beschäftigt werden kann.

Zusammenhängend damit ist ein weiterer Faktor die wirtschaftliche Lage. Je besser es einem Land wirtschaftlich geht, desto mehr kann in das Gesundheitssystem, das Bildungssystem, die Wissenschaft und vieles mehr investiert werden und desto mehr Geld steht den Einzelpersonen zur Verfügung, um gesund leben zu können. Mit mehr Kapital vom Staat werden in der Wissenschaft demnach mehr Forschungen erhoben und folglich ist eine bessere Behandlung von Krankheiten möglich. Die persönliche wirtschaftliche Lage wirkt sich vor allem in Ländern ohne Gesundheitssystem aus. Denn dort müssen die gesamten Kosten einer Behandlung gezahlt werden, die sehr hoch sein können. Hier wird sich dann nicht nur die Frage gestellt, ob eine Behandlung hilft, sondern auch, ob man sie sich leisten kann.

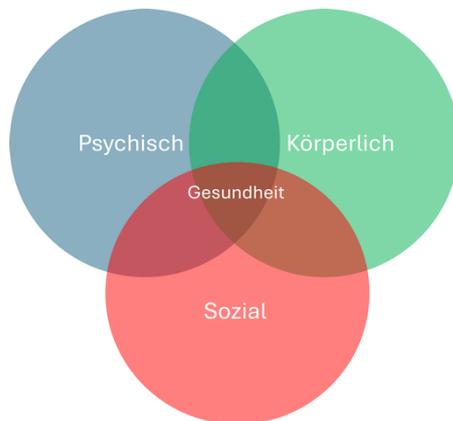
Präzisierte Definition Gesundheit

Nachdem wir die oben genannten Einflussfaktoren betrachtet und uns während der Sommerakademie noch detaillierter mit Gesundheit und Krankheit beschäftigt hatten, kamen wir zu dem Schluss, dass unsere erste Definition einige Menschen aufgrund ihrer Einschränkungen, die auf ihr Alter, auf Schäden von vergangenen Krankheiten oder auch auf angeborene Beeinträchtigungen zurückzuführen sind, als krank gelten lässt, was nicht richtig ist. Denn

zum Beispiel blinde Menschen, wie wir am Exkursionstag erfahren durften, führen ein Leben, welches nur sehr wenig eingeschränkt ist. Deshalb überarbeiteten wir unsere Definition und beschlossen, dass wir der Definition der WHO (World Health Organization/Weltgesundheitsorganisation) eher zustimmen würden:

„Gesundheit ist ein Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlergehens und nicht nur das Fehlen von Krankheit oder Gebrechen.“

Um diese Definition anschaulich zu machen, entwickelten wir eine eigene Grafik. In dieser wird verdeutlicht, dass eine vollständige Gesundheit erst möglich ist, wenn die Person körperlich, geistig aber auch sozial komplett gesund ist.



Zusammensetzung der Gesundheit.

Zusammenfassend haben wir gelernt, dass Gesundheit ein sehr umfangreiches Thema ist, das von vielen Einflüssen abhängt und aufgrund der Individualität eines jeden Menschen immer anders wahrgenommen werden kann.

Die weiteren Texte beleuchten verschiedene Aspekte der Gesundheit, die uns dabei halfen, das Thema Gesundheit besser verstehen und definieren zu können.

Fallbeispiele

JULIAN GERBLINGER, LAURA SEYBOLDT

Doch wie kann man Gesundheit bewerten, Krankheiten einstufen und sortieren? Ist ein Rheumapatient, der vermutlich nie mehr kom-

plett gesund wird, trotzdem gesünder als ein Krebspatient, der Hoffnung auf Heilung besitzt, dem es dafür aber akut schlechter geht?

Eine solche Entscheidung mussten wir bei vielen Fallbeispielen treffen: Wir setzten uns mit 13 verschiedenen Patientenakten auseinander – die Aufgabe: „Sortiert die Patienten von gesund bis nicht gesund!“ Anfangs lag uns nur die Beschreibung einer Situation anhand eines Textes vor und wir gingen die Aufgabe auf einer emotionalen Ebene an, wobei wir vor allem auf das aktuelle Wohlergehen achteten. Da alle Kursteilnehmerinnen und -teilnehmer bestimmte Aspekte jedoch mehr oder weniger gewichteten, war klar: Wir müssen uns auf stichfeste Kriterien einigen, um eine einheitliche Lösung zu finden.

Den momentanen Zustand definierten wir als Schweregrad. Im Deutschen beschreibt das Wort Schweregrad zum einen das Empfinden eines Patienten – also wie schlimm sich die Krankheit anfühlt – und zum anderen, wie schlimm sie aus ärztlicher Sicht ist. Im Englischen gibt es dafür jedoch zwei verschiedene Worte: „severe“ bedeutet, wie schwer es sich für den Patienten anfühlt, und „serious“ beschreibt den Schweregrad aus medizinischer Sicht. Da wir das Empfinden eines Patienten nicht bewerten können, konzentrierten wir uns für die Einordnung auf die „seriousness“. Sie beschreibt, wie schwerwiegend der Zustand des Patienten im Moment auf einer Skala von „gesund“ bis „tot“ ist. Wir ordneten die Patienten, die nahe am Tod waren, ganz links im Raum ein und die, die wenig Einschränkungen hatten, ganz rechts. In der Mitte waren die Patienten, für die ein Krankenhausaufenthalt notwendig war.

Da wir so aber in vielen Fällen nicht abwägen konnten, welcher Patient gesünder war, mussten wir für eine genauere Bewertung die Prognose mit einfließen lassen. In ihr werden die zu erwartende Dauer der Krankheit, die Vorerkrankungen des Patienten und die zur Verfügung stehenden Behandlungsmöglichkeiten berücksichtigt. Es wird eingeschätzt, ob der Patient wieder gesund werden kann oder nicht. Je nach Prognose haben wir die Patienten Richtung gesund oder ungesund verschoben.

Unser drittes Kriterium war der Lebensstil: Wurden Alkohol, Tabak oder andere Drogen zu sich genommen? Wurde regelmäßig Sport getrieben? War die Ernährung ausgewogen? Dieses Kriterium deklarierten wir jedoch als weniger ausschlaggebend; trotzdem war es nützlich, um die Patienten gegebenenfalls noch ein wenig besser voneinander differenzieren zu können.

Logischerweise ist ein Großteil dieser Aspekte nicht mit bloßem Auge zu erkennen, weshalb Labortests oder weitere Befragungen durchgeführt werden müssen. Diese Informationen (dazu gehören auch Blutbilder, allgemeine Patienteninformationen und -gewohnheiten) erhielten wir nach und nach. Mit jeder weiteren Aktenseite konnten wir die Krankheiten und Patienten besser einschätzen und so unsere Sortierung noch weiter ausbauen.



Gemeinsame Vorbereitung der Laborversuche.

Da beispielsweise der Fall des Schädel-Hirn-Trauma-Patienten eine gute Prognose auf vollständige Wiederherstellung seines vorherigen Gesundheitszustands hat und er zudem vor seinem Unfall einen guten Lebensstil hatte, ordneten wir diesen etwas gesünder ein. Einen Patienten, der zum Check-Up kam, schätzten wir zunächst sehr gesund ein. Da dieser jedoch aufgrund seiner Familiengeschichte und seines Lebensstils ein sehr hohes Risiko hatte, an Hautkrebs zu erkranken, stuften wir ihn etwas weniger gesund ein. Als sich diese Vermutung durch Laborergebnisse bestätigte, konnten wir ihn schließlich zu den Patienten, die am wenigsten gesund sind, einordnen.

Diese fiktiven Patientenakten begleiteten uns über die gesamte Akademiezeit und halfen uns dabei, unserer Kursfrage: „Was ist Gesund-

heit?“, mithilfe verschiedener Versuche objektiv auf den Grund zu gehen.

Einführung in die Statistik

LENNIE ERZ

Um die Versuche auswerten zu können, mussten wir uns aber erstmal mit der Berechnung des Mittelwertes und der Standardabweichung auseinandersetzen. Der Mittelwert ist der Durchschnittswert aus mehreren Zahlen. Die Standardabweichung ist die Streuung um den Mittelwert.

Der Mittelwert \bar{x} wird berechnet, indem man alle Werte $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ miteinander addiert und die Summe dann durch die Anzahl der Werte N teilt:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_N}{N}$$

Die Standardabweichung S hingegen ist ein wenig komplizierter. Dabei wird von jedem einzelnen Wert der zuvor berechnete Mittelwert subtrahiert, im Anschluss wird das Ergebnis daraus quadriert. Daraufhin müssen alle Ergebnisse miteinander addiert werden. Wenn man dann zum Beispiel das Ergebnis 8,3 bekommt, muss man diesen Wert noch durch die Anzahl der Werte minus eins dividieren und aus dem Ganzen die Wurzel ziehen.

$$S = \sqrt{\frac{((x_1 - \bar{x})^2 + \dots + (x_N - \bar{x})^2)}{N - 1}}$$

Nun konnten wir mit den Versuchen starten!

Schädel-Hirn-Trauma

LENNIE ERZ

Am Eröffnungswochenende begannen wir mit unserem ersten Versuch, indem wir uns mit einem Patienten auseinandersetzten, der ein Schädel-Hirn-Trauma erlitten hatte. Zuerst mussten wir allerdings recherchieren, was das überhaupt bedeutet.

Bei einem Schädel-Hirn-Trauma handelt es sich um eine Verletzung des Gehirns und gegebenenfalls auch des Schädels. Die Verletzungen können durch verschiedene äußere Gewalteinwirkungen zustande kommen, wie beispielsweise

einen Fahrradunfall. Zudem wird ein Schädel-Hirn-Trauma in verschiedene Kategorien eingeordnet, wobei man durch verschiedene Reaktionen unterschiedlich viele Punkte bekommen kann. Je „normaler“ man reagiert, desto mehr Punkte werden vergeben. Je weniger Punkte man bekommt, desto schwerwiegender ist das Schädel-Hirn-Trauma.

	Augen öffnen	Verbale Antwort	Motorische Reaktion
6			Befolgt Aufforderungen
5		Orientiert	Gezielte Abwehr
4	Spontan	Desorientiert	Ungezielte Abwehr
3	Auf Ansprache	Inadäquat	Abnorme Beugeabwehr
2	Auf Reiz	Unverständliche Laute	Abnorme Streckabwehr
1	Keine	Keine	Keine

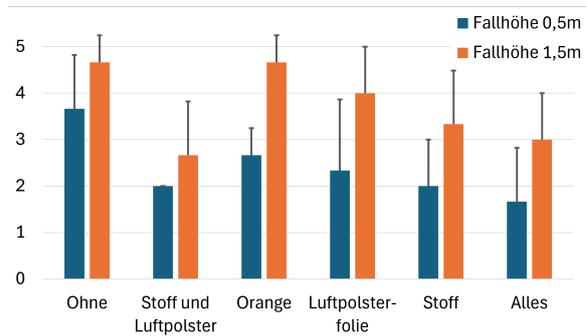
GSC-Skala zur Bewertung des Schweregrades eines Schädel-Hirn-Traumas.

Mit diesem Wissen wollten wir in Anlehnung an den Patienten testen, wie gut man bei einem Fahrradunfall mithilfe eines Helms den Kopf schützen kann. Dafür hatten wir ein Modell aus einer Tonkugel und darin einer Salzteigkugel, die jeweils Schädel beziehungsweise Gehirn simulieren sollten. Dieses Modell packten wir mit verschiedenen Materialien ein, wie zum Beispiel einer Orangenschale oder Luftpolsterfolie. Daraufhin nahmen wir pro Verpackungsmaterial sechs Kugeln, damit wir für zwei unterschiedliche Fallhöhen jeweils drei Kugeln verwenden konnten. Uns wurde vorgegeben, dass wir mindestens drei Kugeln pro Höhe fallen lassen sollen, weil ein Versuch erst nach mindestens drei Einzelmessungen richtig ausgewertet werden kann.

Vor Versuchsbeginn hatten wir zudem noch die bereits vorhandenen Schäden an den Kugeln markiert. Nachdem wir die Kugeln fallen gelassen hatten, mussten wir die neuen Schäden markieren.

Um die verschiedenen Kugeln miteinander vergleichen zu können, entwickelten wir anhand der Schäden eine Skala von 1–5. Eins stellt dabei den geringsten dazugekommenen Schaden dar und fünf den höchsten. Die Mittelwerte und Standardabweichungen unserer Messwerte konnten wir dann in ein Diagramm einfügen, um auswerten zu können, welches der verschie-

denen Verpackungsmaterialien sich am besten zum Schutz eignet.



Auswertung der Schutzwirkung verschiedener Materialien.

Wir konnten einige Dinge beobachten, beispielsweise, dass vor allem bei der höheren Fallhöhe die Orangenschale das Modell kaum geschützt hat. Der Wert wich nur gering von dem ohne Schutz ab. Die Erklärung dafür ist möglicherweise, dass die Orangenschale den Aufprall auf dem Boden eher schlecht absorbiert, da sie nicht gut nachgibt. Zudem wurde die Tonkugel von der Orangenschale angefeuchtet und dadurch aufgeweicht.

Blutdruck

JULIAN GERBLINGER, JANA STURM

Wir machten nicht nur Versuche zu einem bestimmten Fallbeispiel, sondern auch zu Werten, die alle Fälle betrafen, wie zum Beispiel dem Blutdruck und dem Puls. Der Puls kann selbst am Handgelenk oder am Hals gefühlt werden, während man den Blutdruck mit einem Blutdruckmessgerät misst. Aber was sind denn überhaupt Puls und Blutdruck?

Als Puls werden die Druckwellen bezeichnet, die durch das Pumpen des Blutes aus dem Herzen entstehen. Der Ruhepuls liegt zwischen 60 und 80 Schlägen pro Minute (min^{-1}).

Der Blutdruck wird in zwei Werte unterteilt: Den systolischen und den diastolischen Wert. Der Druck, der in den Gefäßen herrscht, wenn das Herz sich zusammenzieht und das Blut herausgedrückt wird, ist der systolische Wert. Als diastolischer Wert wird der Druck in den Gefäßen bei der Erschlaffung des Herzmuskels

und der erneuten Füllung des Herzens mit Blut bezeichnet.

Der Normwert beim Blutdruck liegt bei 120/80 mmHg (Millimeter Quecksilbersäule). Ein dauerhaft erhöhter Blutdruck ist gefährlicher als ein niedriger Blutdruck.

In den Versuchen, die wir zu diesen beiden Werten durchführten, ging es darum, wie sich Puls und Blutdruck bei verschiedenen Umständen verändern und ob ein Zusammenhang zwischen ihnen besteht.

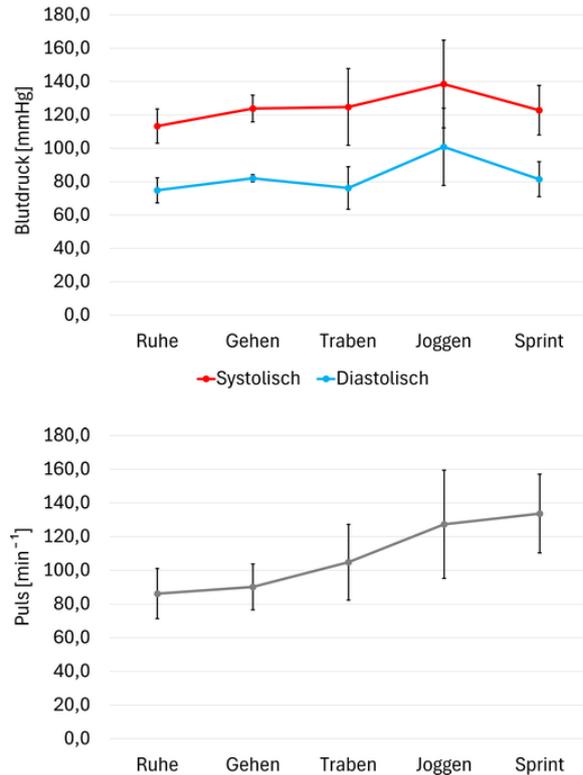
In der Versuchsreihe führten sechs Probanden jeweils zwölf Szenarien durch und unmittelbar danach wurden die Werte erfasst. Die Szenarien stellten Situationen von leichter bis zu starker Anstrengung dar, wie Ausdauerlauf oder Sprints, aber auch (mehr oder weniger) alltägliche Situationen wie Stehen für eine längere Zeit oder ein warmes oder kaltes Fußbad.

Bereits beim Messen der Werte im Ruhezustand konnten wir unsere erste Erkenntnis festhalten: Wir konnten sehen, dass sowohl der Blutdruck als auch der Puls je nach Person unterschiedlich hoch sind. Doch auch bei der gleichen Person konnten wir zu verschiedenen Zeiten verschiedene Werte beobachten.

Vitalparameter sind also sowohl interindividuell (bei mehreren Personen) als auch intraindividuell (bei einer Person) verschieden. Erkennbar ist das auch an den folgenden Graphen zur Auswertung. Die schwarzen senkrechten Striche zeigen die Streuung der Messwerte, also auch den interindividuellen Unterschied zwischen den Probanden.

Die ersten Versuche beschäftigten sich mit körperlichen Anstrengungen. Dabei konnten wir erkennen, dass beide Werte mit der Intensität steigen.

Eine Ausnahme zeigte sich beim Sprint. Der Blutdruck senkte sich hierbei plötzlich wieder ab. Wir denken, das liegt daran, dass der Körper sich nach der hohen Belastung sehr schnell wieder an den „Normalzustand“ anpasst. So schnell konnten selbst unsere automatischen Messgeräte nicht arbeiten. Vermutlich hätten wir die Werte noch während des Sprints erheben sollen, was jedoch die Wahrscheinlichkeit für Messfehler erhöht hätte.



Graphische Darstellung der Werte des Blutdrucks und Pulses bei körperlichen Anstrengungen.

Weitere interessante Erkenntnisse lieferten uns die Messungen beim Fußbad: Nach fünf Minuten im 40 °C warmen Wasser konnten wir feststellen, dass der Blutdruck signifikant sank. Beim kalten Wasser sah es sehr ähnlich aus. Das überraschte uns, denn wir erwarteten, dass sich die Blutgefäße im Warmen ausweiten, was den Druck darin senkt, sie sich im Kalten aber zusammenziehen, was den Druck erhöht. Weshalb das nicht der Fall war, können wir nicht sicher sagen. Eine mögliche Erklärung wäre, dass die Auffälligkeiten nicht vom Fußbad, sondern durch das Sitzen kommen. Es wäre interessant, hierzu weitere Untersuchungen durchzuführen, um diese Theorie eventuell zu bestätigen.

Zudem konnten wir beobachten, dass sich Blutdruck und Puls beim langen Stehen und Liegen ebenfalls verändern. Im Stehen sinkt der Blutdruck im Vergleich zum Sitzen, da das Herz unser Blut gegen die Schwerkraft pumpen muss. Auf diesen Blutdruckabfall reagiert der Körper, indem er die Frequenz des Herzschlages (also den Puls) erhöht. Jedoch sinken die Vitalparameter beim längeren Liegen ebenfalls. Unsere Annahme dafür ist, dass das Herz weniger Ener-

gie aufwenden muss, da es das Blut nicht gegen die Schwerkraft pumpt, was zur Senkung des Pulses und des Blutdrucks führt.

Zusammenfassend stellten wir fest, dass Blutdruck und Puls durchaus die gleichen Tendenzen zeigen können: Je höher die körperliche Belastung, desto eher steigen Blutdruck und Puls. Die Kurven können jedoch auch unterschiedlich verlaufen: Je ausgedehnter die Gefäße, desto niedriger der Blutdruck, wobei der Puls unverändert bleibt.

Nicht zu vernachlässigen ist auch der interindividuelle Unterschied. Jede Person reagiert anders auf bestimmte Bewegungen, weshalb es nur möglich ist, den Blutdruck und den Puls in ihrer Tendenz vorherzusagen. Dies bedeutete für unseren Versuch außerdem, dass wir die erhobenen Werte immer in Relation zum jeweiligen Ruhewert betrachten mussten.

Blutzucker

LAURA SEYBOLDT, RAMON UHRIG

Nachdem wir uns mit dem Thema Blutdruck intensiv auseinandergesetzt hatten, beschäftigten wir uns mit einem Bestandteil des Blutes, dem Zucker. Der Blutzuckerspiegel ist der Anteil von Glukose, der bei einem Menschen im Blut in gelöster Form vorhanden ist. Das wollten wir mithilfe eines Versuchs verdeutlichen.

Für den Versuch hatten sich drei Probanden zur Teilnahme bereit erklärt, die unterschiedliche Voraussetzungen hierfür hatten:

- Proband 1: eine Mahlzeit am Morgen mit einer hochdosierten Zuckerlösung
- Proband 2: Nüchternheit mit einer hochdosierten Zuckerlösung
- Proband 3: eine Mahlzeit am Morgen ohne eine hochdosierte Zuckerlösung

Die Blutzuckerspiegel der Probanden wurden über einen Zeitraum von einer Stunde und 45 Minuten gemessen und miteinander verglichen.

Zuerst haben Proband 1 und Proband 3 ab 7:45 Uhr ihr Frühstück gegessen. Gegen 10 Uhr nahmen Proband 1 und Proband 2 die hochdosierte Zuckerlösung zu sich. Direkt danach

startete die Messung; für eine Stunde im zehnmütigen, daraufhin dreimal im fünfzehnmütigen Rhythmus.

Um mögliche Messfehler gering zu halten, mussten sich die Probanden vor der Messung ihre Hände mit Wasser und Seife waschen und abtrocknen. Die Messung des Blutzuckers konnten wir Kursteilnehmerinnen und -teilnehmer selbst mithilfe eines digitalen Blutzuckermessgeräts und einer Stechhilfe an den Probanden durchführen. Bei einer Messung des Blutzuckers wird einer Person mit der Stechhilfe seitlich in einen beliebigen Finger gestochen, ein Teststreifen in das digitale Gerät eingeführt und mit diesem einen Tropfen des ausfließenden Bluts aufgenommen. Das Gerät berechnet den gelösten Zuckergehalt im Blut und gibt diesen in Milligramm pro Deziliter an. Um uns selbst vor Blutkontakt zu schützen, mussten Handschuhe getragen werden.

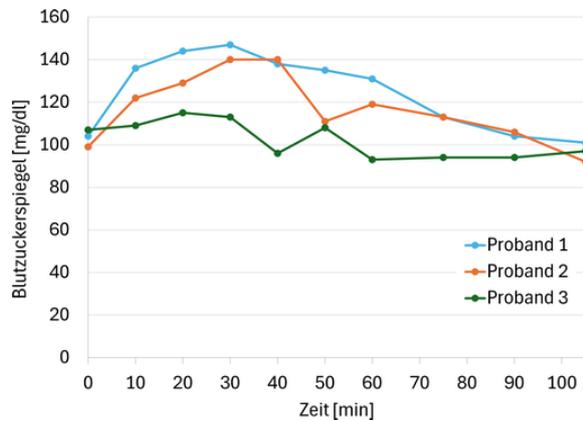


Durchführung unseres Blutzuckerversuchs.

Die Ergebnisse wurden in eine Tabelle übertragen und ein Diagramm erstellt, mit dessen Hilfe wir den Versuch auswerteten. Beim Auswerten der Ergebnisse fiel auf, dass der Blutzucker bei Testperson 1 und 2 stieg, während er bei Testperson 3 konstant blieb. Das entsprach unserer Erwartung. Ein normaler Blutzuckerspiegel liegt bei ca. 100 mg/dl, was wir durch Testperson 3 bestätigen konnten.

Nach etwa 30 Minuten erreichten die Testpersonen 1 und 2 den höchsten Blutzuckerspiegel. Danach sank dieser wieder. Der Blutzucker stieg bei Testperson 1 etwas stärker an, auf 147 mg/dl 30 Minuten nach Einnahme der Zuckerlösung, bei Testperson 2 stieg er nur auf 140 mg/dl. Unsere Erwartung war jedoch,

dass der Blutzuckerspiegel bei Proband 2 am höchsten ansteigen würde, da dieser anfangs nüchtern war.



Verlauf des Blutzuckerspiegels.

Bei nüchternen Personen, die eine Zuckerlösung trinken, steigt der Blutzucker normalerweise höher an, da bei ihnen noch kein Insulin gebildet wurde, welches dafür sorgt, dass der Blutzuckerspiegel sinkt. Bei uns war dies nicht der Fall.

Dazu stellten wir mehrere Theorien auf: Zum einen könnte das ein einfacher Messfehler sein, da das Blut beispielsweise durch Feuchtigkeit an der Hand, wenn die Hände nach dem Waschen nicht richtig abgetrocknet wurden, verdünnt und daher ein niedrigerer Blutzucker angezeigt wurde.

Ein anderer Grund für die Abweichung von unserer Erwartung könnte sein, dass die nüchterne Person mehr in Bewegung war und den Blutzucker daher schnell wieder abgebaut hat, bevor er so hoch ansteigen konnte.

Die dritte Möglichkeit ist, dass Testperson 1 zum Frühstück ein Müsli mit Haferflocken gegessen hatte. In Haferflocken ist Mehrfachzucker enthalten. Dieser wird langsamer abgebaut als Einfachzucker und erhöhte daher möglicherweise noch den Blutzuckerspiegel. Der hohe Wert kam also nicht allein von der Zuckerlösung, sondern auch von den Haferflocken. Zudem könnte es sich prinzipiell auch um einen allgemeinen Messfehler oder um interindividuelle Unterschiede im Stoffwechsel der Personen handeln.

Insgesamt lernten wir während dieses Versuchs viel über Blutzucker und wie man diesen misst:

Es gibt Normwerte, die angeben, in welchem Bereich der Blutzuckerwert liegen sollte und wie hoch er steigt. Wie schnell jemand den Blutzucker abbaut, ist aber bei jeder Person unterschiedlich. Bei einer gesunden Ernährung wird darauf geachtet, dass der Blutzuckerspiegel nicht unnötig oft erhöht wird und besonders hohe Ausschläge vermieden werden. Daher gehört zu einer gesunden, ausgewogenen Ernährung dazu, dass man Süßigkeiten in Maßen isst, da diese natürlich den Blutzuckerspiegel schnell ansteigen lassen.

Es bereitete uns allen sehr viel Spaß, im Labor zu arbeiten, selbst Blutzucker zu messen, die Messungen auszuwerten und mehr über den Blutzucker zu erfahren.

Exkursion

MELISSA HORRAS, LORENA MORARIU

Nach den ganzen wissenschaftlichen Experimenten durften wir uns einen Tag Pause gönnen. Mit dem Bus fuhr der ganze Kurs nach Gernsheim, südwestlich von Darmstadt, um sich intensiver mit dem Thema „körperliche Einschränkungen“ und barrierefreiem Sport auseinanderzusetzen.

Marcel Heim, der vor 19 Jahren erblindete und in der Bundesliga im Blindenfußball aktiv war, gab uns einen eindrucksvollen Einblick in seinen Sport. Doch der Blindenfußball unterscheidet sich von dem Fußball, den wir bisher kannten: Logischerweise setzten wir Schlafmasken auf, damit auch wirklich alle Spielerinnen und Spieler nichts sehen konnten. Der Spielball ist ein spezieller Ball, der prinzipiell etwas schwerer ist, damit er schneller wieder auf dem Boden landet. Außerdem raschelt er, damit die Spieler ihn, auch ohne ihn zu sehen, lokalisieren können.

Um uns einen ersten Eindruck von den neuen Gegebenheiten zu verschaffen, probierten wir zunächst einige Grundübungen, wie zum Beispiel das Dribbeln, Passen und Schießen, aus. Das fiel uns zu Beginn relativ schwer und war ungewohnt, was sich jedoch im Laufe der Zeit verbesserte. Schließlich konnten wir nach einigen Übungen ein richtiges Spiel spielen, welches

sich nur wenig vom herkömmlichen Fußball unterscheidet. Zusätzlich zu den 4 Feldspielern gibt es noch einige sehende Akteure: Der Torwart kann seiner Verteidigung, da er sehend ist, Anweisungen geben. Der Coach darf ebenfalls Tipps geben. Der „Guide“ befindet sich hinter dem gegnerischen Tor und kann durch Rufe signalisieren, wo sich das Tor befindet und wohin die Spieler schießen müssen.

Äußerst wichtig ist es, dass nicht nur die Guides mit den Spielern sprechen, sondern dass sich die Spieler auch untereinander verständigen. Damit das Spiel nicht mit einem Ergebnis von null zu null endet, spielten wir ohne Torwart und dafür mit einem zusätzlichen Guide hinter dem eigenen Tor.

Während des Spiels fiel uns auf, wie schwer es ist, die Orientierung zu behalten und zu wissen, wo sich der Ball befindet. Die wohl wichtigste Grundlage dieses barrierefreien Sports ist die Kommunikation.



Aufwärmen vor dem Blindensport.

Zusätzlich zu unserem Eindruck vom Blindenfußball besuchten wir anschließend Marcel Heims eigenes Dunkelcafé „RealBlind“, ein Erlebnis-Restaurant im Dunkeln. Bereits auf dem Fußweg dorthin fiel uns auf, wie wichtig es ist, auf sein Umfeld zu achten und alle Sinne zu nutzen, um sich im alltäglichen Leben zurechtzufinden.

Im Café angekommen, führte uns der Besitzer in einer langen Schlange in einen völlig abgedunkelten Raum. Alle Teilnehmerinnen, Teilnehmer, Kursleiterinnen und Kursleiter wurden einzeln zu Tischen geführt, von wo aus wir selbstständig versuchten, den Weg zur Theke zu finden. An der Theke konnte man anschlie-

ßend kleine Snacks kaufen. Dabei lernte jeder von uns, wie sich verschiedene Münzen anfühlen. Eine 50-Cent-Münze hat zum Beispiel im Vergleich zu einer 20-Cent-Münze am Rand viel mehr Einkerbungen und fühlt sich schwerer an. Den Raum verließen wir, ohne zu wissen, wie er im Hellen wirklich aussieht, damit sich unsere Vorstellungskraft den Raum selbst ausmalt.

Für jeden von uns war dieser Tag eine einmalige und sehr eindrucksvolle Erfahrung, aus der wir viel Neues lernen konnten. Wir kamen zu dem Schluss, dass Kommunikation eine unverzichtbare Rolle im Alltag und im Umgang mit anderen spielt. Gerade, wenn nicht alle Sinne ideal funktionieren, muss man umso mehr auf die restlichen Sinne achten und diese nutzen. Ebenso konnten wir an unserem Exkursionstag feststellen, welche zentrale Rolle Inklusion spielt. Inklusion für Menschen mit Behinderung beinhaltet das Einbeziehen und Teilhabenlassen von Menschen mit unterschiedlichen Fähigkeiten in allen Bereichen des Lebens, sei es in der Bildung, am Arbeitsplatz oder im Sport. Menschen mit Behinderung sind ein wertvoller Teil der Gesellschaft. Es ist wichtig, Barrieren abzubauen und eine Umgebung zu schaffen, in der alle Menschen gleichberechtigt teilhaben können und sich wohlfühlen.

Körperliche Einschränkungen

MELINA RÖSCH, SELINA ROSEWICH

Inspiziert von unserer Exkursion wollten wir herausfinden, ob das Gelände des Eckenberg-Gymnasiums barrierefrei ist und wie es sich anfühlt, mit weiteren körperlichen Einschränkungen den Alltag zu bewältigen. Hierfür meldeten sich freiwillige Testpersonen, die unterschiedliche körperliche Einschränkungen nachahmten. Zwei dieser Testpersonen liefen mit Krücken über den Campus, die beiden weiteren Freiwilligen schoben einen Kinderwagen über das Grundstück. Dabei stießen sie auf einige Hindernisse, die auch Rollstuhlfahrern Probleme bereiten würden.

Laut Aussage der Testpersonen war das Laufen mit einer Gehhilfe anstrengend und zeitaufwendig. Zudem berichteten sie von schmerzenden Handflächen, Gleichgewichtsproblemen

und schneller Erschöpfung. Die Kinderwagenfahrer (Rollstuhlfahrer) erzählten, dass sie große Umwege fahren mussten und unebene Flächen eine Herausforderung darstellten, da der Kinderwagen hier unkontrolliert beschleunigen beziehungsweise abbremsen konnte. Ohne Unterstützung von außen wäre es außerdem mit dem Kinderwagen oder einem Rollstuhl nicht möglich, die zahlreichen Treppen der Gebäude hinaufzukommen. Abschließend lässt sich festhalten, dass die körperlichen Einschränkungen von vielen Menschen zwar berücksichtigt werden, aber die Unterstützung in vielen Bereichen und Situationen noch ausbaufähig ist.



Links: Gruppenfoto der Testpersonen.
Rechts: Treppensteigen mit Krücken.

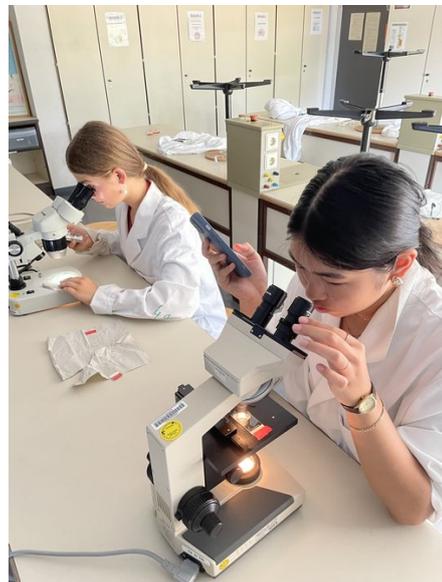
Mikroskopie

DOMI XIXUAN ZHU

Nachdem wir so viel auf dem Campus unterwegs waren, kehrten wir ins Labor zurück, um der Frage: „Was ist Gesundheit?“, im ganz kleinen Maßstab auf den Grund zu gehen. Dazu bekamen wir von Wissenschaftlern des Leibniz-Instituts für Alternsforschung – Fritz-Lipmann-Institut e.V. Jena die Möglichkeit, in eine andere Welt einzutauchen – und zwar in die Welt unter dem Mikroskop. Dort nahmen wir verschiedene histologische Proben genau unter die Lupe, oder besser gesagt unter das Mikroskop, um uns die physische Gesundheit, also die körperliche Vollkommenheit, noch einmal im Detail anzuschauen.

Das erste Präparat, das wir unter dem Mikroskop untersuchen durften, war das einer Mauseniere. Von dieser gab es allerdings nicht nur

ein Präparat, sondern direkt zwei, nämlich eins einer gesunden Mauseniere und eins einer kranken. Die Niere ist dafür zuständig, Giftstoffe, die zum Beispiel über die Nahrung aufgenommen wurden, durch die Urinproduktion wieder aus dem Körper auszuscheiden. Am Präparat der kranken Mauseniere konnten wir eine Vielzahl großer Zysten (mit Flüssigkeit gefüllte Hohlräume) beobachten, welche beispielsweise durch Entzündungen entstehen können. Diese zeichneten sich durch sehr deutliche „Löcher“ aus. Obwohl die kranke Niere trotz der Zysten teilweise die normalen Gewebestrukturen besaß, konnten wir viel weniger kleine Kügelchen beobachten, die sich nach genauerer Untersuchung als Nierenkörperchen herausstellten. Diese Nierenkörperchen sind dafür zuständig, das Blut zu filtern, und aufgrund eines Defizits an diesen Körperchen lässt sich schließen, dass diese mit Zysten erkrankte Niere keine optimale Leistung mehr erbringen konnte. Die gesunde Maus hatte keine dieser Löcher und besaß eine normale Gewebestruktur mit ausreichend Nierenkörperchen.



Schülerinnen beim Mikroskopieren.

Ein weiterer Vergleich erfolgte mit zwei Zebrafisch-Blut-Präparaten: ein Herz, das einen Herzinfarkt erlitten hatte, und ein Herz im Normalzustand. Ein Herzinfarkt wird meist von einem Verschluss einer oder mehrerer Herzkranien verursacht, was zur Folge hat, dass ein Teil des Herzmuskels keinen Sauerstoff mehr

bekommt. Dadurch stirbt dann der Teil des Muskelgewebes ab und wird danach durch Narbengewebe ersetzt. Dieses Narbengewebe konnte man im Gewebeschnitt erkennen, da es im Vergleich zum normalen Muskelgewebe in einem dunkleren Rot gefärbt war. Ebenfalls interessant ist, dass der Zebraäbrbling das Narbengewebe innerhalb weniger Wochen wieder komplett durch Muskelgewebe ersetzen kann und sich somit wieder vollständig regeneriert.

Als letztes durften wir neben diesen krank-/gesund-Vergleichen auch noch einen alt/jung-Vergleich betrachten. Hierfür wurden uns Gonaden-Präparate zur Verfügung gestellt. Die Gonaden, auch bekannt als Keimdrüsen, sind Teil der Fortpflanzungsorgane. In diesem Fall mikroskopierten wir die Eierstöcke. Wir konnten dabei sehr genau die Anzahl der Eizellen eines alten und eines jungen Fischweibchens vergleichen. Vergleichbar mit der Entwicklung des Menschen konnten wir beim jungen Fischweibchen viel mehr Eizellen beobachten als beim alten.

Diese Tatsache ist biologisch bedingt und solche Alterserscheinungen kommen bei jedem Lebewesen vor. Aber ist das ältere Fischweibchen jetzt weniger gesund, weil es weniger Eizellen besitzt und ihm sozusagen etwas „fehlt“?

Alterssimulation

FINN NOAH KLEIN, MAXIMILIAN SLABON

Da dies beim Menschen auch so ist, setzten wir uns daraufhin mit dem Altern auseinander. Dabei merkten wir, dass im Prozess des Alterns durchaus körperliche Defizite auf natürliche Weise entwickelt werden können. Sind Senioren, die körperlich eingeschränkt sind, damit automatisch krank?

Für die Diskussion dieser spannenden Frage bekamen wir vom Leibniz-Institut für Altersforschung – Fritz-Lipmann-Institut e.V. Jena dankenswerterweise einige Utensilien gestellt, mit denen wir mit dem Altern verbundene körperliche Defizite simulieren konnten. Diese betrafen verschiedene Sinne und für den Alltag elementare Fähigkeiten.

Eine Einschränkung von älteren Menschen kann der Ruhetremor sein. Ein Tremor ist ein Zittern, das im Ruhezustand des Körpers auftritt und bei gezielten Bewegungen geringer wird. Er kann im Allgemeinen durch verschiedene Krankheiten, aber eben auch durch den Alterungsprozess bedingt sein. Zusammen mit einem verminderten Tastsinn kann er viele Situationen im Alltag erschweren, bei denen man auf Feinmotorik angewiesen ist.

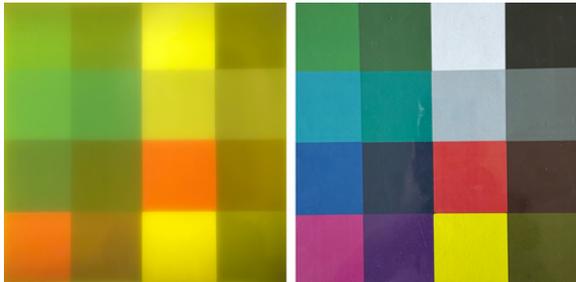


Schreibübungen mit dem Tremorstift.

Exemplarisch dafür haben wir das Schreiben mit einem Tremorstift ausprobiert. Der Stift vibriert und simuliert das Zittern. Hier die Erfahrung eines Teilnehmenden: „Am Ende merkt man durchaus, dass das Schreiben viel Konzentration erfordert, auch wenn man versucht, sich dabei keinen Kopf zu machen. Im Endeffekt achtet man trotzdem auf seinen Schreibstil, man merkt an der Hand, dass es viel Kraft erfordert. Aber wenn ich meine Schreibschrift betrachte, finde ich es ist im Großen und Ganzen deutlicher als beim ersten Mal, bei welchem ich mir einen Kopf darum gemacht habe. Die Druckschriftbuchstaben gestalten sich zwar einzeln betrachtet klarer, aber trotzdem als schlechter lesbar.“

Ein weiteres Phänomen, das wir kennenlernen durften, ist die altersbedingte Farbwahrnehmungsstörung. Dafür setzten wir eine Brille ein, die die Farbwahrnehmung verändert. Die Testperson sagte hierzu, dass es sehr schwer war, Farben wie Grün und Blau oder auch Gelb und Weiß zu unterscheiden. Das liegt daran, dass es so scheint, als würde man die Welt durch einen leichten Gelbfilter anschauen, und ist der Tatsache geschuldet, dass mit der Zeit Zapfen im Auge absterben, welche für die Farbwahrnehmung zuständig sind. Ein weiterer Grund ist auch,

dass es zu Proteinablagerungen in der Linse des Auges kommt. Diese wird dadurch gelblich. Daher kann kurzwelliges Licht sie nicht mehr so gut durchdringen und es kommt zu einer Farbwahrnehmungsstörung. In der Abbildung können Sie selbst die einzelnen Farbquadrate miteinander vergleichen und sehen, wie ähnlich manche Farben zueinander sind.



Fotos einer vom Leibniz-Institut für Alternsforschung – Fritz-Lipman-Institut e.V. Jena zur Verfügung gestellten Farbkarte.

Links: Veränderte Farbwahrnehmung im Alter.

Rechts: Normale Farbwahrnehmung.

Ein weiterer Sinn, der von Veränderungen betroffen ist, ist der Tastsinn. Hier ist es so, dass ganz alltägliche Dinge schwerer werden, wie zum Beispiel das Schnürsenkelbinden, das Er-tasten von verschiedenen Oberflächen oder auch das Greifen. Die Veränderung entsteht, weil Nerven absterben und Gelenke sich mit zunehmendem Alter versteifen können. Auch das durften wir selbst ausprobieren. Wir zogen Handschuhe an, wodurch die Hände schwerer zu bewegen sind und man ein verändertes Wahrnehmungsgefühl hat.

Zudem kann es im Alter zu Hörproblemen kommen. Eines davon ist der Tinnitus, bei dem man ein ständiges Piepen hört. Mit einem MP3-Player und einem Kopfhörer konnten wir verschiedene Arten des Tinnitus nachbilden. Eine Testperson beschrieb die Geräusche: „Der erste Ton ist mittelhoch, nicht besonders laut, an sich aushaltbar, aber die schiere Länge wird diesen Ton unerträglich gestalten. Der zweite Ton hingegen erweist sich als relativ hoch und muss mit der Zeit auch sehr unangenehm sein – oder? Könnte man sich vielleicht sogar daran gewöhnen? Sicher bin ich mir jedenfalls nicht. Wie ein verpixelter Fernseher, rauschend aufgrund eines fehlenden Signals, so könnte

man den dritten Ton anschaulich darstellen. Anders hingegen verhält es sich jedoch beim vierten Ton, man denkt fast man wäre im Wald, gänzlich alleine, von jeglicher Menschenseele unendlich weit entfernt, in der rauschenden Natur.“ Trotzdem können die Betroffenen auch durch die im ersten Moment wenig unangenehmen Geräusche stark in ihrer Lebensweise eingeschränkt werden, man darf diese Effekte nicht unterschätzen.

Abschließend möchten wir uns noch beim Leibniz-Institut für Alternsforschung – Fritz-Lipman-Institut e.V. Jena herzlich bedanken, dass wir diese Erfahrungen machen durften und nun Wissen und Verständnis in einem deutlich höheren Maße darbieten können.

Um im hohen Alter möglichst wenige Einschränkungen zu haben, ist es wichtig, schon früher im Leben auf einen gesunden Lebensstil zu achten. Ein Faktor hierbei ist eine ausgewogene Ernährung, mit der wir uns auch beschäftigten.

Ernährung

Theresa Unz

Ein erstes Hilfsmittel für ausgewogene Ernährung ist die Ernährungspyramide. Sie ist ein Modell, das zeigen soll, in welchem Verhältnis man verschiedene Lebensmittel und Getränkegruppen zu sich nehmen sollte. Als Basis zeigt die Pyramide Wasser und Tee. Diese sollten in großen Mengen getrunken werden, da unser Körper zu einem sehr großen Teil aus Wasser besteht.

Anschließend sieht man in der Ernährungspyramide Gemüse und Obst. Es ist dabei wichtig, mehr Gemüse als Obst zu sich zu nehmen, da Obst viel Fruchtzucker enthält. Beides beinhaltet jedoch viele Vitamine.

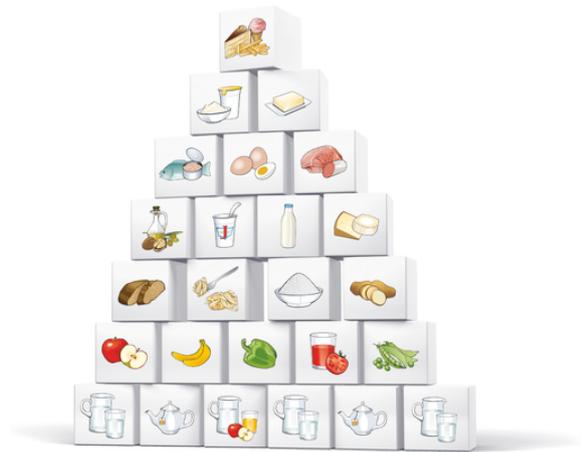
Als nächstes werden Getreideprodukte, Reis und Kartoffeln aufgeführt, denn diese haben viele Kohlenhydrate, die der Körper benötigt.

Es folgen Öle, verschiedene Milchprodukte und Nüsse, die viele gesunde Fette enthalten, aber in geringerem Maße konsumiert werden sollten, da der Körper nicht sonderlich viel davon bekommen muss.

Darüber sieht man tierische Produkte wie Eier, Fleisch und Fisch. Sie enthalten viele wertvolle Nährstoffe, aber auch viele gesättigte Fettsäuren. Deshalb sollte man diese Dinge nur in kleineren Mengen essen.

In einer weiteren Gruppe befinden sich Milchprodukte wie Sahne und Butter mit einem hohen Anteil an gesättigten Fettsäuren. Diese sollten sehr wenig konsumiert werden.

Ganz an der Spitze befinden sich Süßigkeiten und Fastfood. Der Verzehr davon sollte auf ein Minimum beschränkt werden, da viel Einfachzucker, Fett und Salz enthalten sind. Zudem ist es die einzige Stufe der Ernährungspyramide, die der Körper theoretisch gar nicht zum Überleben benötigt.



Ernährungspyramide.¹

Allgemein ist es wichtig, zu erwähnen, dass unser Körper viele verschiedene Nährstoffe, Mineralstoffe, Ballaststoffe und Vitamine benötigt, die zusammen zu einer gesunden Ernährung beitragen. Eine Merkhilfe hierfür lautet: „Bunt ist gesund!“ Das bedeutet, man sollte möglichst vielfältig essen. Man kann alle Lebensmittel dieser Pyramide konsumieren, solange es sich in Maßen hält. Schließlich braucht der Körper viele verschiedene darin enthaltene Stoffe, jedoch in unterschiedlichen Mengen: „Die Dosis macht das Gift.“

Des Weiteren ist es empfohlen, zur Hälfte pflanzlich zu essen, also Gemüse und Obst zu sich zu nehmen. Ein Viertel der Lebensmittel,

die man zu sich nimmt, sollte kohlenhydrathaltig sein und ein weiteres Viertel proteinhaltig.

Ein anderes Hilfsmittel bei der Auswahl von gesunden Lebensmitteln kann der Nutri-Score sein. Dieser sortiert Lebensmittel in Kategorien von A (gesund) bis E (ungesund) ein. Jedes Lebensmittel bekommt zuerst in verschiedenen Bereichen Plus- und Minuspunkte aufgrund der enthaltenen Nährstoffe. Anhand der dadurch entstandenen Gesamtpunktzahl werden die Produkte anschließend in die verschiedenen Kategorien eingeordnet. Der Buchstabe auf der Verpackung soll dann zeigen, wie gesund das Lebensmittel ist, damit die Käufer entscheiden können, ob sie es kaufen und essen möchten.

An der Umsetzung gibt es jedoch einige Kritikpunkte. Zum einen gibt es verschiedene Nutri-Scores für verschiedene Lebensmittelgruppen, wie zum Beispiel für Getränke und Tiefkühlprodukte. Dadurch können Pommes Frites den gleichen Nutri-Score wie Wasser haben, nämlich A, auch wenn diese Produkte keinesfalls gleichzusetzen sind.

Zudem wird nicht auf die Menge eingegangen, in der man die Produkte zu sich nehmen sollte. Aufgrund dieser Faktoren kann der Nutri-Score zu Verwirrung führen und man sollte lieber auf die Nährwertangaben von Lebensmitteln achten, statt sich nur auf den Nutri-Score zu verlassen.

Doch woher wissen all dies? Wie können wir diese Daten erheben, um daraus Schlussfolgerungen zu ziehen? Mit diesem Thema beschäftigt sich der folgende Beitrag.

Studienmethoden

MAXIMILIAN SLABON

Beweise, wir brauchen Beweise! In der Medizin kommen die verschiedensten Therapien und Medikamente zum Einsatz, da wäre es doch durchaus nützlich zu wissen, was wie gut funktioniert und welche Methoden welche Nebenwirkungen haben, oder? Auf unterster Stufe der evidenzbasierten (Evidenz = nachgewiesener Zusammenhang) Medizin steht hier die anekdotische Evidenz: „Mir hilft das auch immer!“, „Aber Tante Erna hat’s geholfen!“, all

¹Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Magnus Manske, CC BY-SA 3.0 DE)

das sind gute Beispiele, die den niedrigen Evidenzgrad von Erfahrungsberichten aufzeigen. Viele Faktoren, wie der Placeboeffekt, der natürliche Krankheitsverlauf oder auch die Zuwendung, können einer scheinbaren Besserung zugrunde liegen. Menschen neigen dazu, aus einem zeitlichen Zusammenhang automatisch einen ursächlichen zu formen.

Um bessere Belege anführen zu können, müssen wir eine klinische Studie durchführen. Im Idealfall fertigen wir eine Interventionsstudie an, bei der man aktiv Experimente durchführt, um kausale (ursächliche) Zusammenhänge zu erkennen. Hierbei ist der Goldstandard die doppelt verblindete, randomisierte, kontrollierte Studie (RCT). Diese Studienart ist nachgewiesenermaßen die beste, um eine eindeutige Fragestellung zu beantworten und Kausalitäten empirisch zu belegen.

Doch was macht dieses Studiendesign so gut? Der erste wichtige Faktor ist die Randomisierung. Diese bedeutet, dass die Zuordnung zu einer Behandlungsgruppe nach dem Zufallsprinzip erfolgt. So kann einerseits die Einflussnahme des Untersuchers ausgeschlossen werden, andererseits wird sichergestellt, dass die beiden Gruppen gleiche bekannte und unbekannte Einflussfaktoren haben, wie zum Beispiel Vorerkrankungen oder das Alter. Dafür müssen ausreichend viele Probanden zur Studie hinzugezogen werden.



In Theorieeinheiten rauchten die Köpfe. Trotzdem wurde zeitgleich die Mini-Leiterin liebevoll betreut.

Bei dem zweiten wichtigen Faktor handelt es sich um die Kontrolle. Die von uns zufällig zusammengestellten Gruppen werden am Ende miteinander verglichen. Doch einfach so können wir die beiden Gruppen, eine mit Medikament und eine ohne, nicht miteinander vergleichen.

Warum ist das so? Gut, natürlich können wir beide vergleichen, die Ergebnisse wären jedoch nicht sehr aussagekräftig. Das liegt am sogenannten Placeboeffekt, wegen dem der Patient eine Besserung spürt, ohne echte Wirkstoffe bekommen zu haben. Um ausschließlich den Effekt der Medikamente zu ermitteln, sollte unsere Kontrollgruppe ein Placebo, im Falle eines Medikaments eine Tablette ohne die Wirkstoffe, erhalten. So können wir sicherstellen, dass potenzielle Wirkungsunterschiede allein auf den Wirkstoff zurückzuführen sind. Nun ist unsere Studie einfach verblindet.

Um restliche Zweifel zu minimieren, sollten auch die behandelnden Ärztinnen und Ärzte nicht wissen, ob sie das Medikament oder das Placebo verabreichen, da sie sich sonst bewusst oder unbewusst anders verhalten könnten, was wiederum einen Einfluss auf den Placeboeffekt haben könnte. Das nennt man doppelblind, da weder die Behandler noch die Behandelten wissen, ob sie ein echtes Medikament verabreichen beziehungsweise erhalten. Das ist schon sehr sicher, in einigen Fällen wird jedoch sogar dreifach verblindet. Bei der Dreifachverblindung wissen auch die Statistiker, die die Daten am Ende auswerten, nicht, welche Gruppe das Medikament hatte.

Wir haben uns gerade mit dem Nonplusultra beschäftigt, doch nicht immer ist es möglich, eine Interventionsstudie durchzuführen. Führt Rauchen zu mehr Lungenkrebsfällen? Wie könnten wir die Frage beantworten? Für die besten Ergebnisse würden wir natürlich eine randomisierte, kontrollierte Studie anfertigen, doch dafür müssten wir unsere Probanden etwas konsumieren lassen, von dem wir eine negative Wirkung erwarten. Diese sogenannten Challenge-Studien sind ethisch umstrittene Methoden, welche eine Ethikkommission nur in besonderen Situationen genehmigen würde. In unserem Fall können wir eine solche Untersuchung also leider nicht durchführen. Doch wie gehen wir nun vor?

Damit kommen wir nun zu dem zweiten großen Zweig, den Beobachtungsstudien. Eine Form davon ist die Fall-Kontroll-Studie. Dabei vergleicht man erkrankte Probanden mit gesunden in einer Kontrollgruppe, es handelt sich also um

eine retrospektive (rückblickende) Studie, die dazu dient, mögliche Ursachen von Krankheiten zu ermitteln. Nun stellen wir uns die Frage: Sind an Lungenkrebs erkrankte Menschen häufiger einem potenziellen Risikofaktor exponiert als unsere Kontrollgruppe? Diese Studienmethode zeigt nur Korrelationen auf, jedoch keine Kausalitäten. In unserem Fall beobachten wir, dass Raucher häufiger Lungenkrebs bekommen, das *muss* aber nicht bedeuten, dass der Tabakkonsum die Ursache des Lungenkrebses ist. Man kann allerdings einige Faktoren, wie zum Beispiel das Vorliegen einer Dosis-Wirkungs-Beziehung abfragen, um die Wahrscheinlichkeit einer Kausalbeziehung abzuschätzen.

Eine etwas stichfestere Art der Beobachtungsstudie ist die Kohortenstudie. Eine Kohortenstudie kann prospektiv (vorausschauend) oder retrospektiv (rückblickend), wie unsere zuvor durchgeführte Studie, sein. Legen wir in unserem Fall nun mal eine prospektive Untersuchung an. Zunächst müssten wir wieder zwei Gruppen finden, von der jeweils eine exponiert ist und die andere nicht – in unserem Fall je eine Gruppe Raucher (die wir natürlich nicht angewiesen hätten, zu rauchen, um ethische Quereilen zu vermeiden) und Nichtraucher. Auch hier müssten wir auf gleiche Gruppen hinsichtlich des Alters, Vorerkrankungen et cetera achten. Das Rauchverhalten dürfte der einzige Unterschied sein. Anschließend müssten wir die Menschen begleiten und immer wieder untersuchen, bis wir die beiden Gruppen in Hinblick auf das zu evaluierende Risiko (Lungenkrebs und daraus resultierender Tod) miteinander vergleichen könnten. Tendenziell gilt: je größer die Gruppen und je länger der Untersuchungszeitraum, desto aussagekräftiger gestalten sich die Ergebnisse.

Doch wir müssten uns nicht auf einen Zeitraum festlegen. Angenommen, wir hätten die Studie durchgeführt und Ergebnisse gesammelt, dann könnten wir die vorläufigen Erkenntnisse durchaus auswerten und in wissenschaftlichen Fachjournalen publizieren, die Untersuchungen jedoch weiterlaufen lassen und in den folgenden Jahren oder sogar Jahrzehnten immer wieder Follow Ups durchführen, um weitere Entwicklungen zu betrachten.

Eine der bekanntesten Studien dieser Art ist die „British Doctors Study“. Sie untersuchte in einem Zeitraum von 1951 bis 2001 den Zusammenhang zwischen dem Tabakrauchen und dem Lungenkrebsrisiko unter britischen Ärzten. Schon im Jahre 1956 lieferte diese Studie stichhaltige Belege, doch seitdem folgten noch zahlreiche Follow Ups. So konnten erstmals überzeugende Beweise geliefert werden, dass rauchen der Gesundheit schadet.

Nun haben wir eine Studie mit bestem Studiendesign durchgeführt, doch auch in der klinischen Forschung gilt: *Eine* Studie ist *keine* Studie. Deshalb gibt es die sogenannten Metastudien oder auch Metaanalysen. Hierbei betrachtet man viele Studien, wählt sorgfältig aus, welche gut gemacht wurden und welche eventuelle Verzerrungsfaktoren beinhalten, und wertet dann die Gesamtheit der Studien aus, um mehr Klarheit über die Studienlage zu schaffen. Um das noch zu toppen, gibt es Umbrella Reviews. Dabei werden wiederum mehrere Metaanalysen ausgewertet. Man muss jedoch sagen, dass diese Methode nicht häufig zum Einsatz kommt, da die Studienmenge dafür enorm sein muss. Ein Anwendungsgebiet, bei dem der Umbrella Review zum Einsatz gekommen ist, ist die Forschung zu Antidepressiva. Wenn wir mit unserer höchst relevanten Forschungsfrage an den Punkt von Umbrella Reviews kommen, können wir sie wahrscheinlich, von sehr viel Evidenz untermauert, beantworten.

Damit neigt sich unser Exkurs in die Medizin auch schon dem Ende zu.

Morgenfrage

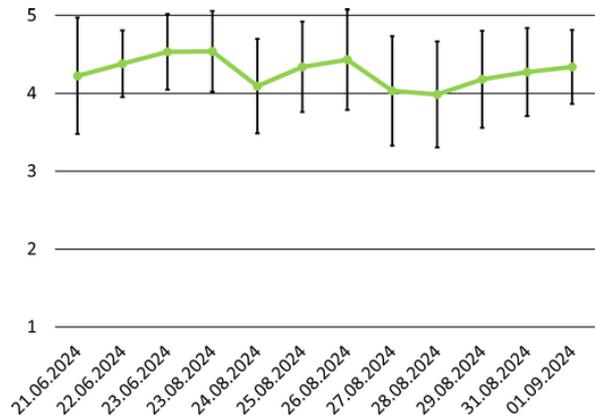
LENNIE ERZ

Als letzten Punkt werteten wir noch die gefühlte Gesundheit unseres Kurses über die Zeit der Akademie betrachtet aus.

Jeden Morgen standen beim Betreten des Raumes zwei Fragen auf der Tafel, wobei sich eine Frage jeden Tag änderte und die andere immer gleich blieb. Die gleichbleibende Frage lautete: „Wie fühle ich mich heute alles in allem?“ Da wir immer fünf Smileys zur Auswahl hatten, um anzugeben, wie es uns ging, konnten wir eine Skalierung festlegen, die eine

Einstufung von 1–5 beinhaltet. Eins bedeutet, dass wir unglücklich waren, und fünf bedeutet, dass wir sehr glücklich waren. Für die spätere Auswertung übertrugen wir alle Striche und Symbole in eine Tabelle, berechneten die Standardabweichung und den Mittelwert und fügten die Resultate in ein Diagramm ein.

Danach verglichen wir die Entwicklung der Laune in den zwei Wochen und die Unterschiede an den einzelnen Tagen. Wir erkannten, dass es in den zwei Wochen zwei relativ starke Abfälle der Laune gab. An den darauffolgenden Tagen stieg die Laune dann wieder gleichmäßig an. Da es aber keinen Tag gab, an dem unsere durchschnittliche Laune unter vier fiel, bestätigte die Morgenfrage unsere Meinung zu den zwei Wochen nur: Wir waren in den zwei Wochen äußerst zufrieden und hatten viel Spaß miteinander.



Auswertung der Morgenlaune des Medizinkurses während der Akademiezeit.



Kurs 6 – Wetterkunde und Atmosphärenphysik



Unser Kurs

Anne hatte als Befüllungskordinatorin eine entscheidende Schlüsselrolle am Starttag des Wetterballons. Diese Führungsposition vertrat sie auch im Kurs, sodass sie oft die langwierigen Diskussionen zum Arbeitsplan strukturierte. Darüber hinaus beschäftigte sie sich als Teil der WetterstationGruppe mit den Sensoren und der Programmierung, was nicht nur sie viel Geduld und Nerven kostete.

Ben war als unser Flight Commander sehr strukturiert und fokussiert. Er setzte sich ungemein für unser Team ein und beschäftigte sich mit der nicht immer ganz einfachen Programmierung der Sensoren. Um sich bei diesen beiden schwierigen Aufgaben zu schützen, trug er stets einen Einhornhelm. Und so ganz nebenbei leitete er auch

noch mit viel Engagement die Garten-KüA, sodass wir die Erdbeerpflänzchen am Dokumentationswochenende verteilen konnten.

Clara lockerte durch ihre stets gute Laune den Kurs täglich mit kleinen Scherzen auf. Dank ihrer aufgeschlossenen Art fiel es ihr leicht, auch außerhalb des Kurses schnell neue Freundschaften zu schließen. Auch versorgte sie unseren Kurs mit Frühstück, wenn sich die Hälfte von uns dazu entschlossen hatte, ein paar verlorene Stunden Schlaf nachzuholen. Nicht nur hatte sie im Orchester mit dem Marimbaphon einen Hingucker geschaffen, sondern sie war auch beim Bau der Wetterstation eine Expertin.

Georg brachte uns als stets kritisch denkender Kursleiter zwischendrin ganz schön ins Schwitzen. Jedoch erwies sich im Laufe der

Akademie seine langjährige Erfahrung als sehr hilfreich, und wir haben alle zusammen eine ganze Menge von ihm gelernt. Da er bereits einen Wetterballon hatte starten lassen und wusste, auf was es dabei ankam, war seine Rolle als Knotenmaster wie geschaffen für ihn. Auch von Hornbach ließ er sich nicht die Laune verderben, obwohl sie ihn in gewisser Weise um das Helium betrogen hatten.

Jeannine war für die kleinen Spiele zwischen unseren Kursschienen immer zu haben und hat sich mit großer Begeisterung in die Rolle der Beobachterin gestürzt. Aber auch im Kurs war sie immer für uns da und hat sich um jedes noch so kleine Problem von uns gekümmert. Zudem hatte sie sehr viel Geduld mit uns, wenn es z. B. darum ging, das richtige Programm für den Arduino zu schreiben.

Julia ist ein riesengroßer Taylor-Swift-Fan und besitzt über 200 Armbänder, die sie alle mit viel Liebe selber gemacht hat. Bei unseren täglichen Plenen behielt sie die Übersicht und strukturierte unseren Plan mit kleinen Projektblöcken. Bei Diskussionsrunden brachte sie unseren Kurs sehr viel weiter, indem sie jedes Detail mit einem kritischen Auge betrachtete. Sobald es ans Praktische ging, war sie mit großem Eifer dabei und übernahm die schwierige Aufgabe als Boxkoordinatorin. Und ganz nebenbei spielte sie auch noch im Theater eine der größeren Rollen.

Julius war unser Experte, wenn es um Halbleiter ging. Er brachte seine Themen beim Präsentieren mit viel Überzeugung und mit einer guten Verständlichkeit an sein Publikum heran. Beim Wetterballon setzte er sich immer für das ganze Team ein und hatte die wichtige Aufgabe des GPS-Masters. Er zögerte auch keine Sekunde, seine Eltern anzurufen und diese bei der Suchen der Ballonbox in der Nähe ihres Wohnortes einzubinden.

Leon begeisterte uns mit seiner selbstbewussten und charmanten Art, die ihm auch im Theater zugute kam. Da er auf Partys immer der Letzte war, hatte er einen großen

Bekanntenkreis, weshalb der Job als Pressesprecher für ihn wie gerufen kam. Außerdem war er ein Spezialist, was die Dreitafelprojektion anging.

Leonard hörte man ständig mit Julius über diverse Themen der Mathematik und der Physik diskutieren. Wenn es darauf ankam, wuchs er für unseren Kurs über sich selbst hinaus, was er bei den Präsentationen unter Beweis stellte. Er setzte sich sowohl beim Sportfest für unser Team ein als auch beim Orchester, bei dem er die erste Stimme unter den Geigen spielte.

Nicola trug als unser Schülermentor eine große Verantwortung, was er mit Bravour meisterte. Er setzte sich immer für uns ein und druckte am Ende sogar kleine Einhörner für uns im 3D-Drucker. Seine Freizeit verlegte er dann meist in die späten Stunden des Tages. Wir halfen ihm, indem wir ihm das Aufstehen mit einem kleinen Ständchen erleichterten. Beim Sportfest zeigte er sich motiviert bis in die Haarspitzen und hatte durch seinen Erfahrungsschatz in den letzten Jahren hilfreiche Tipps und Tricks für uns parat. Auch beim abschließenden Lagerschwertkampf war er aus vollem Herzen dabei und wertete unsere Siegerurkunde mit echtem Heldenblut auf.

Rebekka hatte das mit Abstand passendste Hobby der gesamten Akademie: das Segelfliegen. Dadurch brachte sie auch schon ein beachtliches Vorwissen in der Atmosphärenphysik mit. Sie war gemacht für unseren Plan, einen Wetterballon starten zu lassen. Während unserer Kursschienen traf man sie fast nie ohne ihre Kamera an, mit der sie unsere Zeit in tollen Bildern festhielt. Und ging ihr mal die Arbeit als Ballonmasterin aus, schnappte sie sich ihr iPad und fing an, unser Kurs-T-Shirt mit einer überragenden Zeichenkunst zu designen.

Rieke war als Teil des Security-Duos beim Ballonstart für die Sicherheitsmaßnahmen verantwortlich. Darüber hinaus leistete sie einen wichtigen Beitrag beim Löten der Sensoren und beim Bau der Wetterstation. Zudem unterstützte sie unser Team, wo sie nur konnte, und erstellte aus diversen Auf-

nahmen erstklassiges Videomaterial für den Präsentationstag.

Rouven war stets ein aufmerksamer Freund, der immer objektiv an die Aufgaben heranging. Er ist ein analytisch denkender Mensch, der sich vor allem im Bereich 3D-Druck auskennt. Er hat unsere Halterungen für die Box designed und war somit als Boxbestücker bestens geeignet. Sollten wir mal wieder ein paar Überstunden gemacht haben und dadurch später zum Essen kommen, war Rouven stets darauf bedacht, noch einiges an Obst zu ergattern.

Sylvia war eine Expertin, wenn es um unseren Arduino ging. Sie schreckte nie davor zurück, sich stundenlang mit den Programmen rumzuschlagen. Doch ihre Arbeit wurde belohnt, als nach ungefähr einer Woche die Wetterstation ihre ersten Daten aufnehmen konnte. Auch beim Wetterballon besaß sie eine unersetzliche Rolle als Siegelmeisterin. Trotz dieser anstrengenden Aufgaben ließ sie es sich nicht nehmen, jeden Morgen zum Frühsport aufzubrechen.

Umar war durch seine stille Art oft so in seine Aufgaben vertieft, dass er nichts mehr um sich herum mitbekam. Man konnte sich aber immer auf ihn verlassen, da er seine Aufgaben schnell und zuverlässig erledigte. Egal welche Frage man hatte, Umar konnte sie mit Sicherheit beantworten. Als Klebmeister besaß er außerdem eine wichtige Aufgabe im Bereich der Box für den Wetterballon.

Vorwort

NICOLA GRUNWALDT

„Das Wetter verstehen und vorhersagen“. Das war die erste Antwort auf die Einstiegsfrage der Kursleiterin und der Kursleiter: „Was wollt ihr denn überhaupt machen?“. Doch uns wurde schnell klar, in zwei Wochen war dieses Ziel nicht zu schaffen. Daher entschieden wir uns letztendlich dafür, *nur* einen Wetterballon zu bauen, eine Wetterstation in Betrieb zu nehmen und die eigenen Daten auszuwerten.

Gesagt, getan. Wir Teilnehmer fingen bereits am Eröffnungswochenende in zuerst noch zu-

rückhaltenden Diskussionen an, die aber schnell auftauten, Pläne für den Sommer zu schmieden und Einkaufslisten für Georg und Jeanine zu schreiben. Unterbrochen wurden die Diskussionen nur von physikalischem Input, um Fragen wie: „Wieso platzt ein Wetterballon überhaupt?“, zu klären. Schweren Herzens verließen wir Adelsheim nach diesem Wochenende, wir hätten alle am liebsten direkt mit dem Bauen begonnen.

Im Sommer aber war es dann endlich so weit: Wir sahen uns alle wieder! Und zum ersten Mal auch die Teile für unsere Wetterstation und natürlich für den Wetterballon. Jetzt konnten wir endlich mit dem Bauen beginnen! Oder doch nicht? Bald merkten wir, dass so ein großes Projekt ganz schön viel Planung benötigte. So kamen unsere Kursplenen zustande, in denen wir am Anfang jeder Kurseinheit die Zuteilung der Aufgabenpakete besprachen.



Abbildung 1: Startvorbereitungen

Das war auch eine exzellente Übung für das Sportfest, schnell wurden in Blitz-Kursplenen Pläne geschmiedet und alle Aufgaben verteilt. Und so machten wir unserem Schlachtruf „Schneller als der Jetstream“ alle Ehre und flogen auf den ersten Platz. Ständig angetrieben von unserem Kursmaskottchen, dem Wettereinhorn und den gelben METEO-Fahnen, die wir im Vorhinein noch schnell gebastelt hatten. Spätestens nach diesem gemeinsamen Erfolg, der unsere Kursgemeinschaft nochmal stärker zusammenschweißte, war klar, das Wettereinhorn hatte sich den besten Kurs ausgesucht.

Dank Wettereinhorn, ständigem gegenseitigen Motivieren und den ein oder anderen Arbeiten nach dem Abendessen, die wir liebevoll

„Überstunden“ taufte, schafften wir es schließlich, einen startbereiten Wetterballon vor uns stehen zu haben. Daraufhin wurde die ganze Science Academy eingeladen. Aber wie sagt man so schön, es kann ja nicht immer alles glattlaufen. Und so standen wir plötzlich mit einem halb vollen Ballon und einer leeren Heliumflasche da. Doch nachdem schnell noch ein paar Partyballon-Flaschen gekauft worden waren, konnte es endlich losgehen und der Ballon stieg in die Lüfte. Nur leider lief nicht alles wie geplant.

Bevor ich mich jedoch in unserer Kursgeschichte verirre, genauso wie der Wetterballon in den Höhen unserer Atmosphäre, wünsche ich Ihnen erst einmal viel Spaß mit dieser Dokumentation, die Ihnen hoffentlich einen kleinen Einblick in unsere wundervolle Zeit in Adelsheim bietet.

Überblick

REBEKKA TRÖSTER

Das Wetter beeinflusst unseren Alltag maßgeblich. Bei dem morgendlichen Blick aus dem Fenster fragt man sich, ob es bei den kleinen Wolken bleibt oder ob es regnen wird. Muss man sich auf ein schwüles Klima einstellen oder auf eisigen Wind? Und jeder, der schon einmal in den Bergen war, weiß, wie vorsichtig man auch im kalten Winter bezüglich der UV-Strahlung sein muss. Wir, die Kursteilnehmer und Kursteilnehmerinnen des Meteorologie-Kurses, beschäftigten uns in den zwei Wochen mit der Wetterdatenaufnahme und mit dem Wetter vor Ort, aber auch bis zu einer Höhe von 31 Kilometern. Das führte zu zwei Projekten, die gleichzeitig abliefen.

Das erste Projekt beschäftigte sich mit dem Verständnis des Wetters vor Ort. Dafür planten und bauten wir eine Wetterstation, betrieben diese und werteten anschließend die Messdaten aus. Für das Programmieren der Sensoren der Wetterstation nutzten wir Arduino. Dieses System besteht aus einem Arduino-Board, mit dem man Sensoren oder Aktoren verbinden kann, und einem dazu passenden Programm, um die Elemente des Boards zu programmieren.

Im zweiten Projekt ging es um die Datenaufnahme in der Atmosphäre. Wir planten ein

Wetterballonexperiment, um Daten in der Höhe aufzunehmen und diese auszuwerten.

Projektplanung

BEN MARX

Für unser gesamtes Meteo-Projekt brauchten wir einen guten Plan, der vor allem SMART sein musste, was die einzige Vorgabe war. SMART steht dabei für **S**pezifisch, **M**essbar, **A**kzeptiert, **R**ealisierbar und **T**erminiert.

Spezifisch meint hier genau. So konnten wir z. B. *Programmieren* oder *Box bauen* nicht als Arbeitspakete wählen, da sie zu unspezifisch wären. *Raumeinteilung für die Ballonbox festlegen* wäre hingegen sehr spezifisch.

Messbar steht für ein Ergebnis, dass man auf einen Wert überprüfen kann. Beim Arbeitspaket *Fallschirm an Box knoten* können wir beispielsweise testen, ob die Knoten fest genug sind.

Akzeptiert bedeutet, dass alle mit dem Arbeitspaket und seinem Umfang einverstanden sind, da jeder hinterher in der Lage sein muss, jedes Arbeitspaket erledigen zu können.

Realisierbar heißt, dass man umsetzbare Arbeitspakete erstellt. Wir können mit unserem Ballon z. B. maximal 1,6 kg heben, und auch der Platz in der Kapsel ist begrenzt.

Terminiert bedeutet, dass wir unserem Arbeitspaket einen Termin geben, an dem es erledigt sein muss, um z. B. mit dem nächsten, von diesem Arbeitspaket abhängenden Arbeitspaket anzufangen.

In einem Projektstrukturplan fassten wir die SMARTen Arbeitspakete zusammen und ordneten sie zu, sodass alle zusammengehörigen Arbeitspakete beieinander lagen.

Im Projektablaufplan mussten wir anschließend den genauen zeitlichen Ablauf für die einzelnen Arbeitspakete festlegen, damit das Projekt seine endgültige Struktur erhielt. Da wir den Zeitaufwand von einigen Arbeitspaketen nicht immer exakt einschätzen konnten, war es notwendig, den Ablaufplan in den Folgetagen immer wieder anzupassen.

Um mit dieser SMART-Methode arbeiten zu können, haben wir uns einen ganzen Tag damit beschäftigt, unseren Strukturplan für die beiden Teilprojekte und unseren Ablaufplan zu erstellen. Jetzt konnte es losgehen.

Physikalische Größen

UMAR FAROOQ, LEON JAHNZ

Die Temperatur

Für die Beschreibung des „Wetters“ benötigen wir ein paar grundlegende physikalische Größen: die Temperatur, den Druck und die Luftfeuchtigkeit.

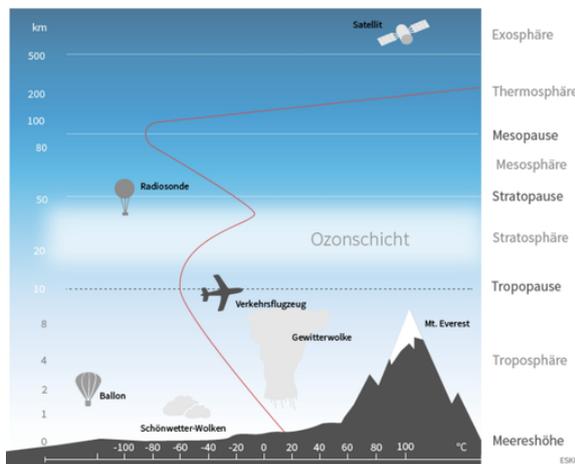


Abbildung 2: Temperaturverlauf in unserer Atmosphäre¹

Temperatur ist eine physikalische Größe, die den thermischen Zustand eines Objektes beschreibt. Sie stellt ein Maß für die durchschnittliche kinetische Energie der Teilchen dar. Die Luftdichte beeinflusst ebenfalls die Bewegung der Luftmoleküle. Je mehr Strahlung die Teilchen von der Sonne bekommen, desto schneller bewegen sie sich, was zu einer Erhöhung der kinetischen Energie führt.

Weil der Druck mit zunehmender Höhe geringer wird und die kinetische Energie der Teilchen somit zunimmt, sollte es sich, falls man sich dort oben aufhielte, sehr warm anfühlen. Doch tatsächlich ist es für uns sehr kalt.

In der Troposphäre, die vom Erdboden bis in etwa 8–15 km Höhe reicht, beträgt die Dichte der

Luft etwa $2,5 \cdot 10^{19}$ Moleküle pro Kubikzentimeter. Weiter oben, etwa in der Thermosphäre, die bis etwa 85 km Höhe geht, fällt dieser Wert drastisch auf wenige Tausend Moleküle pro Kubikzentimeter ab. Das bedeutet, dass sich in der Thermosphäre zwar die einzelnen Moleküle schneller bewegen, aber die große Leere zwischen ihnen dafür sorgt, dass kaum kinetische Energie zwischen diesen wenigen Teilchen übertragen wird. Deshalb fühlt es sich in höheren Schichten trotz einer hohen Teilchenbewegung kalt an.

Der Druck

Druck ist im Allgemeinen Kraft pro Fläche $p = \frac{F}{A}$. Der Normaldruck auf Meereshöhe liegt bei 1013 hPa oder 1,013 bar. Der mathematische Zusammenhang dieser Einheiten ist wie folgt: 1 bar = 1000 hPa = 100000 Pa. Dabei steht h in diesem Fall für die Vorsilbe hekto, was 100 bedeutet. Bei unserem Projekt verwenden wir immer Hektopascal.

Ein Pascal ist definiert als $1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$. Ein Pascal entspricht beispielsweise dem Druck, der entsteht, wenn sich die Gewichtskraft einer Tafel Schokolade gleichmäßig auf der Fläche eines Quadratmeters verteilt.

Um den Luftdruck zu berechnen, muss man wissen, mit welcher Kraft F die Luft auf eine bestimmte Fläche A wirkt. Dabei entspricht die Kraft F dem Produkt aus der Masse m der Luft und dem Ortsfaktor $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. Es gilt also: $F = m \cdot g$. Wenn man nun alles in die ursprüngliche Gleichung einsetzt, dann erhält man:

$$p = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$$

Die Luftfeuchtigkeit

Eine weitere wichtige physikalische Größe ist die Luftfeuchtigkeit. Man unterscheidet relative und absolute Feuchtigkeit. Die absolute Luftfeuchte gibt den Gewichtsanteil des gasförmigen Wasserdampfes in Gramm pro Kubikmeter Luft an. Mit steigender Temperatur kann Luft solange mehr Wasser aufnehmen, bis der Maximalwert erreicht ist. Man spricht dann

¹Abbildung: Wissensplattform eskp.de (CC BY 4.0)

von Sättigung. Die Temperatur, zu der die Sättigung erreicht wird, nennt man Taupunkt.

Die relative Luftfeuchtigkeit gibt das Verhältnis zwischen dem Gewichtsanteil des gasförmigen Wasserdampfes und dem Sättigungswert an. Sie wird in der Regel in Prozent angegeben. 100 % relative Luftfeuchtigkeit entspricht also dem Sättigungswert. Eine hohe relative Luftfeuchte empfinden wir als schwül.

Bau der Wetterstation

CLARA FRECKMANN

Eine Wetterstation – was ist das überhaupt?

Eine Wetterstation beinhaltet unterschiedliche Sensoren, mit deren Hilfe man verschiedene physikalische Größen messen kann. Anhand dieser Daten entsteht dann zum Beispiel der Wetterbericht. Doch die Messwerte können nicht nur für die aktuelle Wettervorhersage benutzt werden, sondern spielen auch bei der Wetterbeobachtung und Wetterforschung eine erhebliche Rolle.

Wir, der Meteorologiekurs, haben es uns zur Aufgabe gemacht, selber eine solche Wetterstation zu entwerfen und zu bauen. Dadurch konnten wir selbst Daten aufnehmen, sie auswerten und Erkenntnis über das Wetter erlangen.

Doch beim Bau einer Wetterstation muss man auf einiges achten, damit man weltweit Messdaten vergleichen kann. Diesen internationalen Standard für Wetterstationen hat die World Meteorological Organisation (WMO) festgelegt. Schon bei der Suche eines geeigneten Standortes mussten wir auf einige wichtige Aspekte achten. Die Wetterstation muss laut Vorgaben auf einer flachen Fläche aufgestellt werden, fernab von Häusern und Waldgebieten. Des Weiteren darf nicht in Großstädten oder lokalen Kältelöchern gemessen werden. Auch der Untergrund spielt bei einem geeigneten Standort eine große Rolle. Pflastersteine oder Asphalt stellen zum Beispiel schlechte Bedingungen dar, da sich diese bei hohen Temperaturen stark aufheizen und somit die Temperaturmessungen verfälschen.

Daher bietet sich eher ein für die Region natürlicher Untergrund an. In Deutschland sind

dies Grasflächen. Außerdem gibt es genaue Vorschriften, in welcher Höhe über dem Erdboden die Messdaten aufgenommen werden müssen. So müssen sich alle Messgeräte zwei Meter über dem Boden befinden. Nur die Bodentemperatur, die Windrichtung und Windstärke wird nicht in zwei Meter Höhe gemessen. Die Bodentemperatur wird natürlich näher am Boden gemessen, genauer gesagt fünf Zentimeter über der Oberfläche. Die Windrichtung und Windstärke wird in 10 Meter Höhe gemessen. Zudem mussten wir bei der Standortsuche berücksichtigen, dass unsere Wetterstation durchgängig an den Strom angeschlossen werden musste. Die Sensoren sowie der Laptop müssen permanent am Strom angeschlossen sein, damit eine durchgängige Verbindung zum Arduino besteht und die Messdaten ausgelesen werden können.

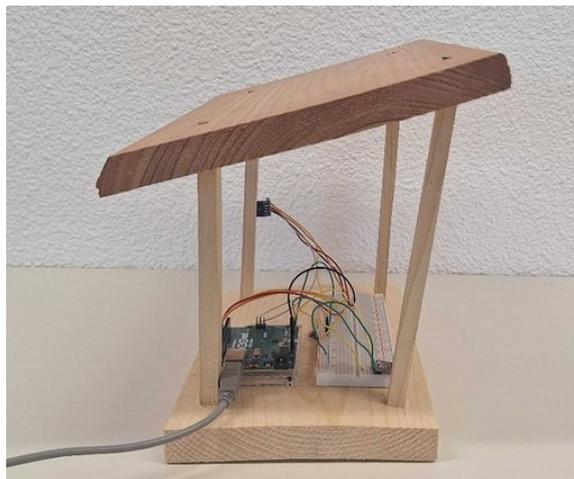


Abbildung 3: Die fertig montierte Wetterstation

All diese Kriterien zu 100 % zu berücksichtigen war für uns nicht möglich, da es auf dem Campus keinen Ort gibt, wo nicht direkt ein Baum oder ein Gebäude im Weg ist. Wir hatten uns dazu entschieden, die Wetterstation auf einem Steinprofil aufzubauen. Leider hat sich nach einem Testlauf gezeigt, dass der Standort aufgrund des fehlenden Stromanschlusses für längere Messungen nicht geeignet ist. Deshalb haben wir den Standort gewechselt und die Wetterstation auf einen Tisch gestellt. Um den Laptop vor Sonne, Regen und Tau zu schützen, haben wir noch einen Regenschirm aufgebaut.

Bevor wir anfangen konnten, unsere Wetterstation zu bauen, mussten wir uns passende Mate-

rialien suchen und den Aufbau anhand einiger Komponenten gut planen. Die Wetterstation musste aus Materialien bestehen, die wir selber gut verarbeiten und bearbeiten konnten. Holz stellte sich als ein gut geeignetes Material heraus, welches nur den Nachteil hat, dass es bei Nässe durchweichen kann. Doch dieses Problem lösten wir, indem wir das Dach schräg anbrachten, damit Regenwasser abfließen kann und sich nicht staut.

Des Weiteren darf sich die Luft in der Wetterstation nicht stauen, damit Messwerte wie Temperatur und Luftdruck nicht verfälscht werden können. Daher bot es sich an, das Dach der Wetterstation auf Stelzen zu bauen. Dies war auch hilfreich, da die Helligkeit außen an der Wetterstation gemessen werden muss und wir somit den Sensor außen an einer Stelze anbringen konnten. Damit die Kabel des Helligkeitssensors bei Regen nicht nass werden, mussten wir das Dach überstehend anbringen. Unter Berücksichtigung aller Faktoren konnten wir eine detaillierte Skizze anfertigen, damit alle zusammen eine genaue Vorstellung von der Wetterstation hatten.

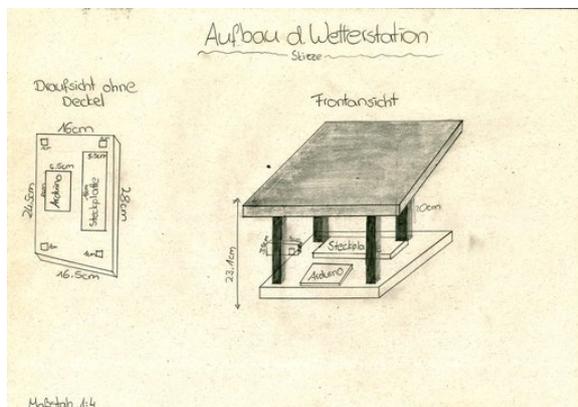


Abbildung 4: Skizzen der Wetterstation

Eine weitere vorbereitende Aufgabe bestand darin, die Sensoren zu löten. Beim Löten von Sensoren muss man darauf achten, dass man die einzelnen Stifte der Stiftableiste nicht durch Lötzinn miteinander verbindet, um keinen Kurzschluss zu erzeugen. Außerdem muss man darauf achten, dass der LötKolben nicht zu lange mit dem Sensor in Kontakt ist, da dieser beim Löten sehr schnell heiß wird. Durch die große Hitze können Bauteile im Sensor beschädigt werden oder im schlimmsten Fall kaputtgehen.

Daher war beim Löten der Sensoren eine hohe Konzentration gefragt.



Abbildung 5: Unsere fertige Wetterstation

Programmierung und Sensorik

ANNE REINHARDT

Unser Ziel war es, mit der Wetterstation vier physikalische Größen in einem bestimmten Zeitintervall zu messen: Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Helligkeit und Temperatur. Um diese Größen in Adelsheim zu messen, brauchten wir Sensoren. Das sind elektrotechnische Bauteile, die über physikalische Größen aus der Umwelt informieren und sie in elektrische Signale umwandeln. Dadurch werden die Informationen für Computer nutzbar gemacht.

Wir haben für die Wetterstation drei Sensoren benutzt:

- BH1750, der die Helligkeit in Lux misst,
- einen Kombinationssensor aus AHT20, der Temperatur in °C und die relative Luftfeuchtigkeit misst, und
- BMP280, der den Luftdruck in Pascal und ebenfalls die Temperatur misst.

Der AHT20+BMP280 (in der Abbildung in lila) ist auf der Steckplatine festgesteckt, der BMP280 (in blau) ist an einer der Außensäulen festgeschraubt, da der Schatten des Häuschens die Messwerte hätte verfälschen können. Damit die Wetterstation uns Werte ausgeben konnte, schrieben wir ein Programm für die Sensoren der Station.

Angesteuert haben wir die Sensoren mit einem Arduino, einer Plattform für Elektronik- und

Microcontrollerprojekte. Zum Arduino gehören die Hardware-Boards, mit denen unsere Sensoren verbunden wurden und mit denen die Sensoren angesteuert werden. Das Programm erstellen wir mit der Arduino-Software, deren Programmiersprache an C/C++ angelehnt ist.

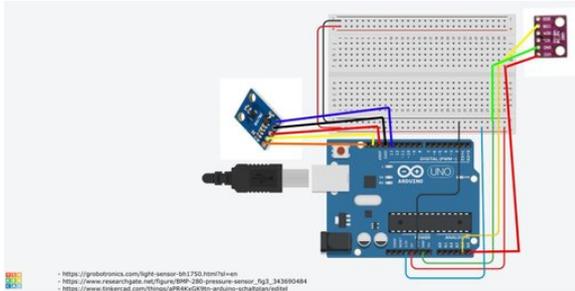


Abbildung 6: Steckplan Wetterstation

Im Internet suchten wir geeignete Code-Bausteine für die einzelnen Sensoren und die benötigten Funktionen und fügten sie in unserem Code zusammen:

Durch `#include` werden die Bibliotheken der Sensoren eingebunden. Das sind vorgefertigte Codepakete, die uns vordefinierte Funktionen zur Verfügung stellen. Die Arduino-Plattform beinhaltet diese Bibliotheken, die wir nur noch ins Programm integrieren mussten. Zudem werden Bibliotheken eingebunden, die wir für die Kommunikation zwischen dem Arduino, dem Programm und den Sensoren brauchen. Danach werden den Sensoren Variablenamen zugewiesen, die im weiteren Code genutzt werden. Im `setup()`, welcher einmalig beim Starten des Programms ausgeführt wird, aktivieren wir alle Sensoren und den seriellen Monitor, auf dem die Werte ausgegeben werden, durch `.begin()`. Im `loop()`, der wiederholt ausgeführt wird, werden nacheinander die Messwerte ausgegeben. Durch eine vordefinierte Funktion wird durch `Serial.Print()` ein Wert ausgegeben. Der Übersichtlichkeit halber haben wir die physikalische Größe, den Sensor und die Einheit mit aus-

```

1  #include <Adafruit_AHTX0.h> // Einbindung der Bibliothek für den AHT20
2  #include <SPI.h>
3  #include <Adafruit_BMP280.h> //Einbindung der Bibliothek für den Druck - und Temperatursensor
4  #include <Wire.h>
5  #include <hp_BH1750.h> // Einbindung der Bibliothek für den Helligkeitssensor
6
7  hp_BH1750 sensor; // Sensor definieren
8  Adafruit_BMP280 bmp;
9  Adafruit_AHTX0 aht;
10
11 #define BMP_SCK (13)
12 #define BMP_MISO (12)
13 #define BMP_MOSI (11)
14 #define BMP_CS (10)
15
16 void setup() {
17   Serial.begin(9600); // Übertragungsgeschwindigkeit auf den seriellen Monitor
18   sensor.begin(BH1750_TO_GROUND); // Adresse setzen und den Sensor einbinden
19   bmp.begin(); // BMP280 starten
20   Wire.begin(); // Funktion Wire starten
21   aht.begin(); // AHT20 starten
22   sensor.calibrateTiming(); // Kalibrierung über 855ms
23 }
24
25 void loop() {
26   sensor.start(); // Start der Messung
27   float lux = sensor.getLux(); // Ergebnis auslesen und in die Variable "lux" einsetzen
28   Serial.print("Helligkeit BH1750 = "); // Ausgabe von "Helligkeit BH1750 = "
29   Serial.print(lux); // Ausgabe der Variable "lux"
30   Serial.println(" lux"); // Angabe der Einheit lux
31
32   Serial.print("Temperature BMP280 = "); // Ausgabe von "Temperature BMP280 = "
33   Serial.print(bmp.readTemperature()); // Temperatur wird ausgelesen und ausgegeben
34   Serial.println(" °C"); // Angabe der Einheit (°C)
35
36   Serial.print(F("Pressure BMP280 = ")); //
37   Serial.print(bmp.readPressure()); // Druck wird ausgelesen und ausgegeben
38   Serial.println(" Pa"); // Angabe der Einheit (Pa)
39
40   sensors_event_t humidity, temp; // Variablen für Temperatur und Luftfeuchtigkeit definieren
41   aht.getEvent(&humidity, &temp); // Werte Temperatur und Luftfeuchtigkeit erfassen und in Variablen speichern
42   Serial.print("Temperatur AHT20 = " ); // Ausgabe von "Temperatur aht20 "
43   Serial.print(temp.temperature); // Ausgabe von in Variable temp gespeicherten Messwert
44   Serial.println(" °C"); // Angabe der Einheit (°C)
45   Serial.print("Feuchtigkeit AHT20 = "); // Ausgabe von "Feuchtigkeit aht20 "
46   Serial.print(humidity.relative_humidity); // Ausgabe von in Variable humidity gespeicherten Messwert
47   Serial.println(" %"); // Angabe der Einheit (%)
48
49   delay(60000); // 1min warten
50 }

```

gegeben. Durch `delay(60000)` bekommen wir jede Minute fünf neue Werte ausgegeben: Luftdruck, Luftfeuchtigkeit, Helligkeit und zweimal die Temperatur.

Datenauswertung der Wetterstation

RIEKE BRÖKELMANN

Nachdem die Wetterstation fertig gebaut und ein geeigneter Platz gefunden war, konnten wir sie aufstellen. Die folgenden Daten beruhen auf der Messung, die am Abend nach dem Ballonstart aufgenommen wurden. Auf diese Daten wollen wir nun genauer eingehen.

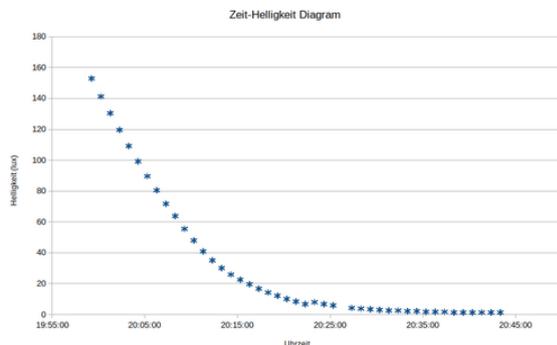


Abbildung 7: Helligkeit bei unserer Wetterstation in Abhängigkeit der Zeit

Auf dem Bild 7 ist die Helligkeit abhängig von der Zeit dargestellt. Der Sensor BH 1750 hat die Helligkeit in Lux gemessen. Wir haben unsere Messung am 1. September um 20:00 Uhr gestartet. Da an diesem Tag die Sonne um 19:52 Uhr unterging, kann man in dem Diagramm eine stetige Abnahme der Helligkeit erkennen. An diesem Tag hatten wir einen klaren, fast wolkenfreien Sommerhimmel, sodass die Helligkeit um die Mittagszeit bei etwa 90 000 Lux lag. Die Messung begann um 20:00 Uhr während der Dämmerung, wodurch der erste Messwert von 153 Lux sinnvoll erscheint. Die Messwerte nehmen nun im Verlauf der 45 Minuten stetig ab, bis wir eine halbe Stunde später nur noch 3 Lux haben. 0 Lux wurden jedoch nicht gemessen, da am Abend die Straßenlaternen angingen und wir somit aus einiger Entfernung immer noch eine kleine Lichtquelle hatten. Unser kleinster Wert liegt somit bei 1,25 Lux um 20:38 Uhr

und hält diesen noch, bis wir die Messreihe um 20:43 Uhr gestoppt haben.

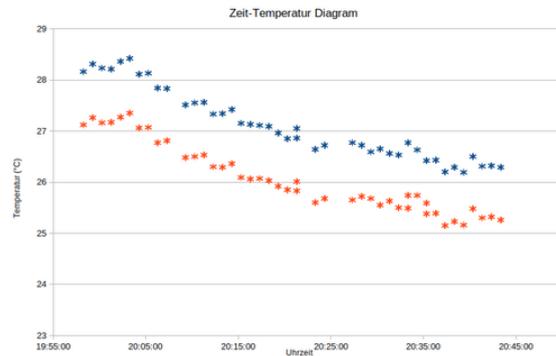


Abbildung 8: Vergleich der beiden Sensoren zur Temperaturmessung

An unserer Wetterstation waren zwei weitere Sensoren angeschlossen. Beide Sensoren (AHT 20 und BMP 280) haben die Temperatur über die Zeit gemessen. Beide Messungen sind im Diagramm 8 im Vergleich dargestellt. Die y-Achse zeigt einen Ausschnitt der Temperatur von 23–29 °C. Dadurch haben wir eine stark vergrößerte Skalierung, weshalb es so aussieht, als ob die Messdaten sehr großen Schwankungen unterliegen. Hierbei handelt es sich jedoch nur um sehr kleine Unterschiede von höchstens 0,5 °C. Insgesamt nimmt die Temperatur im Messzeitraum um 2,5 °C ab. Das liegt vor allem daran, dass es den ganzen Tag über sonnig war und somit die Erde erwärmt wurde. Außerdem stand unsere Wetterstation auf einer Steinsäule. Steine speichern die Wärme aufgrund ihrer hohen Wärmekapazität besonders gut, sodass selbst innerhalb einer Stunde die Temperatur nur um 2,5 °C gesunken ist.

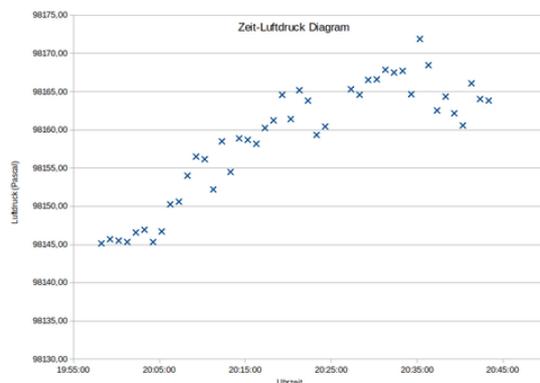


Abbildung 9: Luftdruck im zeitlichen Zusammenhang

Eine weitere wichtige Messgröße ist der Luftdruck, der in Hektopascal (hPa) über die Zeit im Diagramm 9 aufgetragen ist. Der Standardluftdruck von 1013 hPa auf Meereshöhe war in unseren Messungen nicht zu sehen, da sich unsere Messstation in Adelsheim 307 m über dem Meeresspiegel befand. Damit hätten wir nach der barometrischen Höhenformel

$$p(h) = p_0 \cdot e^{-\frac{Mg}{RT} \cdot h}$$

in Adelsheim einen Normalluftdruck von 978,19 hPa (wobei M die molare Masse, R die universelle Gaskonstante, g die Erdbeschleunigung und T die Temperatur darstellt).

Wir starten unsere Messreihe um 19:58 Uhr bei einem Luftdruck von 981,45 hPa. Im Laufe der Messdauer nimmt dieser immer weiter zu, bis er um 20:43 Uhr einen Wert von 981,63 hPa erreicht hat. Damit ist der Luftdruck in 45 Minuten um 0,2 hPa gestiegen. Diese Veränderung lässt sich mit den typischen Druckveränderungen im Laufe des Tagesgangs erklären, welche aufgrund der Luftmassenbewegungen unterschiedlich stark auf den einzelnen Breitengraden ausgeprägt sind. In unseren Breitengraden können diese Schwankungen bei bis zu 1 hPa pro Stunde liegen. Allgemein lässt sich jedoch sagen, dass diese geringe Schwankung auf ein Hochdruckgebiet verweist. Dabei findet man oft ein gleichbleibendes und beständig gutes Wetter.

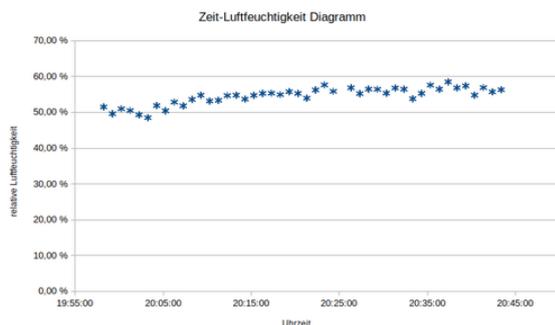


Abbildung 10: Zeitlicher Verlauf der Luftfeuchtigkeit

Die relative Luftfeuchtigkeit wurde als weitere relevante Größe gemessen (s. Abb. 10). Mit dieser Größe können Änderungen der örtlichen Luftmasse festgestellt werden. Unser niedrigster Wert liegt bei 48–49 % und der höchste liegt bei 58,49 %. Auch wenn unsere Messwerte nicht

konstant steigen, sondern kleine Schwankungen innerhalb der Messungen aufweisen, kann man erkennen, dass die relative Luftfeuchtigkeit im Laufe des Abends zunimmt. In den Abendstunden steigt die Luftfeuchtigkeit mit nachlassender Konvektion und dem Temperaturabfall wieder an.

Mit diesen Erkenntnissen konnten wir schon viel über den Aufbau und die Funktion unseres Wetters sagen. Doch wir wollten noch mehr wissen, weshalb der Wetterballon ins Spiel kam. Allerdings benötigten wir auch für den Wetterballon die entsprechenden Vorkenntnisse.

Der Aufbau der Atmosphäre

REBEKKA TRÖSTER

Die gasförmige Hülle der Erde wird als Atmosphäre bezeichnet. Sie setzt sich aus einem Gasgemisch aus 78 % Stickstoff, 21 % Sauerstoff, 1 % Edelgase und circa 0,03 % Kohlenstoffdioxid zusammen. Die prozentuale Zusammensetzung bleibt bis in etwa 80 km Höhe gleich, danach verändert sich die Zusammensetzung, und die leichten Gase, hauptsächlich Wasserstoff, überwiegen.

Die Atmosphäre kann man in unterschiedliche Schichten aufteilen. Die Schicht am Boden nennt man Troposphäre. An den Polen reicht sie bis in etwa 8 km und am Äquator bis in etwa 16 km Höhe. Die Temperatur nimmt im Mittel mit zunehmender Höhe gleichmäßig ab.

Über der Troposphäre folgt die Stratosphäre, die in etwa bis 50 km Höhe reicht. Die Temperatur bleibt bis etwa 25 km Höhe konstant, danach steigt sie bis zur oberen Grenze der Stratosphäre auf etwa die Temperatur an, welche am Erdboden herrscht. Die Stratosphäre zeichnet sich durch einen hohen Ozongehalt, seltene Wolkenbildung und laminare Luftströmungen aus. Der hohe Ozongehalt schützt den Erdboden vor der gefährlichen UV-Strahlung.

Von etwa 50–80 km Höhe reicht die Mesosphäre. In der Schicht nimmt mit zunehmender Höhe die Temperatur bis -70°C ab, und an der oberen Grenze können leuchtende Nachtwolken beobachtet werden. Die letzte Atmosphärenschicht – die Ionosphäre – reicht von 80

bis 600 km Höhe. In dieser Schicht treten die Nordlichter auf, und schon ab 100 km kreisen Satelliten um die Erde.

Ab 600 km Höhe beginnt die Exosphäre, also der luftleere Raum. Hervorzuheben ist, dass die Grenzen einer Schicht nicht durch die Höhe, sondern durch ihre unterschiedlichen Eigenschaften festgelegt werden.

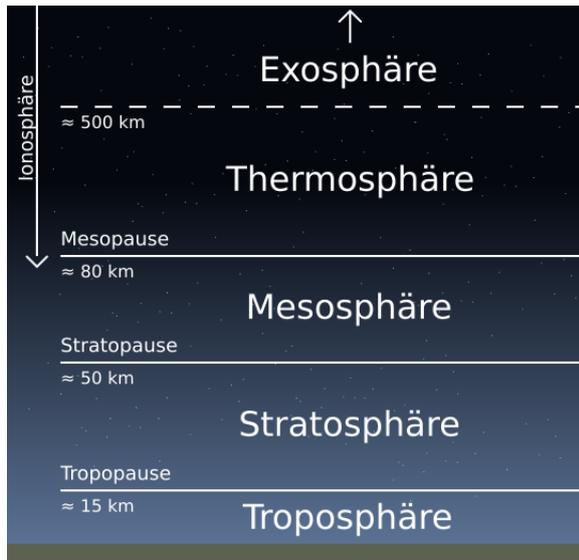


Abbildung 11: Schematischer Aufbau der Erdatmosphäre²

Das Wetter besteht im Wesentlichen aus Wolkenbildung, Niederschlag (Regen, Schneefall, Hagel usw.), Temperatur und Windverhältnissen. Notwendig für die Wolkenbildung ist die Luftfeuchtigkeit. Dadurch kann man die Grenze der Troposphäre bestimmen, denn nur in der Troposphäre befindet sich Wasserdampf, welcher notwendig für Wetterereignisse ist. Ein weiterer Aspekt des Wetters sind die Konvektionsströmungen, welche Wind und Wolken entstehen lassen. Die Konvektionsströmungen entstehen, wenn die Luft am Boden durch die Sonne erwärmt wird. Warme Luft hat eine geringe Dichte und steigt auf. Am Boden strömt von den Seiten Luft nach, welche sich ebenfalls erwärmt und aufsteigt. Die aufgestiegene Luft weicht nun der nachfließenden erwärmten Luft zu den Seiten aus. Dadurch entsteht ein Kreislauf, welcher erst dann zum Stillstand käme, wenn jede Luftschicht dieselbe Tempera-

tur hat. Beim Aufsteigen kommt die erwärmte Luft in Schichten mit geringerem Luftdruck, wodurch die Luftmasse ihr Volumen vergrößert und abkühlt. Außerdem kann die Luft nur eine bestimmte Menge an Wasserdampf pro Kubikmeter aufnehmen. Mit sinkender Temperatur sinkt auch die Wasserdampfmenge, die aufgenommen werden kann. Wenn die aufsteigende Luft gesättigt ist, also 100 % Luftfeuchtigkeit hat, und dabei die Temperatur sinkt, kann die Luft immer weniger Wasserdampf aufnehmen, deshalb fällt sie als Feuchtigkeit aus. Es bilden sich Wolken.

Wir konnten mit unserem Wetterballon und der Wetterstation die untersten zwei Schichten – die Troposphäre und die Stratosphäre – erforschen. Denn hier konnten wir Daten aufnehmen und auswerten. Die Troposphäre war dabei besonders interessant, denn hier spielt sich das ganze Wettergeschehen ab!

Lichtstreuung in der Atmosphäre

LEONARD LÖRING

Die Sonne und ihr Licht sind allgegenwärtig auf der Erde. Mit ihren Lichtstrahlen erwärmt die Sonne unsere Erde, lässt Wasser verdunsten, Wolken entstehen, Winde auftreten etc. Sie ist der Motor und die Energiequelle für unser Wetter.

Das Licht

Licht ermöglicht uns Menschen zu sehen. Jedoch ist das sichtbare Licht nur ein kleiner Anteil des gesamten Spektrums des Sonnenlichtes. Licht lässt sich mit der Modellvorstellung einer „Welle“ vereinfacht beschreiben. Denn es verhält sich in mancher Hinsicht ähnlich wie Schall- oder Wasserwellen. Wie andere Wellen hat das Licht auch verschiedene Wellenlängen. Zum Beispiel umfasst der Bereich des für uns sichtbaren Lichtes eine Wellenlänge von etwa 380 nm bis 780 nm ($3,8 \cdot 10^{-7}$ m bis $7,8 \cdot 10^{-7}$ m). Sichtbares Licht mit unterschiedlicher Wellenlänge nimmt unser Auge als verschiedenfarbig wahr, die Spektralfarben. Bei einem Regenbogen wird z. B. das weiße Licht in seine Spektralfarben zerlegt. Je kurzwelliger das Licht, desto

²Abbildung: Wikimedia, Niko Lang / Ladyt (CC BY-SA 3.0)

bläulicher, je langwelliger das Licht, desto rötlicher ist es. Kombiniert man alle Spektralfarben, so erhält man weiß.

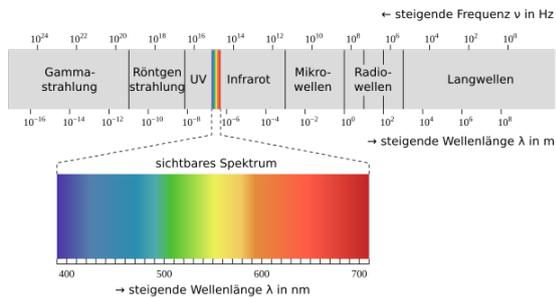


Abbildung 12: Spektrum des Lichts³

Himmelsblau sowie Morgen- und Abendrot

In Abhängigkeit von der Tageszeit und Bewölkung kann der Himmel unterschiedliche Farben annehmen. Der wolkenlose Himmel erscheint uns blau. Bei niedrigem Sonnenstand am Morgen und Abend kann Morgen- und Abendrot auftreten. Die Ursache für die unterschiedlichen Farben ist vor allem die Streuung des Lichtes in der Atmosphäre.

Streuung von Licht bedeutet, dass das Licht durch Wechselwirkung mit Objekten in unterschiedliche Richtungen abgelenkt wird. Beim Weg des Sonnenlichts durch unsere Atmosphäre wird das Licht an den Atomen und Molekülen der Atmosphäre gestreut, insbesondere an Stickstoff- und Sauerstoffmolekülen. Der englische Physiker Rayleigh fand um 1870 heraus, dass die Intensität des gestreuten Lichtes in unserer Atmosphäre stark von der Lichtfarbe, also von der Wellenlänge des Lichtes, abhängt. Rotes langwelliges Licht wird relativ wenig, grünes Licht schon mehr und blaues kurzwelliges Licht sehr stark gestreut. Die Intensität des gestreuten kurzwelligen blauen Lichtes ist ungefähr 16-mal so groß wie die des gestreuten langwelligen roten Lichtes. Bei höherem Sonnenstand ist der Weg des Lichtes durch die Atmosphäre vergleichsweise kurz und somit der Anteil des gestreuten blauen Lichtes groß. Deshalb erscheint uns der Himmel blau.

³Abbildung: Wikimedia, Matthias Matt (CC BY-SA 3.0)

In Abbildung 13 ist vom weißen Licht der Sonne jeweils nur der rote, grüne und blaue Anteil dargestellt. Auf dem Weg zum Beobachter verliert der rote Anteil kaum an Intensität, vom grünen Licht wird wenig, vom blauen sehr viel aus dem ursprünglichen Strahl herausgestreut. Da besonders der blaue Anteil des Sonnenspektrums geschwächt auf der Erde ankommt, ergibt die Überlagerung mit den übrigen Farbanteilen einen gelblichen Eindruck. Die Sonne erscheint uns weiß-gelblich.

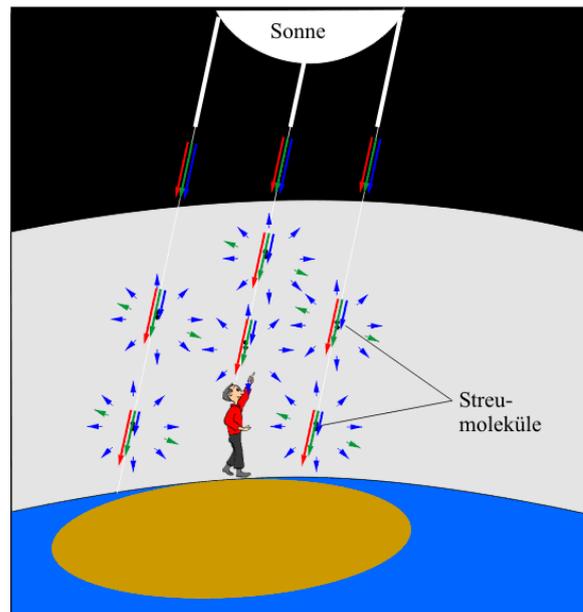


Abbildung 13: Streuung des Sonnenlichts in der Atmosphäre⁴

Rayleigh-Streuung tritt auf, wenn die Wellenlänge des einfallenden Lichts groß gegenüber dem Durchmesser der Teilchen ist. Schaut man sich einen wolkenlosen Himmel genauer an, stellt man fest, dass die blaue Färbung nicht überall gleich ist. In Horizontnähe erscheint das Blau wesentlich heller, vor allem an dunstigen Tagen. Dies lässt sich damit erklären, dass in den bodennahen Schichten neben den kleinen Gasatomen und Gasmolekülen auch größere Teilchen, die Aerosole, vorhanden sind. Diese sind z. B. sehr kleine Staubteilchen, Rauch, kleine Wassertröpfchen oder Bakterien. Diese Teilchen streuen das Sonnenlicht ebenfalls. Der deutsche Physiker Mie stellte zu Beginn des 20. Jahrhunderts fest, dass die Intensität der

⁴Abbildung: LEIFiPhysik – mit freundlicher Genehmigung

Streuung von Licht an Teilchen unabhängig von der Wellenlänge ist, wenn der Durchmesser der streuenden Teilchen ungefähr der Wellenlänge des Lichts entspricht oder größer ist. Dies trifft auf Aerosole zu. Weißes Sonnenlicht bleibt weiß. Es überlagert sich allerdings mit dem Blau des an den kleineren Gasteilchen gestreuten Lichtes. Da die Konzentration der Aerosole in Erdbodennähe deutlich größer ist als in der Höhe, kann man das weißlich-blaue Licht vor allem in Horizontnähe beobachten.

Steht die Sonne sehr niedrig über dem Horizont, kann man gelegentlich eine starke Rotfärbung des Himmels beobachten. Der Grund dafür ist, dass das Sonnenlicht am Morgen bzw. Abend einen deutlichen längeren Weg durch die Atmosphäre zurücklegen muss als beim hohen Sonnenstand am Mittag. (Die Luftmenge, die vom Sonnenlicht morgens und abends durchquert wird, ist bis zu 30-mal größer.) Da der blaue Anteil des Sonnenlichtes an den Gasatomen und Gasmolekülen deutlich stärker als der rote Anteil gestreut wird (vgl. Rayleigh-Streuung), wird das blaue Licht herausgefiltert. Die Sonne erscheint uns rötlich. Die Streuung an den Aerosolen (Mie-Streuung) sorgt für die rötliche Färbung des Lichtes in der Sonnenumgebung.

Aufbau der Daten-Box

LEON JAHNZ

Eine Herausforderung war, die Sensoren und das Equipment auf der ca. zweihundertsiebzig Quadratzentimeter großen Grundfläche der Styroporbox zu platzieren. Dabei mussten folgende Kriterien beachtet werden:

1. Der Schwerpunkt sollte möglichst mittig liegen, um eine waagerechte Kameraführung zu ermöglichen.
2. Jedes elektrische Gerät, das aufgrund seiner begrenzten Akkukapazität eine kontinuierliche Stromversorgung benötigte, musste so platziert werden, dass der Ladevorgang ermöglicht werden konnte.
3. Alle Sensoren, inklusive der Kamera, mussten vor starken magnetischen Feldern geschützt werden, da durch Induktion hervorgerufene Magnetisierungseffekte Schäden

hätten entstehen lassen. Glücklicherweise gab es jedoch kein starkes Magnetfeld, so dass dieser Punkt für uns irrelevant wurde.

4. Alle Sensoren, die Werte außerhalb der Box messen sollten, mussten außen angebracht werden (unter viel Stress, den wir definitiv hatten, vergisst man die einfachsten Dinge oft am ehesten).

Projektionszeichnung als Hilfe zur Raumeinteilung

Die Projektionszeichnung war ein essenzieller Bestandteil für die Raumaufteilung, da wir ohne sie nicht exakt planen konnten. Um diese Zeichnungen anzufertigen, wurden zunächst alle Bauteile genau vermessen und überlegt, wo welches Element platziert werden sollte. Unsere Ideen hielten wir in einer Dreitafelprojektion fest, die aus Vorder-, Drauf- und Seitenansicht bestand.

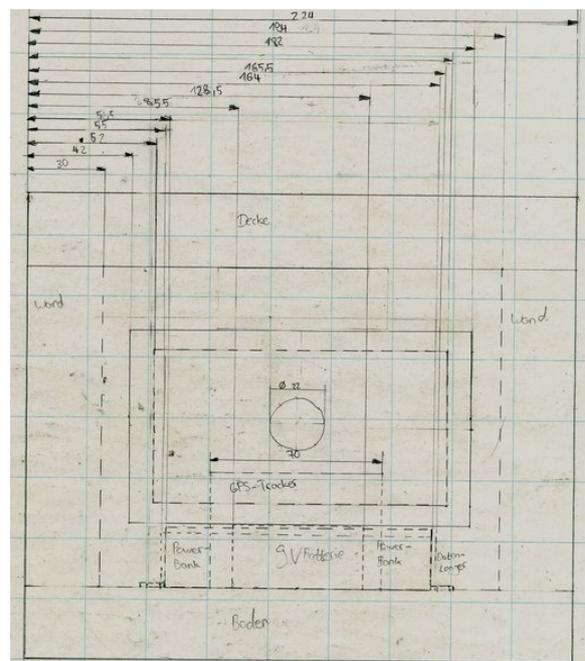


Abbildung 14: Vorderansicht der Dreitafelprojektion

Unter Beachtung dieser Kriterien und mit Hilfe der Dreitafelprojektionen sind wir zu der in Abbildung 15 gezeigten Raumeinteilung gekommen.

Am oberen Ende der Styroporbox ist die in die Wand eingebaute Kamera in ihrem Gehäuse zu erkennen, welche horizontal filmte. Sie

Der Start

Am Samstagmorgen war es dann soweit – der Ballon konnte gestartet werden. Jeder hatte eine zugewiesene Rolle. Der Pressesprecher Leon war dafür verantwortlich, den Zuschauern die Abläufe zu erklären und für gute Stimmung zu sorgen. Der Sportplatz wurde von Clara und Rieke, unserer Security, abgesperrt, und Planen wurden zum Schutz der empfindlichen Ballonhülle ausgelegt. Die Heliumbeauftragte Jeannine befüllte den Ballon mit Helium, der vom Ballonmaster Rebekka festgehalten wurde. Parallel wurde die Box vorbereitet. Der GPS-Master Julius und der Datamaster Leonard bauten Tracker und Datenlogger in die Box ein.



Abbildung 17: Startvorbereitungen

Als die zuvor berechnete Füllmenge erreicht war, wurde der Ballon von dem Ventilbeauftragten Nicola und dem Siegelmaster Sylvia verschlossen, obwohl er noch nicht sehr voll aussah und wir Zweifel hatten, ob er überhaupt fliegen würde. Trotzdem gab die Ballonkoordinatorin Anne ein Signal an die Boxkoordinatorin Julia, und der Kameramann Rouven schaltete die Kamera ein. Dies konnte erst kurz vor den Start gemacht werden, da die Kamera sonst überhitzen würde. Anschließend wurde die Box vom Klebemeister Umar verschlossen.

Nach der Freigabe durch den Flight Commander Ben wurde der Ballon von dem Knotenmeister Georg mit dem Fallschirm und der Box verbunden und langsam an der Startschnur hochgelassen. Durch starke Böen wurde der Ballon allerdings immer wieder zur Seite gedrückt, und nach wenigen Minuten war klar, dass er nicht fliegen würde. Der Start wurde abgebrochen: Die Auftriebskraft des Ballons war

nicht groß genug, da die Füllmenge zu gering war.

In einer Krisensitzung beschlossen wir, weiteres Ballongas in einem Spielwarengeschäft zu kaufen, und etwa 60 Minuten später konnte der zweite Startversuch unternommen werden. Nachdem der Ballon mit dem zusätzlichen Helium befüllt und wieder verschlossen war, konnte er endlich gestartet werden, und dieses Mal gelang der Start. Der Ballon stieg – jedoch langsamer als erwartet.

Die Suche

Der Ballon flog nach Westen, wie von einem Programm im Voraus berechnet, und wir verloren nach einigen Stunden das Signal. Dies deutete darauf hin, dass er so hoch war, dass der verbaute GPS-Tracker wie geplant kein Signal mehr sendete.

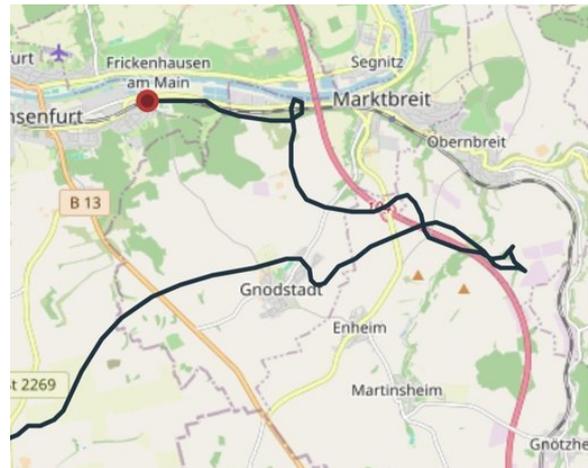


Abbildung 18: Flugroute über Ochsenfurt

Als wir dann gegen 16 Uhr erneut ein Signal aus Ochsenfurt in der Nähe von Würzburg empfangen, gingen wir davon aus, dass der Ballon geplatzt war und jetzt landete. Auch die vielen Schleifen, die er flog, deuteten auf eine Landung hin. Nachdem wir seine Flugroute eine Weile genau beobachtet hatten, fuhren wir in die Richtung des Signals, um die Box wieder einzusammeln. Doch bevor wir dort ankamen, brach das Signal ab. Genau über einem Bahn-gleis!

Dort angekommen suchten wir im Gebüsch neben den Gleisen und in einer Kleingartenanlage – unter der Mithilfe vieler netter Anwohner –

alles ab. Doch nach über einer Stunde intensiven Suchens mussten wir uns geschlagen geben, und wir fuhren zurück nach Adelsheim.



Abbildung 19: Suche im Dickicht

Es konnte viele Gründe für das Abbrechen des Signales geben, weshalb wir die Hoffnung, die Box noch zu finden, nicht aufgaben.

Eine Möglichkeit, die wir in Betracht zogen, war, dass der Ballon noch gar nicht gelandet war. Deshalb recherchierten wir am nächsten Tag, was passiert sein könnte, riefen die Deutsche Flugsicherung und in der Nähe liegende Flugplätze an, um nachzufragen, ob irgendjemand etwas gesehen hatte. Nichts!



Abbildung 20: Suche am Bahndamm

Als wir auch am nächsten Abend noch keine neuen Informationen hatten, gaben wir die

Hoffnung, den Ballon doch noch zu finden, endgültig auf. Die Chance, in Deutschland genau auf den Gleisen zu landen, lag zwar bei 0,01 %, doch wir hatten es geschafft – dachten wir!

Der Fund und die Bergung

Am Montag um kurz nach 7 Uhr schickte Umar einen Screenshot in unsere Signal-Gruppe: Wir hatten ein neues Signal aus Wyhl am Kaiserstuhl, circa 180 km Luftlinie entfernt.

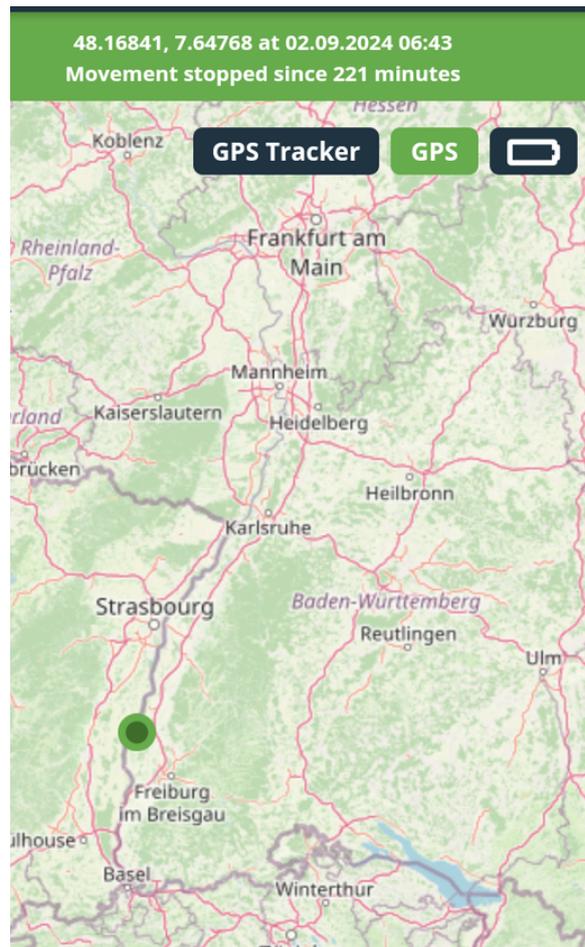


Abbildung 21: Signal aus Wyhl am Kaiserstuhl

Nachdem wir uns sicher waren, dass wir wirklich ein aktuelles Signal unseres GPS-Trackers empfangen, riefen wir die Eltern von Julius an, die erfreulicherweise nicht weit von Wyhl wohnen, und baten sie, am möglichen Fundort vorbeizufahren und herauszufinden, ob die Sensorbox dort tatsächlich lag.

So stellte sich heraus, dass unsere Ballonbox auf einem Hausdach gelandet war. Die Freude war überwältigend. Doch schnell gab es ein

anderes Problem: wie sollten wir die Box vom Dach herunterholen? Die Hauseigentümer waren nicht da, und auch die Feuerwehr konnte nicht helfen. Die Leiter der örtlichen Feuerwehr reichte nicht bis ans Dach, und ein Einsatz der Drehleiter aus dem Nachbarort wäre sehr teuer gewesen. Was nun?

Glücklicherweise hatten wir noch weitere Bekannte in dieser Gegend. Über den Vater unseres AL-Assistenten Mathis wurde ein Dachdecker vor Ort kontaktiert, der gegen Abend mit seinem Hubsteiger auf das Dach kletterte und unsere Box unentgeltlich herunterholte. Ein Freund von Mathis legte schließlich noch eine Nachtschicht ein, um uns die Daten der Kamera und des Datenloggers digital zu schicken. So konnten wir am Morgen des folgenden Tages bereits die Daten auswerten.



Abbildung 22: Bergung unserer Daten-Box von einem Wyhler Hausdach

Die Box wurde am Präsentationstag von Julius' Eltern nach Adelsheim gebracht. Und so fand die Odyssee unseres Wetterballons schließlich mit viel Glück und dank vieler hilfsbereiter Menschen doch noch ein glückliches Ende.

Analyse des Heliumdefizits

SYLVIA JOCHUM

Zwei der letzten Schritte vor dem Ballonstart waren die Berechnung der Füllmenge sowie der Flugroute des Ballons. Dafür verwendeten wir eine App der Firma Stratoflights. Die Heliummenge ist dabei abhängig von der Größe des Wetterballons, der Traglast und der gewünschten Aufstiegs geschwindigkeit. Es gilt: Je mehr

Helium eingefüllt wird, desto schneller steigt der Ballon und desto früher platzt er. Bei unserer Traglast von 960 g und einer gewünschten Steiggeschwindigkeit von 5 m/s verwendeten wir Helium in einer 20 l-Flasche mit 220 bar Fülldruck – so dachten wir jedenfalls.

Der erste Startversuch schlug jedoch fehl. Verantwortlich dafür war ein Heliummangel, obwohl die verwendete Ballongasflasche die gewünschte Menge hätte enthalten sollen. Warum sie das nicht tat, diese Frage bereitete uns in den nächsten Tagen großes Kopfzerbrechen. Für am wahrscheinlichsten hielten wir ein Leck, aber belegen konnte wir weder diese noch eine unserer anderen Vermutungen. Den zweiten Startversuch starteten wir mit einer zusätzlichen Ladung Helium aus einem Geschäft in Osterburken. Der Start gelang, die fehlende Füllmenge konnte das zusätzliche Helium aber nicht ausgleichen. Statt mit den gewünschten 5 m/s stieg der Ballon mit circa 1,3 m/s. Aus den vom Start vorhandenen Bildern berechneten wir seine Füllmenge, die 2–3 m³ betrug. Geplant waren 4 m³.

Die Frage bezüglich des Heliummangels blieb bis zum Dokuwochenende unbeantwortet. Bei der Rückgabe der leeren Heliumflasche im Baumarkt stellte sich heraus, dass der Hersteller die Flasche falsch etikettiert hatte und es sich nur um eine 10 l-Flasche handelte. Dies war die Hälfte der von uns eigentlich bestellten Menge. Weder im Lager noch beim Kauf wurde der Fehler bemerkt. Der Lagerchef konnte es sich nicht erklären und entschuldigte sich vielmals. Mit dieser Information konnten wir die Füllmenge beim zweiten Startversuch auf 2,6 m³ berechnen.

Die Flugroute

SYLVIA JOCHUM

Beim ersten Startversuch rechneten wir mit einem circa 3-stündigen Flug Richtung Nordosten. Die Landung sollte in der Nähe von Tauberbischofsheim erfolgen. Diese Route hatte die Voraussetzung, mit einer Geschwindigkeit von 5 m/s aufzusteigen.

Durch den Mangel an Helium beim Start hat sich die Aufstiegs geschwindigkeit deutlich ver-



Abbildung 23: Mittels Stratoflight-App vorausberechnete Flugroute für eine Steiggeschwindigkeit von 4,5 m/s

ringert. Aus den Beobachtungen schätzten wir sie auf 1–2 m/s, woraus wir eine neue, ungefähre Flugroute berechneten, die eine Landung nach 10 h ergab. Tatsächlich flog der Ballon zu Beginn auch Richtung Nordosten. Über Ochsenfurt wechselte er nach 4 h Flug die Richtung nach Südwesten und flog einige Schleifen, was wir zu diesem Zeitpunkt als Hinweis auf die Landung deuteten und in die Richtung zur Ballonsuche führen, die jedoch erfolglos war.

Eineinhalb Tage später landete der Ballon, und wir konnten aus den GPS-Daten des Datenloggers die restliche Flugroute nachvollziehen. Nach der Auswertung wussten wir, dass der Wetterballon sich in Ochsenfurt auf einer Höhe von 21 km befunden hatte. Da die Reichweite des GPS-Trackers nur 8–10 km in die Höhe beträgt, hätten wir kein Signal empfangen sollen. Möglicherweise war ein Flugzeug etwas tiefer vorbeigeflogen, welches das Signal weiterleitete. Die Schleifen und der Flugrichtungswechsel in Ochsenfurt lassen sich vielleicht durch eine Warmfront aus Richtung von Würzburg erklären, belegen können wir dies aber nicht. Am Starttag hatten wir diese Information jedoch noch nicht und nahmen an, dass sich der Ballon im Landeanflug befand.

Der Datenlogger speicherte die Daten bis Künzelsau, das der Ballon nach 10 h Flug erreichte.

Kurz vor Künzelsau war der der Ballon auf eine Höhe von 31 km gestiegen. Nach 10 h fiel der Akku aufgrund der niedrigen Temperatur in der Box schließlich aus. Fast 40 h nachdem der Wetterballon gestartet war, erreichte uns ein Signal des GPS-Trackers aus Wyhl am Kaiserstuhl bei der Grenze zu Frankreich.

Vermutlich war der Grund, warum der Wetterballon nicht zwischen Ochsenfurt und Künzelsau geplatzt war, dass der Ballon mit zu wenig Helium gefüllt war. So erreichte er in der Höhe nicht die maximale Ausdehnung. Es kann sein, dass der Ballon ab Künzelsau solange weiterflog, bis die Latexhülle durch Materialermüdung platzte und die Box am Fallschirm bei Wyhl landete.

Somit haben wir von Künzelsau bis Wyhl leider keine Daten.

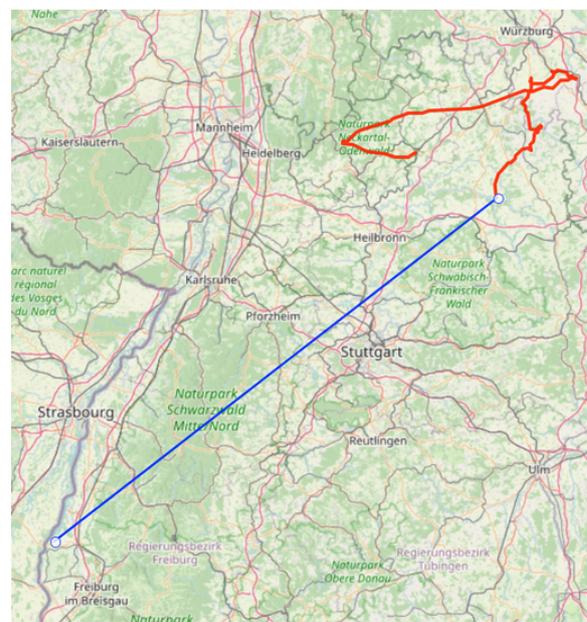


Abbildung 24: Rot: dokumentierte Flugroute, blau: Verbindungslinie zwischen letztem Signal und Fundort

Auswertung der Flugdaten

JULIUS VON DER MARK

Nachdem wir die Daten unseres Wetterballons übermittelt bekommen hatten, ging es sofort an die Arbeit. Da der Datenlogger alle zwei Sekunden einen Wert aufgezeichnet hatte, enthielt unsere Tabelle über 18202 Zeilen. Diese

Daten wurden zunächst bearbeitet. So wurde beispielsweise die Zeit vom UTC-Format (UTC: koordinierte Weltzeit) in das Format der mitteleuropäischen Sommerzeit umgerechnet und der Mittelwert der beiden äußeren Temperaturmesswerte gebildet.

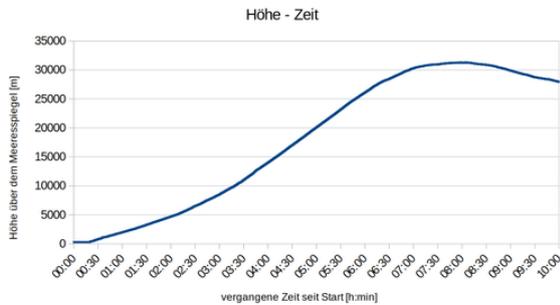


Abbildung 25: Höhenverlauf unseres Fluges

Im Diagramm 25 ist die Höhe der Kapsel bezogen auf die Zeit nach dem Start dargestellt. Zu sehen ist, dass die Kapsel im Beobachtungszeitraum ihre Maximalhöhe nach etwa acht Stunden und neun Minuten bei ungefähr 31338 m über dem Meeresspiegel erreichte.

Im Zeitraum zwischen drei Stunden und 15 Minuten und sechs Stunden und 15 Minuten stieg die Kapsel annähernd linear an. Wenn man die Steigung berechnet, kommt man in diesem Zeitraum auf eine durchschnittliche Steiggeschwindigkeit von etwa 1,65 m/s. Somit stieg unser Ballon weitaus langsamer als die 5 m/s, die wir eigentlich erreichen wollten.

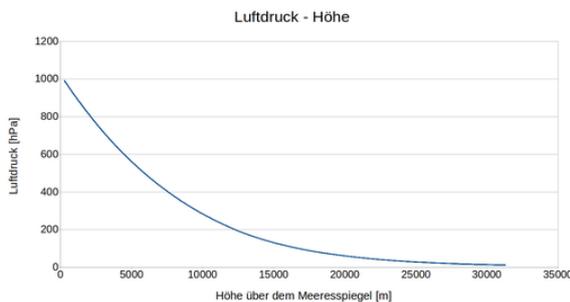


Abbildung 26: Luftdruck in Abhängigkeit von der Höhe

Im Diagramm 26 ist zu erkennen, dass der Luftdruck mit der Höhe exponentiell abnimmt. Diese Abnahme kann man näherungsweise mit der barometrischen Höhenformel berechnen:

$$p = p_0 \cdot e^{-\frac{\rho_0 g h}{p_0}}$$



Abbildung 27: Außentemperatur in Abhängigkeit der Höhe

Diagramm 27 zeigt den Zusammenhang zwischen der Außentemperatur und der Höhe. Unsere Temperaturkurve zeigt, dass die Temperatur bis zur Tropopause (in 6–18 km Höhe) hin abnahm und dann in der Stratosphäre wieder anstieg. Es ist erkennbar, dass die Temperatur in einer Höhe von 30 000 m wieder abnahm. Das lag daran, dass der Ballon bei dieser Höhe seine Maximalhöhe erreichte und danach wieder sank. Im Vergleich von unseren Temperaturmesswerten mit Messwerten von Wetterballons, die der deutsche Wetterdienst im selben Zeitraum startete, zeigt sich, dass unsere Messwerte 25–30 K zu hoch waren.

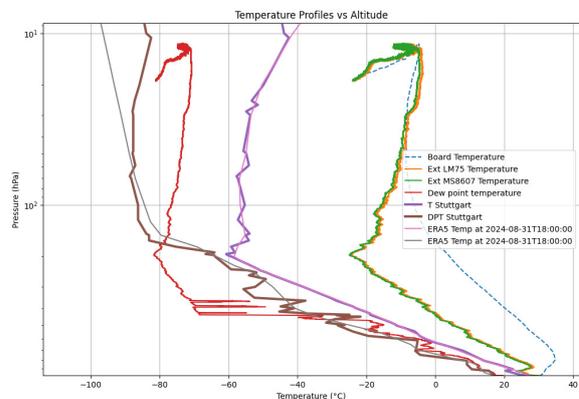


Abbildung 28: Unsere Temperaturmesswerte im Vergleich mit Daten anderer Sonden des gleichen Tages⁶

In Grafik 28 wird dies verdeutlicht. Der grüne und der orange Graph beschreiben den Verlauf unserer Temperaturmesswerte, die anderen Graphen zeigen den Verlauf von Ballon-

⁶Abbildung: Dr. Tobias Kerzenmacher, Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Atmosphärische Spurengase und Fernerkundung am KIT (Karlsruhe Institute of Technology) – mit freundlicher Genehmigung

Messwerten des Deutschen Wetterdienstes. Es ist möglich, dass Fehler im Sensor (z. B. bei der Produktion) oder die Nähe des Akkus zu den Sensoren diese Verschiebung bewirkt haben könnten, die Analyse ist jedoch noch nicht abgeschlossen.

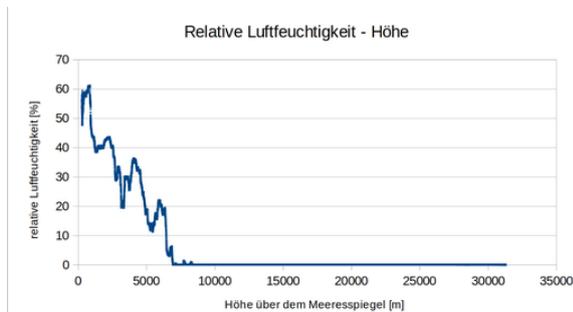


Abbildung 29: Abhängigkeit der Luftfeuchte von der Höhe

Im Diagramm 29 wird der Zusammenhang zwischen der relativen Luftfeuchtigkeit und der Höhe aufgezeigt. Es ist zu erkennen, dass sich bis in etwa 8 500 m Höhe Wasserdampf in der Luft befand. Die unregelmäßige Kurve mit den Ausreißern ist auf Wolken zurückzuführen, welche aus Wasserdampf und Wassertropfen bestehen.

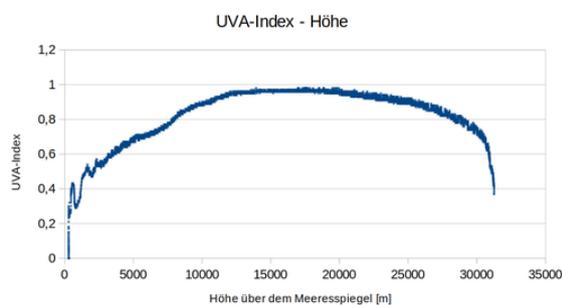


Abbildung 30: UVA-Index in Anhängigkeit der Höhe

Das Diagramm 30 erklärt, wieso die UV-Strahlung auf Bergen intensiver ist als im Tal. Die ultraviolette Strahlung vom Typ A (UVA-Strahlung) ist eine energiereiche, elektromagnetische Strahlung außerhalb des sichtbaren Spektrums, die zu Hautalterung führt und Krebs verursachen kann. Im Diagramm ist der Zusammenhang zwischen dem UVA-Index und der Höhe verdeutlicht. Zu erkennen ist, dass der UVA-Index schon bei geringer Höhe stark ansteigt, da die UVA-Strahlung immer weniger absorbiert wird. Die sehr starke Abnahme am Ende der Kurve ist darauf zurückzuführen,

dass die Dämmerung einsetzte und die gesamte Sonneneinstrahlung abnahm.

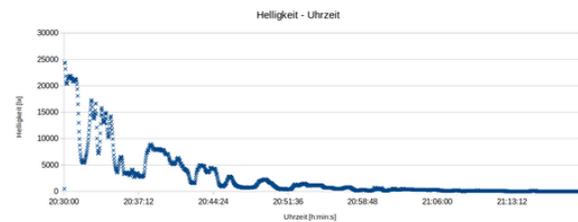


Abbildung 31: Helligkeit in Abhängigkeit der Zeit

Im Diagramm 31 ist der Verlauf der Helligkeit über den Abend dargestellt. Die Helligkeit nahm von etwa 21 000 lx um 20:30 Uhr auf etwa 400 lx um 21:00 Uhr ab. Dabei handelt es sich annähernd um eine exponentielle Abnahme. Unsere Box drehte sich während des Flugs, sodass sich der Helligkeitssensor zur Sonne hin- und wieder wegdrehte. Dies erklärt den schwankenden Kurvenverlauf.

Zitate

- Immer höher, immer weiter – Meteo, wir sind die Fighter! (Schlachtruf beim Sportfest)
- Schneller als der Jetstream! (Schlachtruf Sportfest)
- Relativ ist ein anderes Wort für eigentlich. (Georg)
- Der Ballon denkt sich: No risk, no fun! (Ben)
- Vorne drücken, hinten ziehen. (Clara darüber, wie man ein Auto den Berg hochbekommt)
- Wir können mit Druck umgehen!
- Der Letzte kommt zum Schluss. (Ben)

Kursübergreifende Angebote (KüAs) und weitere Veranstaltungen

Musik

RIEKE BRÖKELMANN

Jeden Tag von 13:45 bis 15:45 hat sich die Musik-KüA im Raum hinter dem Plenum versammelt, um gemeinsam zu musizieren. Nachdem wir im Vorfeld bei der Anmeldung schon unsere Instrumente angegeben hatten, konnten Isabella und Maria Stücke zu unserem diesjährigen Akademiethema „Kosmos“ auswählen und eigens für uns arrangieren. Dabei haben die beiden eine wundervolle Mischung aus „Star Trek“, „Interstellar“, „E. T.“, und „Star Wars“ vorgeschlagen.

Nach dem ersten gemeinsamem Zusammentreffen war schnell klar, dass das hier etwas ganz Besonderes entstehen würde. Mit unseren durchaus nicht geringen Vorkenntnisse auf unseren Instrumenten freuten wir uns, dass wir eine hochwertige Abwechslung zu den meisten Schulorchestern geboten bekommen würden. Deshalb freuten wir uns regelmäßig auf die Nachmittage, um nach den teils sehr anstrengenden Kursschienen gemeinsam zu musizieren. Oft teilten wir uns am Anfang auf, um in kleineren Stimmgruppen zu üben. Am Ende haben wir dann alle gemeinsam unsere Fortschritte zusammengefügt und die Stücke gemeinsam im Tutti geprobt.

Doch neben den Stücken für den Abschlusstag durfte der Spaß auch nicht zu kurz kommen: Gegen Mitte der Akademie hatten einige von uns kleine Tontröten gefunden, die alle unterschiedlich Tonhöhen besaßen. Wir kamen auf die Idee, unser Akademielied „Völlig losgelöst“ mit den Instrumenten zu spielen und den Refrain dann zu tröten. Wir übten also ganze zwei Wochen fleißig an unserem Programm, um gut vorbereitet für den Höhepunkt – den Hausmusikabend – zu sein. Hier wurden sowohl Solobeiträge als auch Stücke vom Orchester ge-

spielt. Von brillanten Solos über Duos und eine kleine Band konnte sich jeder voll und ganz austoben und das Publikum begeistern. Am Ende des wirklich gelungenen Abends haben wir dann tatsächlich als Orchester unseren Major Tom mit den kleinen Tontröten gespielt. Das gesamte Publikum sang mit und machte so das Ganze zu einem unvergesslichen Erlebnis.



Am nächsten Abend war es dann schon soweit: Unsere Eltern kamen, um sich unsere Präsentationen anzuhören und dann das Abschlussprogramm in der Aula mitzuerleben. Hier sollte das Orchester für die musikalische Umrahmung des Abends sorgen. Auch hier spielten wir wieder unser Programm und am Ende als Zugabe auch Major Tom. Unsere Eltern waren hellauf begeistert, und wir als Orchester werden diese besondere Akademie nie vergessen!

Theater

SARA TEMELKOV, JANA SEIDELMANN

Im Rahmen des kursübergreifenden Angebotes „Theater“ arbeiteten wir an einem sowohl spannenden als auch skurrilen Theaterstück mit dem Titel „Liebe ohne E“. Unter der Leitung

von Thorsten, unserem verrückten, warmherzigen und äußerst engagierten Theaterleiter, tauchten wir in die Bühnenwelt ein und arbeiteten alle gemeinsam an einer Inszenierung für unser Theaterstück, welches Thorsten extra für uns geschrieben hatte. Bei unserem ersten Treffen erhielten wir den Text und lasen ihn in verteilten Rollen. Kaum einer von uns stand jemals auf einer Bühne, trotzdem schafften wir es schon in der ersten Probe, alle Rollen zu verteilen und uns auf das Stück zu stürzen. Als wir mehr und mehr mit unserem Text und unseren Rollen vertraut wurden, sog uns der Bann des Theaters endgültig auf. Tag und Nacht lernten wir unsere Texte und schlüpfen in unsere Rollen.



In unserem Theaterstück ging es um multiple Charaktere, welche durch einprägsame und vielseitige Lebenssituationen geleitet wurden. Sie erlitten Herzschmerz oder fanden die große Liebe. Sie hatten eine wahre Passion für ihren Job oder sie zerbrachen an ihm. Sie alle hatten ihre Probleme, die allen aus irgendeinem Kontext bekannt waren. Kein Glück in der Partnersuche, Probleme in der Ehe, Konflikte mit sich selbst. Durch unsere Rollen konnten wir an diesen Problemen wachsen, indem wir sie durchlebten und uns mehr und mehr in die Charaktere eindachten.

Trotz großer Nervosität am Präsentationstag und nur acht Proben schafften wir es, das Stück mitreißend vorzuspielen. Unsere Mühen zahlten sich aus. Bine sprach so langsam und deutlich, dass man sie in der allerletzten Reihe problemlos verstehen konnte, Cleo und Günther prügeln sich täuschend echt, sodass eine unserer Requisiten (natürlich gewollt) krachend zu Fall kam. Francesca sang atemberaubend schön und zeichnete somit unseren krönenden Abschluss, den Mario mit den Weisheiten des Lebens füllte. Am Ende verbeugten wir uns in

großem Applaus und wussten, dass wir alle ein Stück gewachsen waren.

Thorsten war mehr als unser Regisseur für uns. Er motivierte uns, wenn wir müde waren, er glaubte an uns, wenn wir es gerade nicht taten. Er hängte sich voll und ganz in das Stück und feilte bis spät in die Nacht daran, sodass wir am nächsten Tag eine verbesserte Version erhielten. Zugegebenermaßen änderte er spontan des Öfteren etwas, aber am Präsentationstag konnten wir dank des Engagements und der Zeit von jedem einzelnen Teilnehmer ein wunderbares Theaterstück aufführen.

Wir lernten nicht nur etwas über das Leben in seiner Komplexität und Verrücktheit, sondern auch etwas über das Theater. Über das Miteinander und die Unterstützung untereinander. Wir lernten, die jeweiligen Rollen gebührend darzustellen, und wuchsen über uns hinaus.

Auch nach der Akademie erinnern wir uns an unser Stück und an das, was wir dadurch gelernt haben. Unsere Rollen lehrten uns, dass die Liebe nicht einfach ist, dass die Liebe in jedem von uns steckt und dass man Liebe manchmal findet, auch wenn man sie gar nicht gesucht hat.



Sport

KYRA HEIDORN

Zu den großen kursübergreifenden Angeboten der Akademie zählt auch die von Wiebke geleitete Sport-KüA. Schon am Eröffnungswochenende wurde an einem Morgen das erste Mal ein Zirkeltraining angeboten, welches einen kleinen Einblick in die Sport-KüA ermöglichte. In der zweiwöchigen Sommerakademie hat Wiebke sich dann aber nochmal selbst übertroffen.

Wer wollte, konnte bereits morgens um 7 Uhr am Frühsport teilnehmen, bei dem es entweder zum Joggen durch den Wald oder zu verschiedenen Workouts wie Zirkeltraining, Tabata oder Strong Nation, aber auch Angeboten wie Yoga, Volleyball und Zumba in die Sporthalle ging. An einem Morgen stand auch eine kleine Challenge auf dem Programm, bei der verschiedene Übungen mit bestimmter Anzahl an Wiederholungen vorgegeben wurden und es anschließend galt, in zwölf Minuten so viele Runden wie möglich zu schaffen. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer, die Lust hatten, hatten dann die Möglichkeit, zu Hause zu trainieren, um sich am Dokuwochenende zu überbieten. Auch wenn es noch recht früh war, fühlte man sich nach dem Sportprogramm von Wiebke jedes Mal besser und konnte mit guter Laune und viel Energie in den neuen Akademietag starten.

Nachmittags bestand bei gutem Wetter die Möglichkeit, zusammen mit Wiebke auf den Sportplatz zu gehen und sich mit Beachvolleyball, Fußball, Beachminton (Mischung aus Beachvolleyball und Badminton), Ultimate Frisbee oder Capture-the-Flag begeistern zu lassen, wobei Beachvolleyball für uns Teilnehmerinnen und Teilnehmer ganz klar das Highlight war – weshalb es auch außerhalb der KüA häufig gespielt wurde.



Wer dann noch Lust hatte, konnte am Abend schließlich noch einmal in die Sporthalle gehen und sich vor dem Schlafen mit Zumba auspowern oder bei Stretch & Relax entspannen, wobei man sich zuerst intensiv dehnte und anschließend mit einer kleinen Traumreise zur Ruhe kam.

Schnell erkennbar war auch, wer die Sport-Ratten unter den Teilnehmerinnen und Teilnehmern waren, die vom Anfang bis zum Ende

der Akademiezeit durchhielten. Einige Dinge waren nicht mehr aus der Sport-KüA wegzudenken: Zum einen Wiebkes große Musikbox, mit der sie uns durch verschiedene Genres zusätzlich motiviert hat, aber auch ihr Lächeln, das bis zum Ende des Programms stets auf ihrem Gesicht zu sehen war – unabhängig davon, wie sehr sie uns alle zum Schwitzen brachte.



Insgesamt lässt sich sagen, dass Wiebke uns Teilnehmerinnen und Teilnehmern ein umfangreiches und großartiges Sportprogramm geboten hat, bei dem für jeden etwas dabei war. Auch hatte sie stets ein offenes Ohr für unsere Vorschläge, um das Angebot möglichst vielfältig und nach unseren Wünschen zu gestalten. Spaß und gute Laune standen dabei immer an erster Stelle, und Wiebke erinnerte uns jedes Mal daran, dass alle perfekt sind, wie sie sind, weshalb man sich bei Wiebke in der Sport-KüA immer sehr wohlfühlt und mit Motivation und Begeisterung am Sport dabei war. Zusätzlich dazu konnten wir viele schöne Erinnerungen sammeln, und wir wollen uns bei Wiebke für diese schöne Zeit ganz herzlich bedanken.

Debating

SARA TEMELKOV

An einem Abend hatten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Möglichkeit, an der Debating-KüA teilzunehmen, die von Laura, Mantas, Sara und Thilo organisiert wurde. Als Gast bei uns war Mathis Bußhoff, ein erfahrener Debattant und Teil unserer AL-Assistenz. Da sich die Gruppe aus eher unerfahrenen, aber

interessierten Mitgliedern zusammensetze, griffen wir auf einen spielerischen Einstieg in das Debating zurück: das Balloon-Debating. Hierbei wurden verschiedene Rollen an die einzelnen Teilnehmerinnen und Teilnehmer verteilt. Die Mitsreiter befanden sich dabei auf einem Heißluftballon. Es galt zu debattieren, wer aus dem Heißluftballon springen mussten, da dieser zu schwer war, um alle zu halten. Es waren sowohl einfachere Rollen wie Arzt oder Lehrerin als auch Soldat oder sogar Influencer dabei. Den Influencer verteidigte Mathis mit starken Argumenten zwar erfolglos, aber unermüdlich. Leider wurde er deswegen kaltblütig aus dem Ballon geworfen. Am Ende dieser KüA hatte jeder der Anwesenden einen Einblick in das Debating erlangt und war auch motiviert, dies in Zukunft fortzuführen.

Dirigieren

VIOLETTA STEIGER

Am Sonntag in der Abend-Schiene fand die Dirigieren-KüA statt. Isa hatte dafür sogar Dirigentenstäbe mitgenommen, mit denen wir selbst dirigieren durften. Zunächst mussten wir unsere Arme mit der Übung „Tote-Arme“ lockern. Dabei musste man seine Arme schlaff halten, während der Partner diese dann bewegte. Dabei hatten viele sehr kreative und lustige Umsetzungsmethoden genutzt. Nachdem wir dann die Grundlagen der Schlagbewegungen in den verschiedenen Taktarten gelernt hatten, ging es schon los. Die KüA-Teilnehmer durften das ganze Akademieorchester dirigieren. Anfangs trauten sich nur wenige, aber nach einigen Durchläufen wagten sich dann auch die anderen an das Dirigieren. Für den Fall, dass es Schwierigkeiten gab, stand Isa vorne, um jeden sehr hilfsbereit zu unterstützen. Insgesamt wurde sehr viel gelacht, und es hat auch jedem sehr viel Spaß gemacht.

Elektroniklöten

KATERINA TANEVA

Was ist Löten? Löten ist das Verbinden von Metallen, bei dem sie durch Schmelzen von

Lot miteinander verbunden werden, ohne den Grundwerkstoff wesentlich an- oder aufzuschmelzen. Das wird in der Elektrotechnik und im Bau benutzt.



Zunächst erklärt uns KüA-Leiterin und Elektrotechnikstudentin Melli einen vorgegebenen Bauplan und die Funktionsweise jedes einzelnen Bauelements. Auch ohne Vorwissen hatten wir danach die Funktion von dotierten Übergängen verstanden.

In der Löt-KüA war die Praxis sehr wichtig. Unser Ziel war, eine Festplatte so zusammenzulöten, dass zwei verschiedene LEDs bei einem Anschluss an einer Batterie abwechselnd leuchten. Die von uns benutzten Bauteile waren neben den LEDs Transistoren, Kondensatoren und verschiedene Widerstände.

Mit viel persönlicher Erfahrung konnte uns Melli oft weiterhelfen. Bei Fehlern wurde uns gezeigt, wie man sie rückgängig machen kann. Bei einem falsch verlöteten Teil haben wir das Zinn wieder erhitzt und mit einer Zinnpumpe abgezogen. Die Löt-KüA gab uns die Möglichkeit, etwas Neues auszuprobieren. Viele werden sicherlich bei Gelegenheit gerne wieder einmal löten.

Poker

ALEXANDER PROBST

An einem Nachmittag fand die Poker-KüA von Matthias statt. Wir hatten drei Kartendecks zur Verfügung und spielten Poker mit Papiereinsätzen und andere Kartenspiele. Einige waren so begeistert von dem Spiel, dass sie mehrmals

täglich in ihrer Freizeit pokerten. Irgendwann hatte jemand die Idee, ein kleines Roulette-Set zu bestellen und die Poker-KüA als Casino-KüA wiederaufleben zu lassen. Doch leider hatte er eine falsche Adresse eingegeben, und so wurde in der Casino-KüA nur gepokert.

Garten

BEN MARX

Am Mittwochmittag mitten in der Mittagshitze war es soweit: Eine fünfköpfige Gruppe begab sich unter der Leitung von Svenja Rappold in den Schulgarten des Eckenberg-Gymnasiums. Dort hatten wir die Möglichkeit, Tomaten- und Paprikasamen aus samenfesten Sorten zu gewinnen. Von groß bis klein und von rot bis grün war alles an Tomatensorten vertreten, was ein Gärtnerherz höher schlagen lässt. Dabei wurde auch viel probiert, denn natürlich wollten wir wissen, wie unsere Tomaten später schmecken werden.

Danach ging es an das Erdbeerbeet, wo wir die Ableger der Erdbeerpflanzen abschnitten, um sie im Anschluss im gut geheizten Gewächshaus in kleine Töpfe zu setzen. Die Erde dafür bezogen wir zum Teil aus dem Kompost, der sich ebenfalls im Schulgarten befand. Nach zwei Stunden ging es zurück in die Kurse, und mit etwas Glück können wir nächstes Jahr ganz viele Vitamine mit schönen Erinnerungen an die Akademie genießen..

Improtheater

LAURA MIHALKOVA

Im Rahmen einer Abend-KüA-Schiene fand die Improtheater-KüA bei Thorsten vor dem LSZU II statt. Hierbei ging es um das Theaterspielen, aber ohne Text oder jegliche Vorbereitung.

Beim Spiel „Drei Tote“ wurden drei Freiwillige vor eine echte Herausforderung gestellt. Sie mussten Todesursachen wie „vom Cellostab erstochen“, die sie von der Gruppe vorgegeben bekamen, in eine glaubhafte Geschichte verwandeln und diese einem großen Publikum aus Teilnehmern vermitteln.

Beim zweiten Spiel hatten wir auch viel Spaß, als eine Gruppe Schauspieler aus dem Publikum ein Setting bekam und zwischendurch Zettel mit Zitaten vom Boden aufgehoben und ins Theater eingebaut werden mussten. Hier konnten wir unsere wundervollen Zitate aus der Akademie wie „Big brother is watching you!“, „Ich glaube, Jens fehlt noch!“ und viele weitere verwenden.

Insgesamt hat uns diese KüA sehr viel Spaß gemacht, da wir viel gelacht haben, sodass einige nach dem offiziellen Ende sogar noch weitergespielt haben.

Capture the Flag

BEN MARX

In der Mittags-KüA-Schiene hatten alle, die sich nicht für Musik oder Theater verpflichtet hatten, zweimal die Möglichkeit, Capture the flag zu spielen. Die beiden Teams mussten innerhalb ihres Gebiets die Flagge verstecken und im Anschluss versuchen, die Flagge des Gegners zu finden und in die eigene Spielhälfte zu bringen.



Durch die verschiedenen Taktiken und das Gelände mit Sträuchern und Gebäuden gestaltete sich das Ganze schwieriger als gedacht. Bereits nach einigen Minuten kamen die ersten Spieler, die in der gegnerischen Hälfte gefangen wurden, zurück, um sich erst bei Wiebke freizuwürfeln und anschließend von der Base aus neu zu starten.

Nach knapp zwei Stunden wurden wir zum Glück von der Rennerei erlöst und durften duschen, um danach wieder mit größter Motivation in den Kurs zu starten. Alles in allem hat

es den meisten sehr viel Spaß gemacht, auch wenn es manchmal Meinungsverschiedenheiten zum Thema Erreichbarkeit der Flagge gab.

Keramik

LIVIA GRAMLICH

In der Töpfer-KüA durften wir an zwei Abenden unserer Kreativität freien Lauf lassen. Mit unterschiedlichen Techniken und Tonarten haben wir von Skulpturen über Tic-Tac-Toe-Felder bis zu Schüsseln alles Erdenkliche getöpft. Von Georg und Katherina wurden wir dabei tatkräftig angeleitet und unterstützt.

Nachdem wir unsere Kunstwerke fertig getont hatten, mussten wir einen Tag warten, bevor wir sie gravieren konnten. Der Ton musste dann in einem 1200 °C heißen Ofen gebrannt werden. Im Anschluss haben wir uns wieder getroffen und unsere Werke bemalt und glasiert. Damit das Ganze gut hält und stabil ist, wurde alles noch ein zweites Mal gebrannt.

Am Donnerstagmorgen konnten wir dann alle unsere Ergebnisse bewundern und einpacken, um sie mitzunehmen und bei der ein oder anderen Schüssel Müsli oder Runde Tic-Tac-Toe an die Akademie zu denken. Es war eine sehr schöne Erfahrung, und egal ob Anfänger oder Profi hatten wir eine spaßige Zeit bei diesem tollen Angebot.

Werwolf

JESSICA GUO

„Im Dorf des finsternen Dusterwaldes sterben jede Nacht zwei Dorfbewohner . . .“

An einem Abend der Akademie ging es blutig zu. Die kleine, idyllische Dorfgemeinschaft im Dusterwald aus 25 Dorfbewohnern, die normalerweise schon von Werwölfen terrorisiert wird, wird dieses Mal auch noch von Vampiren gejagt, die sich unter sie gemischt haben und ebenfalls jede Nacht ein Opfer töten. Jeder versucht, seine Rolle geheim zu halten, und man weiß nie, wem man wirklich trauen kann. Es war ein Abend voller Täuschung, Intrigen und Drama!

Nun saßen die Spielerinnen und Spieler also da und waren bereit, sich gegenseitig zu betrügen und in den Tod zu schicken – nur diesmal nicht nur wegen der Werwölfe, sondern auch wegen einer neuen, blutsaugenden Bedrohung. Hitzige Diskussionen, Lügen und Drohungen füllten den Tag.

Das Beste aber ist, dass die Werwölfe und Vampire Gegner sind! Es entbrannte ein wahrer Krieg – zum Glück der Dorfbewohner – zwischen den Werwölfen und den Vampiren, die sich gegenseitig töteten. Alles entwickelte sich langsam, aber sicher in ein riesiges Durcheinander. Keiner verließ das Spiel, auch wenn er bereits getötet worden war. Die Spannung blieb bis zum Schluss, als nur noch ein Dorfbewohner, ein Werwolf und ein Vampir überlebten. Am Ende errangen die Werwölfe ganz ganz knapp ihren Sieg, indem sie den Vampir erwischten und damit die einzigen Überlebenden waren.

Als Spielleiter hatte ich einen Heidenspaß dabei, das Chaos zu beobachten und die Geheimnisse zu hüten. Danke an alle, die gekommen sind, und an Charlotte, die das Spieldeck besorgt und mitgebracht hat!

Seifenblasen

ADA KAUTZLEBEN

In einer Abend-KüA-Schiene trafen sich fünf sehr gespannte Teilnehmer zusammen mit Ronja, die die Seifenblasen-KüA angeboten hatte, im Eckenberg-Gymnasium. Angekündigt war, selbst eine Seifenblasenmischung herzustellen, um dann mit den Seifenblasen zu spielen. Gesagt, getan. Zunächst wogen wir Reissirup, destilliertes Wasser, Glycerin und Spülmittel mehr oder weniger genau ab, mischten daraus unsere eigene Seifenlauge in einer Kaffeetasse und rührten sie mit einem morschen Aststückchen um.

Anschließend gingen wir vor das Gebäude, um unsere Mischung auszuprobieren und mit Seifenblasen zu spielen. Dafür zogen wir uns Wollhandschuhe an und konnten so die Blasen mit der Hand auffangen und wie einen Luftballon immer wieder „hochwerfen“, da die Seifenlauge besonders stabil war. Wir hatten nicht damit

gerechnet, dass die Blasen so langlebig und stabil waren, dass man sie tatsächlich so gut hochwerfen konnte, und waren dementsprechend sehr überrascht. Glücklicherweise spielte das Wetter mit und so nutzten wir die Zeit ausgiebig. Wir hatten alle sehr großen Spaß, und es sind viele tolle Bilder entstanden.



Astro-Bildbearbeitung

LETICIA LEIPRECHT

In den drei Sitzungen der KüA Astro-Photographie beschäftigten wir uns unter der Anleitung von Silas nicht nur mit der nachgeführten Aufnahme durch ein Teleskop, sondern auch mit der systematischen Auswertung und Bearbeitung der daraus entstandenen Bilder. Nach dem gemeinsamen Teleskopaufbau, anfänglichen Schwierigkeiten und einigem an Schwund der Teilnehmerzahl aufgrund von Schlafmangel und Mosquitos kamen insgesamt 34 Aufnahmen des Nordamerikanebels zu je fünf Minuten Belichtungszeit zustande. Dieser Nebel befindet sich in unserer Milchstraße und ist grob 1750 Lichtjahre entfernt.

In der folgenden Abendschiene ging es dann ans Bearbeiten der Bilder mithilfe von drei kostenlosen Programmen, die sich einige von uns auf die mitgebrachten Laptops luden, sofern uns die eigene Virenschutzsoftware keinen Strich durch die Rechnung machte (mögen die Viren nicht mit euch sein!).

Von Silas lernten wir, versteckte Informationen durch sogenanntes Stretching aus den Fotos zu kitzeln und Sterne vom Hintergrund zu separieren, um dann beides getrennt zu optimieren.

Der wohl wichtigste Schritt des Prozesses und sozusagen die Hochzeit unserer Aufnahmen bildete das Stacking, bei dem nur etwa die besten 80 % der Aufnahmen vom Programm übereinander gelegt wurden. Der letzte Feinschliff wie zum Beispiel das Anpassen der Sättigung brachten uns auf die Zielgerade, und in der dritten KüA-Sitzung näherten wir uns geradezu der Perfektion an, da dieses Mal kein Zeitdruck vorhanden war *Chef's Kiss*!

Ob am Ende jeder Laptop-Besitzer ein optimales Endergebnis erzielen konnte oder nicht (großes L an das WLAN in Adelsheim!) – am Ende konnte dem Plenum ein beeindruckendes Foto des Nordamerikanebels präsentiert werden, und die KüA Astro-Photographie hatte ihre Mission erfolgreich erledigt! Außerdem ließen Insider verlauten, dass bereits der ein oder andere Sperrbildschirm der Akademieteilnehmer von unserem Nordamerikanebel NGC 7000 geziert wird. Falls sich also irgendwer gerade an seinem bisherigen Hintergrund sattgesehen hat – ihr wisst jetzt, was zu tun ist!

Stadt, Land, Vollposten

CLARA FRECKMANN

Ganz viel Wissen und eine extragroße Portion Kreativität waren bei einem der vielen kursübergreifenden Angebote von großer Bedeutung. Denn an einem Abend wurde eine KüA „Stadt, Land, Vollposten“ angeboten. Wer Lust auf knifflige Aufgaben und spannende Diskussionen hatte, war bei diesem Angebot genau richtig. Und tatsächlich war die KüA ein großer Erfolg, und viele hatten Lust, ihr Wissen unter Beweis zu stellen. Der Andrang war sogar so groß, dass die Truppe in zwei kleinere Gruppen aufgeteilt werden musste.

Es war natürlich Schnelligkeit, Intelligenz und Kreativität gefragt. Wer keine Lust hatte, klassisch „Stadt, Land, Vollposten“ zu spielen, konnte auch andere mordsknifflige, waghalsige und lustige Spiele wählen, zum Beispiel „Just One“ – ein sehr spannendes Wortspiel.

Als die KüA-Schiene nach einer Stunde leider schon zu Ende war und viele noch nicht genug hatten, wurde auf dem Gang im Teilnehmergebäude weiter „Stadt, Land, Vollposten“

gespielt. Auch in den darauffolgenden Tagen trafen sich mehrmals ein paar Teilnehmerinnen und Teilnehmer in ihrer Freizeit und kämpften wieder um die meisten Punkte.

Krolf

RICA MATTHÄUS

Krolf ist ein Sport, der schon seit dem 18. Jahrhundert existiert, aber dennoch wie von dem KüA-Leiter Ole selbst erfunden wirkte. Bei der abgewandelten Version von Minigolf versuchen die Spielerinnen und Spieler mithilfe von verschiedenen Löffeln, Besen oder auch einer Schnur, eine Rolle Kreppband mit möglichst wenig Zügen ins Ziel zu befördern. Eine Schwierigkeit stellt dabei der zu bewältigende Parcours dar, bei dem die Rolle Kreppband auch mal über Hindernisse fliegen soll. Die Regeln sind im Vergleich zu den witzigen Namen der Utensilien (beispielsweise „Baroness Shackleton Spoon“ für einen Teelöffel oder „Somerset Spoon“ für einen Esslöffel) sehr simpel, daher hat der Sport allen sehr gut gefallen, sodass auch der Ehrgeiz, die anderen zu schlagen, mit der Zeit zunahm.

Robotik

JANA STURM

Ein sehr beliebtes Angebot, die Robotik-KüA, wurde zweimal von Jessica Guo und Jana Sturm angeboten. Beide beschäftigen sich auch privat mit Robotik. In dieser KüA konnten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mithilfe von Ipadis fertig gebaute Mindstorms-Roboter programmieren. Es gab aber auch die Möglichkeit, einen eigenen Roboter zu bauen.

Damit die Roboter nicht durch Hindernisse beeinträchtigt wurden, fand die KüA im Foyer des Eckenberg-Gymnasiums statt. Da wir nur wenig Zeit hatten, entschloss sich der größte Teil der Gruppe, die fertigen Roboter zu programmieren. Hier konnte beispielsweise der Farbsensor des Roboters benutzt werden. Dafür lagen bunte Blätter am Boden. Je nach Farbe des Blattes sollten andere Bewegungen

ausgeführt werden. Natürlich konnten die Teilnehmer auch mit eigenen Ideen ihren Roboter mithilfe der Blockprogrammierung fahren lassen. Jeder Teilnehmer hatte ein anderes Ziel. Manche stellten komplizierte Programme auf, während andere den Roboter erstmal geradeaus fahren ließen. Ein anderer Teilnehmer, Ben, entschloss sich, ein Transportband zu bauen und zu programmieren. Dieses baute er während der zwei Termine fertig und konnte es mit Erfolg testen.

Insgesamt war die Robotik-KüA ein erfolgreiches Angebot, welches allen viel Spaß bereitet und sie begeisterte.



Pralinen

LAURA SEYBOLDT

An zwei Abenden hat Jana eine Pralinen-KüA angeboten. Dabei durften jeweils zehn Leute Pralinen selbst herstellen.

Zuerst suchten wir uns ein Rezept heraus. Die, die Nougatpralinen machen wollten, schnitten Scheiben von hellem und dunklem Nougat ab und schichteten sie anschließend. Nachdem wir sie im Kühlschrank abgekühlt hatten, tauchten wir sie in flüssige Schokolade und ließen sie trocknen. Bei den Marzipan-Nougat-Pralinen musste man um ein kleines Nougatstück eine Marzipankugel formen. Diese wurde dann ebenfalls in Schokolade getunkt. Es gab auch Pralinen mit Mandeln, die in der Pfanne angeröstet und dann mit Schokolade zu Haufen geformt wurden. Zudem gab es noch die Möglichkeit, Erdnusspralinen zu machen, wobei wir

geröstete Erdnüsse in Förmchen mit Schokolade übergossen haben.

Die fertigen Pralinen sahen sehr verführerisch aus. Als wir sie am nächsten Morgen abholen durften, konnten einige von uns nicht widerstehen und haben direkt ein paar probiert. Die KüA hat uns allen sehr viel Spaß gemacht, und die Pralinen waren sehr lecker.

Diskussionsrunde mit dem Bürgermeister

NIKOLAUS KEBLER

In einer abendlichen KüA-Schiene war der Bürgermeister von Adelsheim, Wolfram Bernhardt, zu Gast. Nachdem er uns etwas von seinem Werdegang in die Politik erzählt und uns interessante Einblicke in die Kommunalpolitik gegeben hatte, gab es rund um das Thema Demokratie eine für alle Beteiligten sehr lehrreiche Diskussion auf Augenhöhe. So interessierte es ihn erst einmal, warum wir die Demokratie für schützenswert halten oder auch nicht. Wir waren uns zwar einig, dass unsere jetzige Demokratie ziemlich ineffizient und bürokratisch ist; eine Diktatur sahen wir in diesen Bereichen im Vorteil. Dennoch kamen wir zu dem Ergebnis, dass wir unsere Demokratie schützen müssen, da die freie Meinungsäußerung und Mitbestimmung für uns essenziell sind.

Zudem versuchten wir, die Ursache für den hohen Zuspruch der AfD vor allem auch bei jungen Leuten zu finden. Zum einen scheint es tatsächlich auch viel mit den sozialen Netzwerken zusammenzuhängen, da die AfD dort mit Abstand eine der präsentesten Parteien ist, zum anderen kamen wir zu dem Ergebnis, dass viele Menschen mit der aktuellen Situation und dem komplexen Weltgeschehen unzufrieden und überfordert sind und sich deshalb einfache Lösungen wünschen, wie sie die AfD verspricht.

Zuletzt widmeten wir uns der Frage, wie schlimm es denn wäre, wenn die AfD an die Macht kommen würde, und wie gut unsere Demokratie geschützt ist. Vor allem an dem Punkt gab es verschiedene Meinungen. Während die einen meinten, dass unsere Demokratie durch

die Verfassung so gut geschützt ist, dass die AfD keinen so großen Schaden anrichten könnte, meinten die anderen, dass es durchaus Möglichkeiten gäbe, dass sich im schlimmsten Fall Geschehnisse von 1933 wiederholten. Die gut besuchte und äußerst spannende Diskussion endete erst weit nach dem offiziellen Ende der KüA-Schiene.

Wildhüten

KATHARINA JÖRG

Für eine ganz besondere KüA wurde schon im Plenum von Jörg Werbung gemacht: die Wildhüten-KüA. Nach dieser Werbung stellte man sich vor, dass die KüA dazu diene, die Arbeit des LSZU, wo wir zu Gast waren, näher kennenzulernen und vielleicht bei einem Umweltschutzprojekt mitzumachen.

Deshalb zweifelte ich schon auf dem Weg zum Treffpunkt, ob es eine gute Entscheidung war, mit Flip-Flops zu kommen, falls wir vielleicht einen Geländerundgang machen würden. Doch für dieses Wildhüten war zum Glück keine Outdoor-Ausrüstung nötig. Wie sich später herausstellte, war das Ziel des Artenschutzprojekts, die Wildtierpopulation korrekt zu erfassen und vor allem die richtige Terminologie zu erlernen. Die KüA begann zunächst überraschend mit einem Schwur, mit dem wir uns verpflichteten die Regeln des Wildhütens anzuerkennen und über den Inhalt zu schweigen.

Die Auswertung der vorgegebenen Daten erwies sich als unerwartet schwierig. Wir waren den ganzen Abend beschäftigt. Gemäß dem Schwur darf ich nicht zu viel verraten, aber eines kann ich sagen: Wir hatten einen sehr lustigen Abend!

Schach

ALEXANDER PROBST

An einem Mittag und einem Abend traf sich die KüA „Schach“, um auf den fünf Akademiebretern Schach zu spielen. Es herrschte eine entspannte Atmosphäre, und an dem Abend spielten wir noch weit nach dem offiziellen En-

de der KüA. Schachbegeisterte, -erfahrene und Anfänger – wir alle hatten unseren Spaß.

Armbänder

JULIA BREHM

In der Armbänder-KüA machten wir zusammen Armbänder nach dem Vorbild der Friendship Bracelets von Taylor-Swift-Fans. Dazu hörten wir Musik. Zum Schluss fädelten wir alle dasselbe Armband, inspiriert von unseren Akademiemotto „Kosmos“. Dies führte zu der Idee, für die gesamte Akademie ein Akademiearmband zu machen, wozu wir uns mehrmals trafen. Auch viele, die nicht in der KüA waren, halfen mit, und wir fanden alle noch Wochen später überall Perlen.



Zeitung

FELIX HEINE

Die Zeitungs-KüA traf sich jeden Morgen parallel zum Frühsport um 7 Uhr, um sich über die Ereignisse der letzten Tage außerhalb unseres „Kosmos“ zu informieren. Hierfür hatten wir sowohl regionale und überregionale als auch digitale Zeitungen zur Verfügung.

Unter Anleitung unserer Schülermentor:innen wurde hier aber nicht nur stumm gelesen, sondern auch heiter diskutiert, gelacht, geredet, gegessen, geschlafen und verschlafen. So tauschten wir persönliche Meinungen zu gesellschaftlichen Themen sowie Anekdoten aus unserem und dem Leben der Schülermentor*innen aus.

Wir lasen aber nicht nur für uns, sondern für die ganze Akademie: Im Plenum im Anschluss an das Frühstück präsentierten wir einen bunten Mix aus Nachrichten, Berichten und Food Storys sowie die Lottozahlen und – natürlich! – das Wetter.

Adelsheim leuchtet

JULIA BREHM

Am Eröffnungswochenende gingen wir abends zu der alljährlichen Licht-Kunst-Show „Adelsheim leuchtet“ im Schlosspark in Adelsheim. Für diese außergewöhnliche Kunstausstellung öffnet Baron Louis von Adelsheim sein Anwesen und erlaubt einen Rundgang durch seinen wunderbaren Garten mit vielen Stationen. Netterweise hat uns der Baron sogar eingeladen, und wir bekamen kostenlosen Eintritt! Er nahm sich Zeit für uns und gab uns eine Einführung in die Themen, die die Ausstellung behandelte. Dann durften wir uns dort alles anschauen.



Bei verschiedenen Video-Installationen und Lichtobjekten konnten wir die gesellschaftlich relevanten Themen wie regenerativen Energien, künstliche Intelligenz, Meeresverschmutzung, Kriege und Fake News mit Auge und Ohr erleben. Auch zu unserem Akademiemotto „Kosmos“ passte die Ausstellung: Es gab eine Rakete und Projektionen an die Schlosswand von einem Astronauten im Weltraum.

Die Kunstwerke wurden von Louis von Adelsheim und Karl Anton Koenigs, die beide schon mehrere Installationen für Ausstellungen entwickelt haben, geschaffen. Vielen Dank für diese beeindruckende, inspirierende Kunstnacht!

Sportfest

SYLVIA JOCHUM

Liegestütze, hitzige Diskussionen, besorgte Blicke: Nur einige der vielfältigen Reaktionen auf die Bestenliste, die gerade ausgehängt worden war. 4000-Meter-Lauf in 18 Minuten – wer konnte das wohl schlagen? Auch die übrigen Rekorde der letzten Jahre wurden von den Ehrgeizigen unter die Lupe genommen. Zu den Aufgaben gehörten Klimmzüge und Speerwerfen, aber auch Liegestütze fehlten nicht.

Aber als die Ersten Wiebke beim Schubkarren-Herrichten beobachteten und die Dokumentationen der letzten Jahre durchlasen, kamen Zweifel auf. Schließlich konnte die Akademieleitung uns doch nicht zu sportlichen Höchstleistungen zwingen ...



Am Tag des Sportfests kamen die Kurse auf den Sportplatz gelaufen, Fahnen und Pompons schwingend. Sogar ein Wettereinhorn war dabei. Zur Erleichterung vieler erwiesen sich die Gerüchte als wahr. Statt Muskelkater erwarteten uns lustige Team-Challenges auf dem gesamten Gelände verteilt, bei denen man die anderen Kurse ausstechen sollte.

Einige Stunden zuvor hatten die Kurse in ihren Räumen gegessen und ihre Schlachtrufe vorbereitet. Diese brüllten wir nun in einer ersten Challenge um die Wette. So wurden die Langschläfer von Adelsheim von Sprüchen wie „Klammer auf, Klammer zu, der Info-Kurs gewinnt im Nu!“ oder „Schneller als der Jetstream!“ geweckt. Unsere Schlachtrufe begleiteten uns über die ganze Akademiezeit und wurden zu einem wichtigen Bestandteil der Identität jedes Kurses.

Daraufhin ging es zu den einzelnen Stationen. Neben den bereits erwähnten gab es zwar we-

niger bekannte, aber umso kreativere Aufgaben wie ein Holzgerüst in Form eines „A“ möglichst schnell über die Ziellinie zu bewegen. Komplizierter wurde es dadurch, dass der jeweilige Schülermentor darin stand, der nicht selten bei über 90°-Drehungen um seine Sicherheit fürchten musste.



Fürs Schwitzen sorgte besonders die Herausforderung, den LSZU-Bus den Hang zum Eckenberg hochzuziehen. Jedoch sind wir uns alle einig: Es hat sich gelohnt. Denn dieses Erlebnis wird uns auf ewig in Erinnerung bleiben.



Letzten Endes fanden wir uns für die abschließende Herausforderung wieder auf dem Sportplatz ein. Eine Staffel sollte über den endgültigen Punktestand entscheiden.

Auch hier haben sich die Organisatoren des Sportfests etwas einfallen lassen. Die Aufgabe war, mit einem Schwamm einen Eimer mit Wasser zu füllen. Eine perfekte Überleitung in die anschließende Wasserschlacht. Nicht einmal für abschließende Worte blieb Zeit. Abends konnten wir uns schließlich darüber freuen, dass weder Assistenz noch Leitung der Akademie verschont geblieben waren.

Über die Ergebnisse konnten wir bis zum Bergfest nur Vermutungen anstellen. An dem Tag überraschten uns die Schülermentoren mit einem Kampf im Stil von Star Wars. Für die richtige Atmosphäre sorgten die passende Filmmusik sowie Lichtschwerter in der verdunkelten Halle. Dass die mit der Zeit fallenden Kämpfer die Platzierung ihres Kurses symbolisierten, erkannten wir erst nach einigen Minuten. Dann allerdings konnten wir umso begeisterter mit den übrigen zwei Kämpfern mitfiebern. Es war schließlich Nicola, der den finalen Schlag ausführte und damit den Meteorologiekurs vor den Informatikkurs beförderte. Auf dem dritten Platz folgte der Medizinkurs.



Das Sportfest hat einen wichtigen Teil dazu beigetragen, wie stark sich das Gemeinschaftsgefühl innerhalb eines Kurses entwickelt hat. Wir haben zusammengehalten, uns gegen die anderen Teilnehmer behauptet und gelernt, zusammen mit Sieg und Verlust umzugehen.

Dafür an dieser Stelle ein Dank an die Organisatoren des Sportfests und insbesondere an Wiebke, die die Leitung übernommen hatte. Danke für diese Gelegenheit!

Themenabend

BIRGIT SCHILLINGER

Einen ganz besonderen Gast konnte die Science Academy dieses Jahr begrüßen: Den Physiker und Nobelpreisträger Wolfgang Ketterle!

Ketterle ging in Heidelberg auf das Gymnasium und studierte Physik zunächst an der dortigen Universität, wechselte dann nach München. Nach der Promotion bekam er eine Einladung an die renommierte amerikanische Universität MIT, wo er in Rekordzeit Professor wurde –

und er blieb dort bis heute. Im Laufe seiner akademischen Karriere wechselte er mehrmals die Forschungsrichtung. 2001 erhielt er für seinen experimentellen Nachweis der Bose-Einstein-Kondensation den Nobelpreis.



Gleich zu Beginn ermutigte er die Teilnehmerinnen und Teilnehmer, Fragen zu stellen – und die interessierten Schülerinnen und Schüler nutzten die Chance, einem besonders erfolgreichen Wissenschaftler inspirierende Aussagen zu seinem Leben, seiner Motivation und zur Physik zu entlocken. „Ich habe immer das gemacht, was mich begeistert hat, und mir ein Ziel gesetzt, aber auch immer wieder eine Kurskorrektur vorgenommen“, erklärte Ketterle seinen „Zickzack-Lebenslauf“ zwischen angewandter und theoretischer Physik.

„An entscheidenden Schlüsselstellen meines Lebens habe ich gemerkt: Hier bin ich gut, da vertraue ich auf mich“. Die Freude, schwierige Probleme zu lösen, treibe ihn an.

Für seine Entdeckung, die ihm dann den Nobelpreis einbrachte, erforschte er das Verhalten der Atome in der Nähe des absoluten Nullpunktes. „Und dann haben wir etwas gesehen, was noch nie ein Mensch vorher gesehen hat: ein Gas von Atomen, das sich wie Laserlicht verhält“,

erzählt er begeistert von dem sensationellen, ergreifenden Moment im Labor.

Der fünffache Vater nennt als Ausgleich zur Arbeit seine Familie und sein großes Hobby, das Radfahren. Ein Schüler fragte ihn auch, ob er an Gott glaube: „Nein, es liegt nicht in meiner Natur, Annahmen zu vertrauen.“

Der Physikprofessor hatte an dem Abend sichtlich Freude daran, mit den jungen Menschen ins Gespräch zu kommen. Und diese dankten es ihm mit stehendem Applaus.



Bergfest

JANA STURM

Die Halbzeit der Sommerakademie wurde mit dem Bergfest gefeiert. Hierfür hatte sich ein siebenköpfiges Organisationsteam zusammengefunden.

Gestartet wurde das Bergfest mit der Auflösung des Sportfestes. Dafür hatten die Schülermentoren ein Laserschwert in der Farbe des jeweiligen Kurses. Um die Platzierungen zu enthüllen, kämpften sie in Star Wars Manier gegeneinander. Nach und nach gingen immer mehr Schülermentoren zu Boden, bis am Ende, nach einem spannenden Zweikampf, der Meteorologiekurs als Sieger des Sportfestes feststand.

Nachdem diese Präsentation für reichlich Jubel und Begeisterung gesorgt hatte, ging es mit einem Spiel weiter. Kursleiter und Teilnehmer stellten pro Runde jeweils vier Personen, welche sich in einer Reihe vor dem Flipchart postierten. Die vom Flipchart aus gesehen hinterste

Person beider Gruppen bekamen ein Bild gezeigt, dass sie auf den Rücken der vor ihnen stehenden Person mit dem Finger zeichneten. Diese Person malte das, was sie dachte, auf ihrem Rücken als Bild zu haben, auf den Rücken der nächsten Person usw. Die Person am Flipchart zeichnete nun das endgültige Bild auf den Flipchart. Dieses Spiel sorgte für sehr große Belustigung, denn nicht selten zeigte das endgültige Bild etwas komplett anderes als das eigentliche Bild. Beispielsweise wurde aus einem Ufo schnell einmal ein Herz ...

Anschließend folgte der nächste Höhepunkt. Wir durften einen Vortrag von Prof. Dr. Dr. Feldmann genießen. Dieser vermittelte uns die Wichtigkeit von Buchstaben in der deutschen Sprache, indem er immer mehr Buchstaben wegließ. So entwickelte sich sein Vortrag in ein immer unverständlicheres, aber dadurch immer lustiger werdendes Kauderwelsch.

Den Schluss des offiziellen Programms bildete ein Solo-Tanz eines Teilnehmers, und die Party begann. Es wurde zu vielen verschiedenen Liedern wie z. B. Cotton Eye Joe oder dem Fliegerlied getanzt. Zum Auftanken der Kräfte standen Getränke und Snacks bereit. Den Abschluss des unvergesslichen Bergfestes bildete wie jeden Abend eine Gute-Nacht-Geschichte, bevor dann alle müde ins Bett fielen.



Hausmusikabend

FRANZISKA FRODL, JESSICA GUO

Ein „Trommelschlägermikrofon“, Flachwitze und natürlich viel wunderschöne Musik. Das alles war Teil des diesjährigen Hausmusikabends.

Unsere Moderatoren Domi, Aarnav und Sylvia führten mit ihrer Anmoderation durch den Abend. Insgesamt 14 Musizierende präsentierten in Solo- und Ensemblebeiträgen ihr Können. Die Ensembles entstanden alle erst während der Akademie, und die Beiträge reichten von Pop über Klassik bis hin zu Musikstücken aus fernen Kulturen.

Viele Stücke übten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer erst während der Akademie ein, was lediglich einer Zeit von einer guten Woche entsprach. Ein paar Stücke wurden sogar extra für den Hausmusikabend umgeschrieben.

Den Beginn des Hausmusikabends leitete Leon ein, der auf dem Klavier „Experience“ von Ludovico Einaudi spielte. Anschließend zeigte Rebecca auf der Gitarre ihr Können. Sie spielte das wunderschöne Stück „The Mermaid and the Fisher“ von Maria Linnemann auf der Gitarre. Aarnav war nicht nur einer der Moderatoren, sondern spielte auch auf seiner Geige vor. Sein Bollywoodstück „Hum Ro humi se chura lo“ von Jatin-Lalit kommt aus dem fernen Indien.

Beiträge gab es auch von den Kursleitern und Schülermentoren. Das Duo Rica und Tobi spielten auf der Klarinette und dem Klavier das Stück „Molto moderato“ von Carl Bearmann. Einen weiteren Klavierbeitrag hörten wir von Ignatius – nämlich das Stück „Rei I“ von Shiro Sagisu. Gleich darauf folgte das zweite Duo des Abends, Rieke und Ada. Von ihnen durften wir das bekannte Stück „Die Moldau“ von Bedrich Smetana lauschen.

Danach folgte ein ganz besonderer Auftritt: Jessica spielte auf dem traditionell chinesischen Instrument Guzheng, ein liegendes chinesisches Seiteninstrument, das Stück „Tanz in der Hauptstadt“ von Zheng Yu Qun. Da es ein unbekanntes Instrument ist, nahm Jessica sich die Zeit, es kurz vorzustellen. Von ihr durften wir nicht nur einen Beitrag hören, denn darauf folgend spielte sie auch im Ensemble „HEFisH“ mit. Teil des Ensembles waren zudem Oskar an der Gitarre/Bass, Franziska an der Querflöte und Felix am Cello. Sie spielten ihr selbst umgeschriebenes Stück „The History“ von Jannik. Zum Schluss bewunderten wir die außerordentlichen Talente zuerst von Violetta auf dem Kla-

vier mit der Romanze op. 28, Nr.1 in b-Moll von Robert Schumann und anschließend von Domi, die auf der Geige spielte und das Stück „Scherzo Tarantelle“ von Henryk Wieniawski präsentierte.



Ein weiteres Highlight war die Vorführung unserer Musik-KüA-Leiterinnen, die sich nicht zurückhielten haben. Isa sang zur Klavierbegleitung von Mary, wobei das Ganze wie ein kleines Schauspiel gestaltet und zum Totlachen war. Sie haben einen grandiosen Auftritt abgeliefert.

Als großes Finale des Abends spielte das Akademieorchester tolle Filmmusik vor. Passend zum Akademiethema „Kosmos“ wurden Stücke aus Star Wars, Star Trek, Interstellar und das Flying Theme von E. T. gespielt. Als Zugabe spielte das Akademieorchester Major Tom von Peter Schilling, wobei, zum Spaß aller, der Refrain durch Tröten ersetzt wurde. Das kam so gut an, dass alle direkt mitsangen.

Der Hausmusikabend diente auch zusätzlich als Generalprobe für die Orchesterstücke, die am Abschlussabend den Eltern und Freunden aufgeführt wurden. Er war ein voller Erfolg!

Abschlussabend

THILO BÄUERLE

Am Mittwochabend fand eines der letzten und zugleich emotionalsten Ereignisse der Akademie statt: der Abschlussabend. Das Akademieorchester eröffnete die Feier mit einer beeindruckenden Darbietung des „Interstellar“-Soundtracks. Ein besonderes Highlight des

Abends war das Theaterstück „Liebe ohne E“, das von Thorsten und der Theater-KüA-Gruppe in den vergangenen zwei Wochen einstudiert worden war. Das Stück verdeutlichte auf eindrucksvolle Weise, dass Liebe nie perfekt ist und in vielen Formen existieren kann – aber gerade deshalb wunderschön ist.

Nach einer weiteren musikalischen Darbietung des Musik-KüA-Ensembles wurden die Kurse einzeln aufgerufen, jeweils begleitet von den passenden Kurs-Songs. Auch der Förderverein der Science Academy sprach ein Grußwort.

Für die Gäste, die nicht aktiv an der Akademie teilgenommen hatten, endete der Abend hier. Doch für uns begann der eigentliche Höhepunkt: Nach einer unterhaltsamen „Alle meine Entchen“-Performance der Schülermentoren und mehreren herausragenden Karaokeauftritten wurde bis spät in die Nacht ausgelassen gefeiert.

Die Stimmung war überwältigend, und es flossen auch die ersten Tränen, als uns bewusst wurde, wie schön die Zeit bei der Akademie war – und dass sie bald zu Ende gehen würde.



Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei denjenigen herzlich bedanken, die die 21. JuniorAkademie Adelsheim / Science Academy Baden-Württemberg überhaupt erst möglich gemacht und in besonderem Maße zu ihrem Gelingen beigetragen haben.

Finanziell wurde die Akademie in erster Linie durch die Dieter Schwarz Stiftung, die Vector Stiftung, die Hopp Foundation for Computer Literacy & Informatics und den Förderverein der Science Academy unterstützt. Dafür möchten wir allen Unterstützern ganz herzlich danken.

Die Science Academy Baden-Württemberg ist ein Projekt des Regierungspräsidiums Karlsruhe, das im Auftrag des Ministeriums für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg für Jugendliche aus dem ganzen Bundesland realisiert wird. Wir danken Frau Anja Bauer, Abteilungspräsidentin der Abteilung 7 „Schule und Bildung“ des Regierungspräsidiums Karlsruhe, der Leiterin des Referats 75 „Allgemein bildende Gymnasien“, Frau Leitende Regierungsschuldirektorin Dagmar Ruder-Aichelin, und Herrn Jan Wohlgemuth, Regierungsschuldirektor und Stellvertretender Leiter des Referats 35 „Allgemein bildende Gymnasien“ am Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg.

Koordiniert und unterstützt werden die JuniorAkademien von der Bildung & Begabung gGmbH in Bonn, hier gilt unser Dank der Leiterin des Bereichs Akademien Frau Dr. Ulrike Leikhof, der Referentin für die Deutschen JuniorAkademien und die Deutschen SchülerAkademien Dr. Dorothea Brandt sowie dem gesamten Team.

Wir waren wie immer zu Gast am Eckenberg-Gymnasium mit dem Landesschulzentrum für Umweltbildung (LSZU). Für die herzliche Atmosphäre und die idealen Bedingungen auf dem Campus möchten wir uns stellvertretend für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei dem Schulleiter des Eckenberg-Gymnasiums Herrn Oberstudiendirektor Martin Klaißer sowie dem Leiter des LSZU Herrn Studiendirektor Christian Puschner besonders bedanken.

Ein herzliches Dankeschön geht auch an Frau Oberstudiendirektorin Dr. Andrea Merger, Leiterin des Hölderlin-Gymnasium in Heidelberg, und Herrn Oberstudiendirektor Stefan Ade, Leiter des Schwetzingen Hebel-Gymnasiums, wo wir bei vielfältiger Gelegenheit zu Gast sein durften.

Zuletzt sind aber auch die Leiterinnen und Leiter der Kurse und der kursübergreifenden Angebote gemeinsam mit dem Schülermentorenteam und der Assistenz des Leitungsteams diejenigen, die mit ihrer hingebungsvollen Arbeit das Fundament der Akademie bilden.

Diejenigen aber, die die Akademie in jedem Jahr einzigartig werden lassen und sie zum Leben erwecken, sind die Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Deshalb möchten wir uns bei ihnen und ihren Eltern für ihr Engagement und Vertrauen ganz herzlich bedanken.

Bildnachweis

Seite 9, Abbildung Asteroid (Ausschnitt des Originalbildes):

NASA, <https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA00135>
NASA/JPL

Seite 9, Abbildung Meteor:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Meteor,_8.5.2016.jpg
Wikimedia-User Michael Eberth
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)

Seite 9, Abbildung Meteorit Knyahinya:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Steinmeteoriten_NHM_Wien.JPG
Wikimedia-User Dr. Bernd Gross
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)

Seite 12, Abbildung Kirkwood Gaps:

Wikimedia, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AsteroidIncAu.png>
Wikimedia-User Dreg743, Piotr Deuar
CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)

Seite 12, Abbildung Mikrometeoriten unter dem Lichtmikroskop:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Light_microscope_images_of_stony_cosmic_spherules.png
Wikimedia-User Shaw Street
CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)

Seite 13, Abbildung Genese von Mikrometeoriten:

urbane Mikrometeorite, <https://www.micrometeorites.org/einfuehrung>
Dr. Thilo Hasse, mit freundlicher Genehmigung

Seite 14, Abbildung Azimutsystem:

Wikimedia, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:HorSys.svg>
Wikimedia-User S. Wetzel
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)

Seite 15, Abbildung Äquatorsystem:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equatorial_coordinates.svg?lang=de
Wikimedia-User Cmglee
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)

Seite 17, Abbildung Funktion des großen Wagens als Polarsternzeiger:

Wikimedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:PolarsternFinden.svg>
Wikimedianutzer Flups

Der Urheber erteilte ein unentgeltliches, bedingungsloses Nutzungsrecht für jedermann ohne zeitliche, räumliche und inhaltliche Beschränkung (gemeinfrei-artige Nutzungslizenz).

Seite 23, Abbildung Ionentriebwerk:

NASA, <https://www.jpl.nasa.gov/images/pia04247-deep-space-1s-ion-engine>
NASA/JPL

Seite 25, Abbildung Messeinheit:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Apollo_IMU_at_Draper_Hack_the_Moon_exhibit.agr.jpg
Wikimedia-User ArnoldReinhold
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)

Seite 26, Abbildung Testflug Starship:

Wikimedia, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:StarshipLaunch_\(crop_2-3\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:StarshipLaunch_(crop_2-3).jpg)
Wikimedianutzer Osunpokeh
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)

Seite 33, Kursbild:

Foto des Literatur/Philosophie-Kurses
Isabella Flick

- Seite 34, Utopiebegriff:
Darstellung der Utopiebegriffe
KI-generiert und vom Kurs bearbeitet
- Seite 35, Thomas Morus:
Bildnis des Thomas Morus, UB Leipzig
openverse, <https://openverse.org/image/a00ea616-6192-4377-91c4-60710389e7ff>
Als gemeinfrei gekennzeichnet
- Seite 36, Hermeneutische Spirale:
Darstellung der Hermeneutik als Methode
Laura Treptow
- Seite 37, Grundkonzept des Kursaufbaus:
Schaubild der grundlegenden Überlegungen zum Kursaufbau, angelehnt an ein Schaubild aus: Susann Vollert:
Utopien – nicht hier, nicht jetzt, nicht möglich?, Beitrag 33 aus: RAAbits Ethik/Philosophie Nr. 37, Raabe
Verlag, Dezember 2013.
- Seite 38, Kursarbeit:
Henriette Neuschwander
- Seite 39, Portrait von Hobbes, Künstler John Michael Wright, ca. 1670
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thomas_Hobbes_by_John_Michael_Wright.jpg
Als gemeinfrei gekennzeichnet
- Seite 41, George Orwell (1940)
Wikimedia, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:George_Orwell,_c._1940_\(41928180381\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:George_Orwell,_c._1940_(41928180381).jpg)
Cassowary Colorizations
CC BY 2.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>)
- Seite 42, Vereinfachte Darstellung des idealen Staatsaufbaus nach Platons Idee des Philosophenkönigs
Antonia Schneider
- Seite 42, Platon:
Ausschnitt aus dem Fresko „Philosophenschule von Athen“, Künstler Raffael, ca 1510
Wikimedia, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Platon.png>
Wikimedia-User RaphaelQS
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)
- Seite 43, Immanuel Kant:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kant_gemaelde_3.jpg
Johann Gottlieb Becker, 1768
Als gemeinfrei gekennzeichnet
- Seite 45, Bildnis des Gotthold Ephraim Lessing, UB Leipzig
openverse, <https://openverse.org/image/c311d14c-7e57-4b62-83b1-c0eb5bf45350>
Als gemeinfrei gekennzeichnet
- Seite 45, Die Ebenen der Ringparabel:
Schaubild der Text- und Bedeutungsebene von Lessings Ringparabel in seinem Werk „Nathan der Weise“
Letitia Bindert
- Seite 46, Hans Jonas an der Universität St. Gallen (1983):
Wikimedia, [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hans_Jonas_an_der_Universität_St._Gallen_\(1983\)_H_SGH_022-001945.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hans_Jonas_an_der_Universität_St._Gallen_(1983)_H_SGH_022-001945.jpg)
Universitätsarchiv St.Gallen, Regina Kühne, HSGH 022/001945
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)
- Seite 47, KI-generierte virtuelle Welt:
Beispielhafte Darstellung einer virtuellen Utopie, angelehnt an Beschreibungen aus dem Buch „Cryptos“ von
Ursula Poznanski
KI-generiert und vom Kurs bearbeitet
- Seite 48, Der voll digitalisierte Mensch:
Beispielhafte Darstellung eines „gläsernen“ Menschen in einer voll digitalisierten Welt
KI-generiert und vom Kurs bearbeitet
- Seite 49, Exkursion:
Foto des Kurses bei der „experimenta“ in Heilbronn
Nadia Serotek

Seite 50, Spaß beim Planendreihen:

Kursteilnehmer zwischen Arbeit und Vergnügen
Tobias Flick

Seite 52, Design des Kursshirts:

Gemeinsam im Kurs erstelltes Design für das Kurs-T-Shirt
KI-generiert und vom Kurs bearbeitet

Seite 111, Abbildung Ernährungspyramide:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plakat_Ern%C3%A4hrungspyramide_7Stufen_ohne_Rand_cutted.png

Wikimedia-User Magnus Manske

CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>) Seite 119, Abbildung Temperaturverlauf in der Atmosphäre:

www.eskp.de/en/pollutants/forschungsthema-atmosphaere-935771/#images-1

Wissensplattform eskp.de

CC BY 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>)

Seite 125, Abbildung Schematischer Aufbau der Erdatmosphäre:

Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmosphäre_Stufen.svg

Niko Lang, Wikimedia-User Ladyt

CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)

Seite 126, Abbildung Lichtspektrum:

Wikipedia, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EM-Spektrum.svg>

Matthias Matt

CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)

Seite 126, Abbildung Streuung des Sonnenlichts:

<https://www.leifiphysik.de/optik/farben/ausblick/himmelsblau-und-abendrot>

LEIFIPhysik – mit freundlicher Genehmigung

Seite 133, Abbildung: Vergleich mit Daten anderer Sonden

Dr. Tobias Kerzenmacher, Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Atmosphärische Spurengase und Fernerkundung am KIT (Karlsruhe Institute of Technology), unter Verwendung der Daten von:

<https://doi.org/10.24381/cds.6860a573>

<https://www.ncei.noaa.gov/products/weather-balloon/integrated-global-radiosonde-archive>

Mit freundlicher Genehmigung

Alle anderen Abbildungen sind entweder gemeinfrei oder eigene Werke.

Bearbeitungen von Bildern unter einer CC-SA-Lizenz werden hiermit unter derselben Lizenz weitergegeben.

Abbildungen der Europäischen Weltraumagentur (ESA) werden gemäß der ESA Standard License für Bildungszwecke verwendet: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Copyright_Notice_Images

Abbildungen der National Aeronautics and Space Administration (NASA) können für Schulen und Lehrbücher ohne explizite Erlaubnis verwendet werden: <https://www.nasa.gov/multimedia/guidelines/index.html>