

JuniorAkademie Adelsheim

18. SCIENCE ACADEMY BADEN-WÜRTTEMBERG 2021



Astronomie



Informatik



Mathematik



Medizin



Philosophie



Physik

Regierungspräsidium Karlsruhe Abteilung 7 – Schule und Bildung

**Dokumentation der
JuniorAkademie Adelsheim 2021**

**18. Science Academy
Baden-Württemberg**

Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2021:

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

monika.jakob@scienceacademy.de

rico.lippold@scienceacademy.de

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von der Kurs- und Akademieleitung sowie den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der 18. JuniorAkademie Adelsheim 2021 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mithilfe von L^AT_EX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter

Copyright © 2021 Jörg Richter, Dr. Monika Jakob

Vorwort

Meine Damen und Herren, willkommen an Deck unserer Entdeckungsreise. Sind Sie bereit, die Segel zu hissen und in ein Abenteuer hinter dem Meereshorizont zu segeln? Die rund 70 Teilnehmerinnen und Teilnehmer zusammen mit den rund 30 Kursleiterinnen und Kursleitern wagten dieses Abenteuer. Von dem leichten Wind durch Corona ließen sie sich nicht aufhalten, am Eröffnungswochenende im Juni diese einzigartige Entdeckungsreise zu starten. Passend zum diesjährigen Motto der 18. Science Academy Baden-Württemberg „Entdeckungen“ standen alle bereit – mit einem Gepäck voller Erwartungen, Neugierde, aber auch Hoffnung, was hinter dem Horizont an Unbekanntem auf sie warten würde. Nach dem ersten gegenseitigen Kennenlernen und einem Einstieg in ihre jeweiligen Kursthemen konnten sie im Sommer richtig durchstarten.

Während der Mathematikkurs eine Rundreise durch die Mathematik antrat, machten sich die Philosophinnen und Philosophen Gedanken über den Sinn des Lebens und im Medizinkurs wurde die rote Essenz des Lebens erforscht, das Blut. Mit dem richtigen Verständnis von Datenaustausch wurden im Informatikkurs kleine Spiele entwickelt, der Astronomiekurs suchte nach fernen und nahen Signalen durch Radiowellen und die Physikerinnen und Physiker sorgten dafür, dass uns mithilfe der Sonne nie der Strom ausgeht. Wie Sie sehen, herrschte auf der Entdeckungsreise reges Teamwork.

Die Wochen im Sommer waren für alle besonders: Einen Teil der Zeit wurde online gearbeitet, die Kurse konnten aber auch als Highlight im Wechsel am Landesschulzentrum für Umwelterziehung in Adelsheim Station machen. Dort wurden dann unzählige Masken gehisst und Hände desinfiziert, zusätzlich wurden rund 300 Coronatests durchgeführt. Ein Gruppenbild mit allen an der Akademie beteiligten wie auch die Kursphotos konnten nur dank Photoshop und einer strengen Choreographie entstehen: Alle waren frisch und natürlich negativ getestet, man stellte sich auf, und dann hieß es „Maske ab – Photo – Maske wieder auf“. Belohnt wurden wir für den großen Aufwand mit einer sicheren Akademie. Nicht zuletzt spielte auch das Wetter mit, dank der sonnigen Tage konnte vieles im Freien stattfinden.

Und so lag der Fokus schnell auf der Kursarbeit und den KüAs, die Arbeit online wie offline wurde intensiviert. Vor allem während der Zeit in Adelsheim, aber auch online wurden die ersten Freundschaften geschlossen und Interessen ausgetauscht, und die Kurse fanden sich immer mehr als Team. Begleitet von Grillabenden, Wanderungen und kleinen Spaßaktionen ging die Kursarbeit gut voran und fand am Präsentationstag mit dem großen Abschlussabend ihren Höhepunkt.

Danach nahm das Entdeckungsschiff Kurs auf das Dokumentationswochenende. Dort konnten wir alle nochmal auf die schöne gemeinsame Zeit zurückblicken und die Dokumentation mit inhaltlichen Berichten aus den Kursen und Erinnerungen an die gemeinsame Zeit füllen, aber auch einen Blick in die Zukunft mit Optionen für weitere Entdeckungen werfen.

Bei der Akademie gab es viel zu entdecken: Da waren zunächst die Kursinhalte, Musik, Theater, Sport und die anderen kursübergreifenden Angebote. Veranstaltungen online, „in echt“ oder hybrid, Coronatests und Hygieneregeln. Aber auch die Fähigkeiten der Entdeckerinnen und Entdecker wie Teamwork, Präsentieren und Projektmanagement wurden bei der Akademie vertieft, und neue Freundschaften, Erkenntnisse und Erinnerungen sind entstanden. Getragen wurden diese Entdeckungen durch das große Interesse, das Engagement und die Begeisterung der jungen Menschen. All diese großen und kleinen Entdeckungen trugen zur Akademie als großes Ganzes

bei, und dies wurde durch ein Bild symbolisiert, entstanden aus unzähligen einzelnen Bildern, die uns die Teilnehmerinnen und Teilnehmer geschickt hatten, und die für sie persönlich wichtige Entdeckungen zeigen.



Ein Blick hinter den Horizont wurde gewagt, doch dahinter verbirgt sich noch so viel mehr: Vollgepackt mit neuen Eindrücken entlassen wir die Abenteuerlustigen in die Freiheit und freuen uns schon jetzt auf ein mögliches Wiedersehen. Wir wünschen Euch und Ihnen viel Spaß beim Durchstöbern des Logbuchs unserer gemeinsamen Entdeckungsreise und hoffen, dass Ihr, liebe Teilnehmerinnen und Teilnehmer, Euch noch lange an die einzigartige gemeinsame Zeit online und in Adelsheim erinnern werdet.

Eure/Ihre Akademieleitung

Ranran Ji (Assistenz)

Lorenz Löffler (Assistenz)

Dr. Monika Jakob

Jörg Richter



Inhaltsverzeichnis

VORWORT	3
KURS 1 – ASTRONOMIE	9
KURS 2 – INFORMATIK	31
KURS 3 – MATHEMATIK	47
KURS 4 – MEDIZIN	67
KURS 5 – PHILOSOPHIE	91
KURS 6 – PHYSIK	119
KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE	143
DANKSAGUNG	159
BILDNACHWEIS	161

Kurs 1 – Das Radiofenster zum Universum



Unser Kurs

Caro hat alles daheim (von Lego-Autos über Katzen und radioaktiven Mineralien bis zur Wärmebildkamera und diversen Teleskopen). Wenn man sie mal sehr, sehr früh am Morgen über den Campus in Adelsheim laufen sieht, noch vor dem Morgengrauen, weiß man, dass sie auf der Mission ist, den Mond zu fotografieren. Außerdem hat sie immer die mit Abstand coolsten Schuhe an. „Was?! Caro arbeitet nicht in einem Fernsehstudio?“ Bei der Abschlusspräsentation *waren* wir in einem Fernsehstudio. Ohne Zweifel. Und das alles stellte Caro auf die Beine.

Niemand sonst konnte unsere Liebe zur Astronomie so sehr entfachen wie sie, da sie auch im Haus der Astronomie in Hei-

delberg arbeitet. Sie wusste, wie sie unsere Aufmerksamkeit erwecken konnte.

Dominik Menschen, die auf jede Frage eine Antwort haben, sind besonders, und Dominik hatte auf jede einzelne unserer Fragen eine Antwort. Eine Lehrperson, wie wir sie noch nie gehabt haben. Verstehen wir jetzt wirklich so komplexe Inhalte? Aber das war doch niemals „Unterricht“! Die Zukunft der Menschheit ist ihm sehr wichtig. So wichtig, dass er es uns immer wieder klar machte. „Ihr seid die Zukunft der Menschheit!“ – Diesen Satz werden wir sicher nicht mehr vergessen. Das war, bevor er uns fast mit Trockeneis in die Luft jagte.

Tatsächlich konnten wir Dominik für einige bizarre Experimente gewinnen. In einem

Moment beteuerte er, wie wichtig es sei, dass wir das Trockeneis auf keinen Fall anfassen sollten. Doch im nächsten Moment fragte er: „Wer will eine kalte Kartoffel haben?“ Und wiederum im nächsten Moment ist ein kleines Stück Trockeneis durch die Luft geflogen. „Haltet es aber niemals zu lang in der Hand, wirklich.“ Wir wussten: Egal was für kolossale Experimente er mit uns durchführen würde, er hatte immer alles unter Kontrolle. Unsere Sicherheit war ihm im Endeffekt am wichtigsten.

Merit ohne Tobi gibt es nicht.

Tobi ohne Merit gibt es nicht.

Tobi und Merit Obwohl sie eingesprungen sind in den zwei Akademiewochen, fühlte es sich so an, als wären sie von Anfang an dabei gewesen. Dadurch, dass sie immer wieder betonten, wie toll die Akademie wird, haben wir uns umso mehr auf die Präsenztage gefreut. Neben Tofffee kaufte Merit auch eine viel zu große und fette Gurke beim Bioladen. Sie studieren einfach statt Astronomie Physik beziehungsweise Geowissenschaften. Doch trotzdem hatten sie auf all unsere Fragen eine Antwort – egal ob Astro oder nicht. Sie haben halt eben auch viel Akademieerfahrung. Auch machen sie leidenschaftlich Yoga und haben schon ihre eigene Astro-Yoga-Routine. Auch der Flashmob-Unterricht war sehr interessant. Die Bewegungen und Rhythmen kann man sich bis jetzt noch lange nach der Sommerakademie merken.

Aileen Obwohl sie nur beim Eröffnungswochenende dabei war, half Aileen kräftig mit, in uns allen das Akademiefieber zu entfachen. Als wir alle am Anfang nervös vor unseren Bildschirmen saßen, sorgte sie mit ihren kreativen Kennenlernspielen gleich für entspannte Stimmung und stellte immer sicher, dass wir neben der anstrengenden Arbeit auch genug Pausen bekamen.

Benno Der Jüngste, aber definitiv nicht der Dümme unter uns . . . Außer, dass er einen 1,3er Schnitt hat. Imagine 1,3. Das muss man sich mal vorstellen!

Über seine geistige Anwesenheit am Morgen sprechen wir lieber nicht, vor allem beim

Müsliessen. Benno wohnt in einem Kaff, das kaum jemand kennt. Sein Leidensweg zum nächsten McDonald's beträgt 15 km, berichtete er uns mit Tränen in den Augen. Außerdem ist er eine totale Sportskanone und ein monströses Fußballtalent im Tor.

Ole Die Inkarnation von „verrückt“ und deshalb sprühend vor eher . . . ungewöhnlichen Ideen.

Der Risikospieler beim Pokern (mit acht Kartensets im Gepäck), der reizende Kolombus, der Zum-Frühspport-mitmachen-Frühaufsteher. Aber dafür braucht man ja genügend Energie, wie zum Beispiel jeden Morgen am Frühstücksbuffet drei Brötchen, ein Müsli mit Joghurt und Banane und dann noch vegetarisch! Natürlich reicht die Zeit nicht, also wieso nicht gemütlich während des Plenums essen?

Doch das Essen hört damit noch lange nicht auf. Wenn man nicht aufpasst, sitzt man am Nachmittag neben ihm mit Tofffee in der einen und Chips in der anderen Hand.

Maria H. Die Französin – la Française und leidenschaftliche Lateinerin macht Astro-Yoga gerne vor der Kamera (als Einzige). Und wenn sie anfängt, über Star Wars zu reden, dann kann man sich gemütlich hinsetzen und langsam seinen Kaffee/Tee genießen. Setzt sich auch wie Maria P. gerne auf den Boden, sogar auf Nacktschnecken. Maria ist zudem die einzige mit einer Hängematte im Zimmer :-)) und wird auch Hanna genannt, obwohl sie (oft) nicht darauf reagierte. Es kann auch mal ganz random kommen, und sie ruft dich abends einfach mal so an.

Marvin Der Pokerboss und eine absolut sympathische Sportskanone. Spielt Geige wie ein Weltmeister und sieht dabei aus, als ob er gerade auf der Toilette sitzt – eben wie ein leidenschaftlicher Geigenspieler. Aber auch sehr sympathisch und freundlich, zum Beispiel als er bei der Abschlusspräsentation ein Radioteleskop verkaufen wollte. Er war auch für eine „Ja-Antworten auf alle Fragen“-Epidemie im Kurs verantwortlich, der geborene Charismatyp. Klassikfan. Auf keinen Fall zu vergessen ist, dass Marvin

Chinesisch richtig gut kann. Des Öfteren kann es auch vorkommen, dass er sich einfach mal mit David über irgendwas unterhält, und zwar so laut, dass jeder ihn hören, aber nicht verstehen kann.

Nika Unser mit Abstand am frühesten aufstehender Gartenrotschwanz im Kurs. Lange bevor die Sonne aufgeht, ist Nika schon wach. Zwar singt sie nicht, ist aber eine Primaballerina mit eigens mitgebrachtem Boden und Spitzenschuhen. Frühstück um 7:30 Uhr? Kein Problem. „Ich war schon lange wach.“ Auch hat sie eine Toffifeesucht. Die Packung lieber weit weg von ihr. Lenika war immer zusammen anzutreffen.

Lukas Ein Supernova-Liebhaber mit Nerven, die keine Nerven sind. Lukas hat Nerven aus Drahtseilen. Bei Präsentationen verzieht er keine Miene. Nicht ein einziges Mal. Lukas ist mit seinem 1,1er-Schnitt aus seiner Klassentradition des Sitzenbleibens ausgebrochen.

Aurelia Die Fußballspielerin, die Nieranwesende (sie kommt morgen . . . , ganz sicher morgen . . .), die beim „Lügen“ in die Karten Schauende, die Person, die einfach nicht weiß, wie Discord funktioniert. Und Wilhelm, ihr Skelett, darf bei keinem Zoom-Meeting fehlen. Sie wollte uns alle zum Jogging am frühen Morgen überreden. Am Ende war es aber trotzdem zu früh für alle, sogar für Aurelia. Auch war es Aurelia unverständlich, dass andere Personen nicht VfB-Stuttgart-Fans sind, denn alle Clubs im Fußball außer dem VfB sind nicht gut genug. Spürbar ist vor allem die Rivalität zu KSC-Fans. Wenn du von diesem Verein ein Fan bist, kannst du dich mit ihr leicht in die Haare kriegen.

Alexander Der schlechteste Lügner unter uns, als wir „Lügen“ gespielt haben . . . Aber trotzdem konnte auch er mal gewinnen, durch viel Glück, weil er so ehrlich war, dass wir es ihm gar nicht mehr glauben konnten . . . Tatsächlich könnte es daran liegen, dass er doch noch ein paar Asse im Ärmel hatte. Wir wussten gar nicht, dass er so eine Volleyball-Legende ist . . .

Was aber niemand gedacht hätte, ist, dass er sogar seinen Schokoladenpudding in einer

Wette aufs Spiel setzte. Ein Pech, dass er verlor, ein Glück, dass er ihn trotzdem essen durfte!

Philipp Die Person, die gerne Späße darüber macht, dass andere keine Streber sind wie er. Machte mit seinem iPhone die besten Fotos von Saturn und Jupiter. Mit seinem MacBook Pro, Lukas und Benno drehte er einen sehenswerten Film über unsere Explosionen. Trockeneisbomben-Befürworter und allzeit bereit für größere Trockeneisexplosionen, um daraus Filme zu machen. KSC-Fan.

Finn Japan-Liebhaber, ist sehr spitzfindig in der Formulierung der deutschen Sprache.

Hat einen ungewöhnlichen Humor, aber eine Art, die man nicht zurückweisen kann.

War schockiert, nachdem Dominik einen Kommentar über Nico Santos abgegeben hatte. Seinen NICO darf man nicht kommentieren. Aber er kannte trotzdem noch andere Lieder von anderen Künstlern.

Maria P. Kann Benno beim Kartenspielen („Lügen“) nicht vertrauen und ist immer hilfsbereit.

Das wärmste und häufigste Lachen im Kurs steckte uns alle an. Die einzige, die in den ersten zehn Minuten des Frühstücks nicht müde am Tisch saß, sondern Gespräche anging.

Trotzdem: Aus dem Kontext gerissen die Bosheit in Person . . . Aber wir kommen nicht auf die Idee, das zu tun . . . Wie könnten wir denn? Setzt sich immer auf dem Boden, um Maria H. Gesellschaft zu leisten.

Leni Wenn wir einen Bodyguard bräuchten, dann sie. Trainiert in Schwertkampf, Selbstverteidigung und ist hart im Nehmen. Außerdem nimmt ihr Gesicht inklusive Headset das ganze Bildfeld der Webcam ein. Aber sie ist auch sehr sympathisch, freundlich, hilfsbereit und super cooooooooool. Und sie hatte Blasen an den Füßen (danke, Tartanbahn!). Obwohl wir nach ihrer Kampfsport-KüA (mit den ganzen Liegestützen wegen unserer Inkompetenz) trotzdem Muskelkater hatten (alle außer Aure-

lia). Unser SHIFU (chinesisch für „Meister“) erzählte uns aber, dass ihr Training viel härter sei. So konnten wir nur erleichtert seufzen.

Ist ebenfalls beträchtlicher VfB-Stuttgart-Fan und traute sich sogar, sich gegen den Ansturm von KSC-Fans zu wehren. Lenika war immer zusammen anzutreffen.

Vorwort

MERIT NEIBIG, TOBIAS VAN LIER

„Zu Zeiten, als Backsteine noch aus Holz waren und Gummistiefel aus Blech,“ – also 1932 – wies Karl Guthe Jansky als Erster ein Radiosignal nach, das von außerhalb des Sonnensystems stammte. Dies war die Geburtsstunde der Radioastronomie. Viele Entdeckungen später – im Sommer 2021 – beschäftigte sich die „Zukunft der Menschheit“, eine Gruppe von zwölf Jugendlichen aus ganz Baden-Württemberg, mit diesem Thema.

Bremsstrahlung unter den Füßen, Radiogalaxien im Wasserglas, Supernovae aus der Flasche, Kressezucht auf Kleinplaneten, Sternschnuppen bei Tageslicht, Abschalten des Akademie-WLANs oder Entziffern von außerirdischen Nachrichten und unleserlichen Tablet-Aufschriften. Ob jeder für sich zu Hause oder alle zusammen in Adelsheim, ob Astro-Yoga oder physikalische Grundlagen – Teilnehmer und Kursleiter haben alles gegeben und wurden mit einer unvergesslichen Akademie belohnt! Einer Akademie voller Entdeckungen, die wir in dieser Dokumentation mit Ihnen teilen.

Sternhimmel

OLE FLECK, LENI THEURER

Obwohl unser Hauptthema Radioastronomie war, beschäftigten wir uns als Astronomiekurs auch mit optischer Astronomie. Deshalb sah man sowohl in den Abend-, als auch in den Morgenstunden Mitglieder des Astronomiekurses den Himmel beobachten. Beispielsweise beobachteten wir an einem Abend die Planeten, wobei auch tolle Fotos gelangen. Weiterhin

lichtete unsere Kursleiterin Caro verschiedene Mondphasen ab.



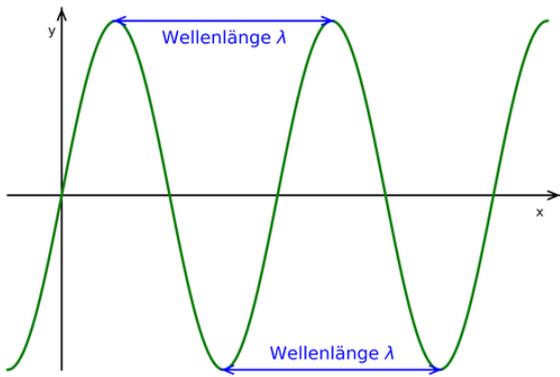
Jupiter mit seinen Monden durch ein Teleskop, mit dem Handy fotografiert

Am Eröffnungswochenende beschäftigten wir uns auch mit Sternkarten, mit denen man verschiedene Sternbilder bestimmen kann. Dazu muss eine auf die entsprechende geografische Breite angepasste Karte auf das aktuelle Datum und die richtige Uhrzeit gedreht werden. Als besonderes Highlight wollten wir den Himmel während der Online-Phase mit einem optischen Teleskop in Australien beobachten, was jedoch leider aufgrund von technischen Problemen und schlechtem Wetter nicht möglich war.

Elektromagnetische Strahlung

MARVIN HE, FINN-NOAH MUTZEK

Elektromagnetische Strahlung – ein Ausdruck, der erstmal sehr kompliziert klingt. Aber eigentlich ist es gar nicht so schwer zu begreifen. Wie man ja vielleicht schon aus dem Wort erkennt, hat elektromagnetische Strahlung etwas mit Magnetismus und Elektrizität zu tun, und zwar mit deren Feldern. Ein elektrisches Feld ist nichts anderes als ein unsichtbares Kraftfeld, das durch elektrische Ladungen gebildet wird, die sich gegenseitig anziehen und abstoßen. Ein magnetisches Feld ist sozusagen der Wirkungsbereich eines Magneten, also der Bereich, in dem er andere Magneten oder magnetische Körper anzieht oder abstößt. Einen sich nach außen fortpflanzenden Wechsel dieser beiden Felder bezeichnen wir als elektromagnetische Strahlung. Diese Darstellung beschreibt die Welleneigenschaft der elektromagnetischen Strahlung.



Eine in x-Richtung fortschreitende Welle. Auf der y-Achse ist die Amplitude aufgetragen. In blau sieht man die Wellenlänge, Wellenberg zu Wellenberg (Pfeil oben) oder Wellental zu Wellental (Pfeil unten)

Ein sehr wichtiger Begriff, den wir in der gesamten Astronomie benötigen, ist die Wellenlänge. Die Wellenlänge λ ist nichts Anderes als der Abstand von einem Wellenberg zum nächsten Wellenberg, oder von einem Wellental zum nächsten Wellental. Die Frequenz f ist die Anzahl der Wellenberge in einem Zeitintervall. Es gibt, wie in der Physik üblich, eine Formel um deren Zusammenhang zu beschreiben:

$$c = \lambda \cdot f$$

c steht dabei für die Lichtgeschwindigkeit. Mit dieser Grundformel kann man sowohl die Frequenz f als auch die Wellenlänge λ aus dem

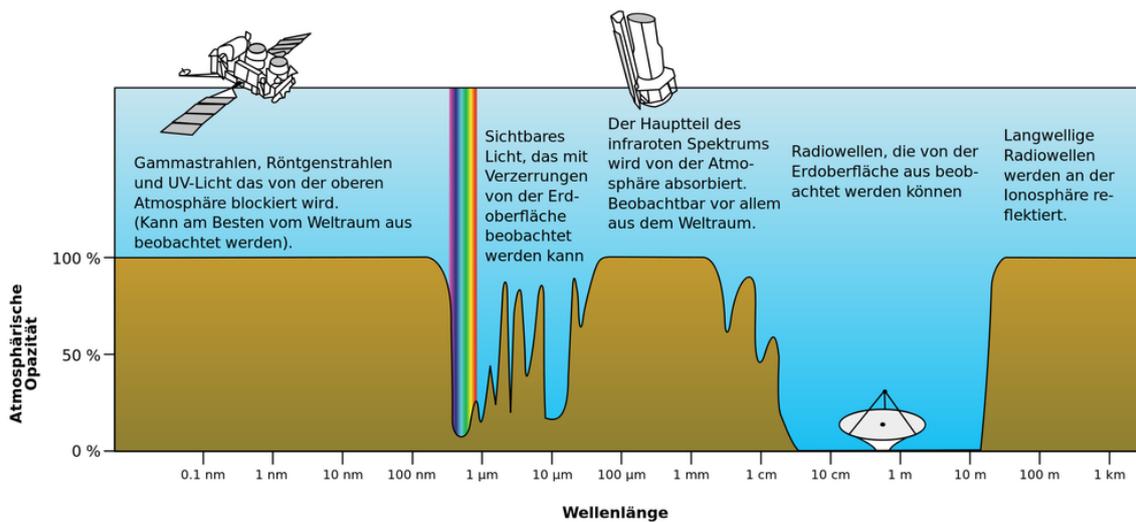
jeweils anderen berechnen, weil die Lichtgeschwindigkeit c im Vakuum eine Naturkonstante ist, sich also nicht verändert.

Da sich manche Naturphänomene nicht in eine Kategorie einteilen lassen, braucht man oft zwei oder mehr. Bei elektromagnetischer Strahlung gibt es außer der Welleneigenschaft eine weitere Kategorie, und zwar die Teilcheneigenschaft. Damit ist gemeint, dass elektromagnetische Strahlung sowohl als Welle beschrieben werden kann, mit deren Eigenschaften, als auch als ein Strom von Teilchen, mit den Eigenschaften dieser Teilchen, die wir Photonen nennen.

Das wohl prominenteste Beispiel für elektromagnetische Strahlung ist das Licht, welches wir sehen können. Das sichtbare Spektrum geht von blauem Licht mit einer Wellenlänge von ca. 400 nm bis hin zu rotem Licht mit einer Wellenlänge von ca. 700 nm. Dieser Bereich ist jedoch nur ein sehr kleiner Ausschnitt des gesamten elektromagnetischen Spektrums. Damit wir elektromagnetische Strahlung anderer Wellenlängen empfangen und messen können, brauchen wir andere Geräte und Hilfsmittel als für die optische Astronomie.

Atmosphärische Fenster

Wenn wir von der Erdoberfläche aus in den Himmel schauen, können wir Strahlung mancher Wellenlängen empfangen, andere aber auch nicht. Unsere Erdatmosphäre ist nämlich



Auf der x-Achse sieht man die verschiedenen Wellenlängenbereiche, auf der y-Achse die atmosphärische Opazität (Absorption von elektromagnetischer Strahlung in der Atmosphäre) in Prozent. Abbildung: Wikimedia (Originalbild: NASA, SVG: Wikimedia-User Mysid/Ariser, als gemeinfrei gekennzeichnet)

nicht für Strahlung aller Wellenlängen durchlässig. Im Bereich sehr kurzwelliger Strahlung absorbiert unsere Erdatmosphäre glücklicherweise alles, was auf sie einfällt. Wäre dies nicht der Fall, so stünde es sehr viel schlechter um unsere Gesundheit. Ultraviolette Strahlung, die wir als Verursacher von Sonnenbränden kennen, würde uns noch schädigender heimsuchen. Unser Erbgut in den Zellkernen würde vielleicht sogar zerstört werden, und häufige, schwere Erkrankungen könnten die Folge sein. Auch zu unserem Vorteil lässt die Erdatmosphäre zu einem großen Teil sichtbares Licht durch. Eine Welt ohne Licht im sichtbaren Bereich wäre nicht nur eine Welt ohne Farben, sondern sogar eine Welt ohne Sehen. Zudem gibt es noch ein riesiges „Loch“ für Wellenlängen im Bereich von ca. 1 cm bis 10 m. Diesen Bereich nennen wir Radiowellen. Da die Erdatmosphäre diese Wellen fast ungestört passieren lässt, können wir sie auf der Erdoberfläche exzellent empfangen.

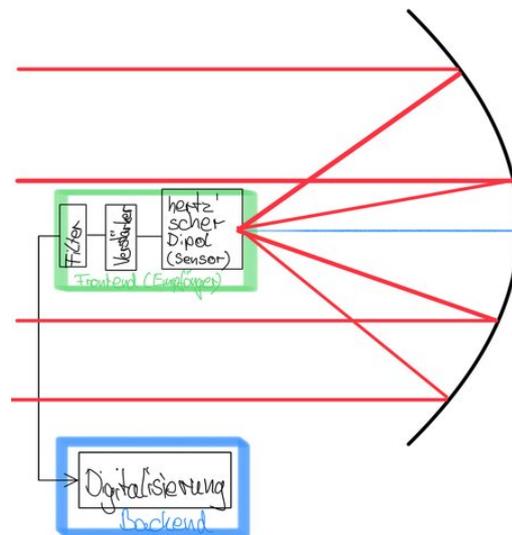
Senden Himmelskörper also Radiostrahlung aus, so können wir mithilfe von verschiedenen Instrumenten eine Reihe wertvoller Informationen über die jeweiligen Himmelskörper erhalten. Das ist, was Radioastronomie so spannend macht. Dort, wo unsere Augen nichts weiter als einen einfarbigen Himmel sehen können, können Radioteleskope Gasströme, Galaxien, Explosionen und viele weitere Dinge entdecken. Ein neues Fenster zum Universum, exklusiv für Radioastronominen und Radioastronomen zugänglich!

Radioteleskope

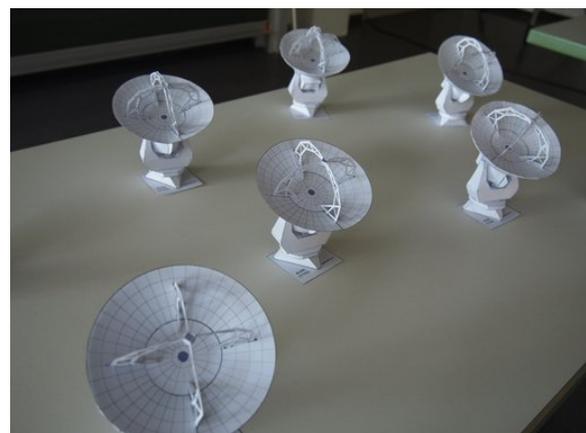
MARIA PANANI, NIKA HIEBER

Radiostrahlung kann man mit sogenannten Radioteleskopen messen. Die allgemeinen Funktionen von Teleskopen sind, Licht zu sammeln und ein Bild zu erzeugen, indem man dem Signal eine Richtung zuordnet. Viele Radioteleskope verwenden heute Parabolspiegel. Wenn die Strahlung auf dem Spiegel auftrifft, wird sie im Brennpunkt des Spiegels gebündelt, wo sich der Empfänger beziehungsweise Sensor befindet. Um ein Objekt nachzuweisen, muss man das vom Sensor erzeugte Signal verstärken und

Störsignale herausfiltern. Entscheidende Schritte dazu passieren bereits im „Frontend“ des Teleskops, das so genannt wird, da es meistens vor dem Spiegel aufgebaut ist. Im „Backend“, also meistens hinter dem Spiegel, in einem externen Raum oder sogar Gebäude, wird das Signal weiter verarbeitet, digitalisiert und für uns verständlich gemacht.



Funktionsweise eines Radioteleskops (schematisch); grün = Frontend: Hertzschwen Dipol (Sensor), Verstärker, Filter; blau = Backend: Digitalisierung; rote Linien = elektromagnetische Strahlung; schwarze parabelförmige Linie = Spiegel des Teleskops. Grafik: Ole



Aus Papier selbstgebaute ALMA-Teleskope nach dem Vorbild der 12m-ALMA-Teleskope in Chile

Allgemein gilt: Je größer ein Teleskop, desto größer die Auflösung. Der Spiegel eines Radio-

teleskops muss besonders groß für eine gute Auflösung sein, da Radiostrahlung langwelliger ist als beispielsweise sichtbares Licht. Neben Aufzeichnungen von einzelnen Teleskopen kann man diese für genauere Messungen auch miteinander kombinieren. Schaltet man zum Beispiel Teleskope auf der ganzen Welt zusammen, wäre das wie ein Teleskop mit der Größe der Erde. Dieser Prozess wird in der Fachsprache Interferometrie genannt. Bei der Akademie bastelten wir kleine 12 m-Teleskope des Interferometers „ALMA“ (Atacama Large Millimeter Array) als Modell aus Papier.



Selbst aufgebaute Parabolantenne

Während unser Kurszeit in Adelsheim benutzen wir zwei unterschiedliche Teleskope, eine Yagi-Antenne und ein Parabolspiegelteleskop. Die Yagi-Antenne besitzt zwar keinen Spiegel, hat aber trotzdem eine bevorzugte Empfangsrichtung. Mit ihr konnten wir Meteore aufzeichnen, mit Hilfe des Parabolspiegelteleskops die 21 cm-Linie des Wasserstoffs in der Milchstraße. Da die Strahlung der 21 cm-Linie sehr langwellig ist, reicht für den Spiegel eine Gitterstruktur aus, die im optischen Bereich nicht spiegelt.



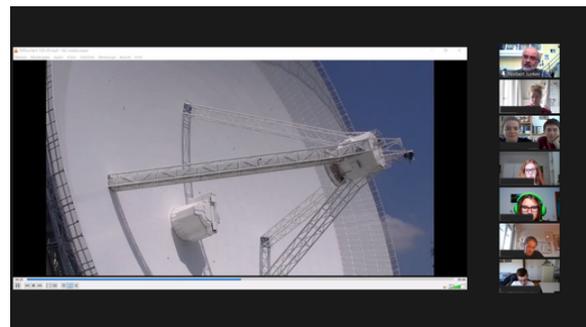
Selbst aufgebaute Yagi-Antenne

Das Effelsberger Radioteleskop

ALEXANDER KIENLE, FINN-NOAH
MUTZEK

Als wir uns mit optischen und Radioteleskopen beschäftigten und dabei die Idee dahinter verstehen wollten, schauten wir uns über das Internet mehrere Teleskope auf der ganzen Welt an, wie das Parkes-Observatorium in Australien oder auch die ALMA-Teleskope in der Atacama-Wüste, vor allem jedoch das Effelsberger Radioteleskop.

Das Effelsberger Radioteleskop ist nämlich das zweitgrößte vollbewegliche Radioteleskop der Welt mit 100 Metern Hauptspiegeldurchmesser. Trotz des riesigen Gewichts von ungefähr 3200 Tonnen besitzt das Teleskop eine extreme Präzision und benötigt für eine 360°-Drehung nur 12 Minuten und für eine 90°-Neigung 6 Minuten.



Wir beobachten das Effelsberger Radioteleskop in einem Video

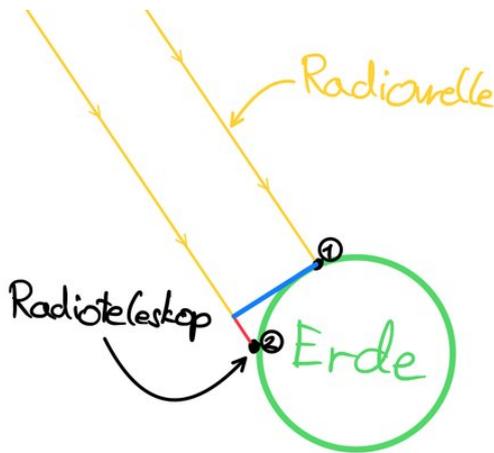
Wir hatten im Onlineteil unserer zwei Wochen der Akademie das Vergnügen, dass sich Norbert Junkes, der am Teleskop arbeitet, zu uns in die Videokonferenz geschaltet hat. Er erzählte uns sehr viel Interessantes über das Effelsberger Radioteleskop und zum Schluss hatten wir die Möglichkeit, Fragen zum Teleskop und auch insgesamt zur Radioastronomie zu stellen. Dort lernten wir viel Neues dazu, darunter beispielsweise, dass es am Teleskop jährliche Malerarbeiten in zwei Monaten im Sommer gibt.

Hiermit wollen wir uns nochmal bei allen Beteiligten dafür bedanken, dass wir dieses Interview durchführen konnten. Vielen Dank!

Interferometrie

OLE FLECK, LUKAS HOESCHEN

Das Effelsberger Radioteleskop wurde auch schon oft bei interferometrischen Messungen benutzt. Interferometrie ist das Verfahren, verschiedene Radioteleskope zusammenschalten, um eine größere Auflösung zu erhalten. Dabei wird eine Welle an verschiedenen räumlich getrennten Punkten aufgezeichnet. Dann werden die verschiedenen Aufnahmen miteinander verrechnet, so dass ein scharfes Bild entsteht. So wird es deutlich leichter, Radioteleskope mit extrem großer Auflösung zu „bauen“ – schon heute werden damit Spiegeldurchmesser von der Größe der Erde simuliert.



Vereinfachte Darstellung der Interferometrie. Grafik: Ole und Lukas

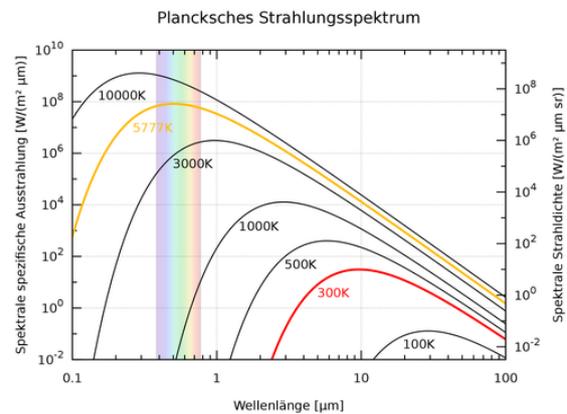
Wie das funktioniert, wird an der schematischen Abbildung deutlich. Die gelbe Radiowelle wird an den beiden schwarzen Punkten, den Radioteleskopen, aufgezeichnet. Hierbei gehören auf der Welle die Endpunkte der blauen Linie zu dem selben Zeitpunkt. Da diese nicht bei beiden Radioteleskopen gleichzeitig ankommen, darf der Aufnahme vom ersten Teleskop nicht die Aufnahme des zweiten Radioteleskops im gleichen Moment zugeordnet werden. Stattdessen muss sie nach der Dauer, die das Licht für die rote Strecke braucht, entstanden sein. Um die dafür notwendige genaue Zeitmessung zu erreichen, werden Atomuhren benötigt.

Dass Interferometrie (fast) nur in der Radioastronomie verwendet wird, hängt mit der Wellenlänge zusammen. Deshalb reicht es bei Ra-

dioteleskopen wegen der vergleichsweise großen Wellenlängen, den Abstand zwischen den einzelnen Teleskopstandorten auf wenige Millimeter genau zu bestimmen, was mit heutiger Technik leicht möglich ist. Bei sichtbaren Wellenlängen bräuchte man für ähnliche Qualität eine Abstandsgenauigkeit mindestens im Nanometerbereich!

Strahlungsprozesse

AURELIA JANIETZ, FINN-NOAH MUTZEK

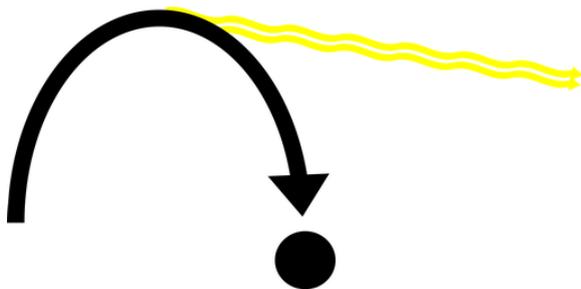


Strahlungsspektrum von Schwarzkörpern verschiedener Temperaturen. Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Prog, CC BY-SA 4.0)

Am Eröffnungswochenende lernten wir die Schwarzkörperstrahlung als ersten Strahlungsprozess kennen. Diese ist der Anteil der Strahlung, den ein Körper (z. B. eine Gaswolke) aufgrund seiner Temperatur abgibt. In dem Diagramm zeigen die Kurven jeweils die abgegebene Strahlung bei verschiedenen Wellenlängen. Die Form dieser Kurven heißt Planck-Spektrum. Dabei stellt beispielsweise die rote Kurve näherungsweise die abgegebene Temperaturstrahlung der Erde und die gelbe Kurve die der Sonne dar. Bei welcher Wellenlänge das Maximum der Kurve liegt, kann man über das „Wiensche Verschiebungsgesetz“ aus der Temperatur ausrechnen. Es besagt, dass die Temperatur des Körpers umgekehrt proportional zu der Wellenlänge ist, bei der der Körper die intensivste Strahlung abgibt, also bei welcher Wellenlänge das Maximum der Kurve liegt. Verdoppelt sich also die Temperatur des Körpers,

so halbiert sich die Wellenlänge der Strahlung, bei der sein Strahlungsmaximum liegt. Für die Körpertemperatur von Lebewesen liegt das Strahlungsmaximum beispielsweise im Infrarotbereich mit etwa 10 Mikrometern Wellenlänge, für die Sonne mit einer Oberflächentemperatur von ca. 5500 °C liegt die Wellenlänge im Bereich des grünen Lichts. Auch wenn die Kurven ihr Maximum bei anderen Wellenlängen haben, geben alle Körper immer noch eine bestimmte Menge Radiostrahlung ab, weil die Kurve nirgendwo exakt Null wird.

Zu Beginn der Sommerakademie begegneten wir dann auch der Synchrotronstrahlung und der MASER-Emission, beides weitere Beispiele für Strahlungsprozesse. Zum Beispiel lernten wir, was das überhaupt ist und wie der Entstehungsprozess der Strahlung genau abläuft.



Synchrotronstrahlung: Der schwarze Kreis ist das geladene Teilchen, der schwarze Pfeil soll die Bewegungsrichtungsänderung darstellen. Die zwei gelben Wellen symbolisieren die freigesetzte Strahlung.

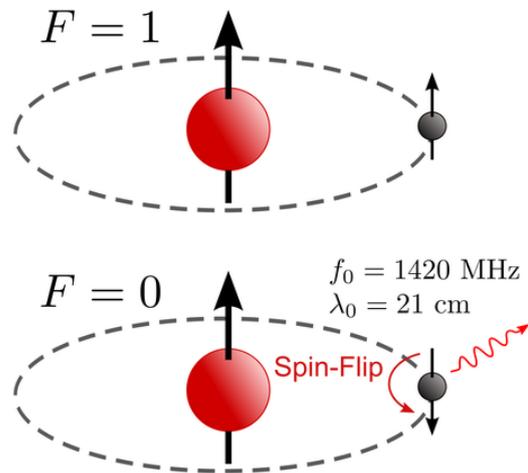
Wenn sich geladene Teilchen mit einer Geschwindigkeit nahe der Lichtgeschwindigkeit c durch Magnetfelder bewegen, werden diese abgelenkt. Dies ist eine Form der beschleunigten Bewegung. Dabei wird elektromagnetische Strahlung verschiedener Wellenlängen – abhängig von der Stärke des Magnetfeldes und der Geschwindigkeit des Teilchens – tangential zur Bewegungsrichtung freigesetzt, die sogenannte Synchrotronstrahlung.



Vereinfachte Darstellung der Molekülstimulation: Weiße Kreise sind im angeregten, blaue Kreise im Grundzustand

MASER ist ein Prozess, der grundsätzlich gleich funktioniert wie der LASER im sichtbaren Bereich, nur dass er eben im Radio- und Mikrowellenbereich stattfindet. Dabei wird Strahlung verstärkt, indem viele Moleküle stimuliert werden. Moleküle können in einem energiereichen, dem angeregten, oder in einem energiearmen, dem Grundzustand, vorkommen. Die zusätzliche Energie wird dabei in Schwingungen oder Drehungen des Moleküls gespeichert. Die angeregten Teilchen können im Laufe der Zeit in den Grundzustand zurückfallen. Dabei wird Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung frei. Diese Strahlung stimuliert weitere Emissionen, so dass es zu einer Art Kettenreaktion kommt und somit weitere angeregte Moleküle in den Grundzustand zurückfallen und daher weitere elektromagnetische Strahlung abgegeben wird. Dieser ganze Prozess führt zu einer Verstärkung der Anfangsstrahlung.

In Adelsheim beschäftigten wir uns dann besonders intensiv mit der 21 cm-Linie des Wasserstoffs, da Wasserstoff das häufigste Element im Universum ist und wir somit ganz einfach seine Strahlung empfangen, messen und untersuchen konnten.



Veranschaulichung des Spin-Flips – oben: Ortho-Wasserstoff; unten: Para-Wasserstoff. Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Tiltec, als gemeinfrei gekennzeichnet)

Der Atomkern und das Elektron eines Wasserstoffatoms haben eine Eigenschaft namens „Spin“. Dieser verhält sich ähnlich wie der Drehimpuls eines Kreisels. Die „Ausrichtung“ der

Spins von Kern und Elektron kann nun vereinfacht gesagt entweder parallel oder antiparallel zueinander sein. Den Zustand, bei dem die Spins von Elektron und Atomkern parallel zueinander ausgerichtet sind, nennt man Ortho-Wasserstoff. Wenn jedoch die Spins von Elektron und Atomkern antiparallel gerichtet sind, nennt man diesen Zustand Para-Wasserstoff. Der Zustand Ortho-Wasserstoff liegt bei einer etwas höheren Energie als der Para-Wasserstoff. Bei einem „Umkippen“ des Spins des Elektrons, welches mit einer Halbwertszeit von ca. 11 Millionen Jahre auftritt, wird diese Energiedifferenz daher als elektromagnetische Strahlung einer bestimmten Wellenlänge, die 21 cm beträgt, frei. Diesen Prozess des „Umkippens“ nennt man Spin-Flip.

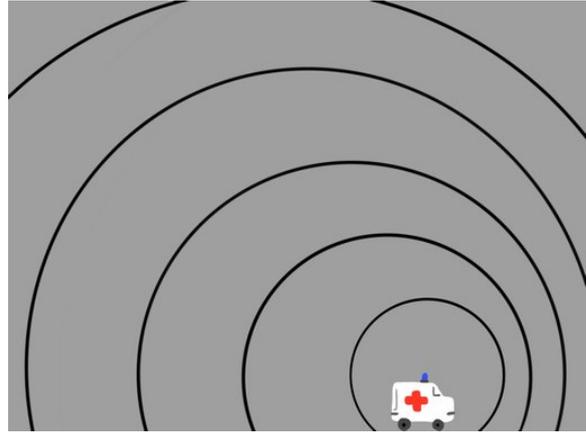
Doppler-Effekt

MARIA HARTMANN, MARVIN HE

„Tatü-tata! Tatü-tata!“ Dieses Geräusch kennen wir alle, wenn wir mal an der Kreuzung warten müssen und ein Krankenwagen vorbeibraust. Hören wir genauer hin, so fällt uns auf, dass das Geräusch außer der ohrenbetäubenden Lautstärke eine weitere Eigenschaft hat: Die Tonhöhen verändern sich. Bewegt sich der Krankenwagen auf einen zu, so klingen die Sirenentöne höher. Sobald sich der Krankenwagen von einem wegbewegt, erscheint der Ton tiefer, bis das Geräusch der Sirene langsam in der Ferne verebbt.

Genau dieser Effekt wird in der Physik als Doppler-Effekt bezeichnet. Der Doppler-Effekt besagt, dass sich die Frequenz eines Signals verändert, sobald sich der Abstand zwischen Quelle und Empfänger verändert, während das Signal gesendet wird. Auf unser Beispiel mit dem Krankenwagen übertragen, bedeutet das: Der Krankenwagen sendet zwar gleich bleibende Signale – würde er sich nicht bewegen, so blieben die Frequenzen und damit die Tonhöhen des Signals gleich – sobald er aber die Distanz zu uns als Beobachtern verringert oder vergrößert, so verändern sich die Tonhöhen, die wir hören.

Das Ganze kann man sich so vorstellen: Der Krankenwagen steht 200 Meter von uns ent-



Veranschaulichung des Doppler-Effekts: Die Wellendichte hinter dem Krankenwagen ist kleiner als vor dem Wagen. Grafik: Maria H.

fernt und bewegt sich zunächst nicht. Er sendet einmal einen tieferen Ton (meistens ein Gis) und einen höheren (entsprechend ein Cis). Das bedeutet, dass diese 200 Meter eine gewisse Anzahl an Wellenbergen enthalten. Sagen wir, 240 für den tiefen und 325 für den hohen Ton. Sobald der Krankenwagen beginnt, von uns wegzufahren, sind es nicht mehr 240 bzw. 325 Wellenberge auf 200 Metern, sondern auf beispielsweise 300 Metern. Weniger Wellenberge auf gleichen Raum? – Niedrigere Frequenz! Fährt der Krankenwagen hingegen auf uns zu, passiert genau das Gegenteil. 240 bzw. 325 Wellenberge auf 100 Metern sind viele Wellenberge mehr auf gleichem Raum. Der Ton, den wir hören, scheint höher. Und auch unser Puls wird höher, denn bald gibt es einen Unfall mit dem Krankenwagen ...

Der Doppler-Effekt ist in vielen Bereichen der Physik nützlich; in der Welt der Radioastronomie gibt er uns Hinweise darauf, in welche Richtungen sich Objekte bewegen. Denn wir betrachten auf dieselbe Weise Frequenzen und schauen, wie sie sich verändern. Zwar handelt es sich um elektromagnetische statt Schallwellen, die physikalischen Grundlagen des Doppler-Effekts bleiben aber dieselben. Wir messen ein Signal, das mit bekannter Frequenz ausgesendet wird. Ist die bei uns ankommende Frequenz höher, so wissen wir, dass sich die Signalquelle in unsere Richtung bewegt. Und andersherum natürlich genauso.

Online und auch in Adelsheim beschäftigten

wir uns mehrfach mit dem Doppler-Effekt, besprachen seine Theorie, sahen aber auch seine Auswirkungen bei unseren Sternschnuppen-Beobachtungen. Wir konnten beispielsweise sehen, aus welcher Richtung ein störendes Flugzeug durchflog. So viele Erkenntnisse aus einem Effekt aus dem Alltag? – Das hätten wir uns im Leben nicht ausmalen können!

Natürliche Radioquellen

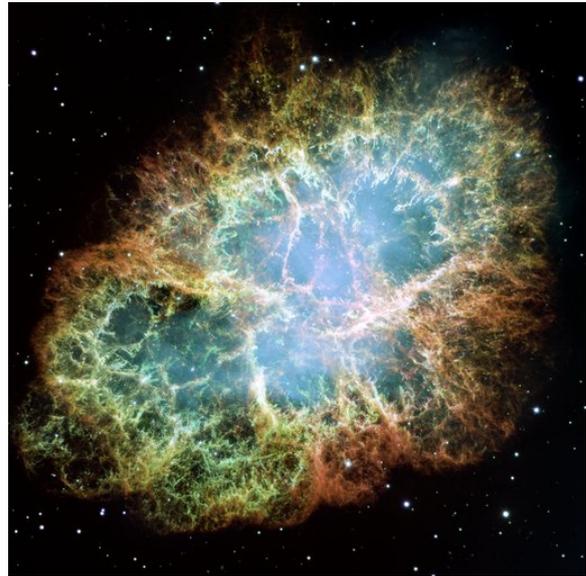
LUKAS HOESCHEN, PHILIPP KUNNER

In der Radioastronomie beschäftigen wir uns mit der Radiostrahlung, welche wir aus dem Universum empfangen wollen. Aber woher kommen diese Radiowellen eigentlich, wenn nicht von künstlichen Radiosendern? Ganz einfach: von natürlichen Radioquellen. Wir behandelten insgesamt drei Arten von Radioquellen: Supernovaüberreste, Neutronensterne und aktive Galaxienkerne.

Ein Stern betreibt Kernfusion. Geht ihm dafür der „Brennstoff“ aus, dehnt sich die Hülle des Sterns aus und „verschluckt“ dann auch mal gerne Planeten, während sich der Kern aufgrund der Gravitation zusammenzieht. Bei sehr massereichen Sternen kann es am Ende ihres Lebens zu einer echten Katastrophe kommen, bei der der Kern des Sterns in sich zusammenbricht und die äußeren Schichten in einer gewaltigen Explosion abgestoßen werden. Das nennt man dann Supernova. Die abgestoßenen Schichten des Sterns bilden den Supernovaüberrest. Diese senden unter anderem auch Radiostrahlung aus, zum Beispiel weil durch die Stoßwelle der Explosion Teilchen auf sehr große Geschwindigkeiten beschleunigt und dann in Magnetfeldern abgelenkt werden können. Ein berühmtes Beispiel für einen Supernovaüberrest ist der Krebsnebel im Sternbild Stier.

Da unsere Sonne nicht genug Masse hat, wird ihr das Schicksal der Supernova aber erspart bleiben. Sie wird lediglich zu einem roten Riesen, stößt ihre äußere Hülle ab und der Kern, der übrigbleibt, wird erkalten. Erst ab etwa acht Sonnenmassen hat ein Stern genug Materie, um zu einem Neutronenstern zu kollabieren. Noch schwerere Sterne (vermutlich ab ca. 25

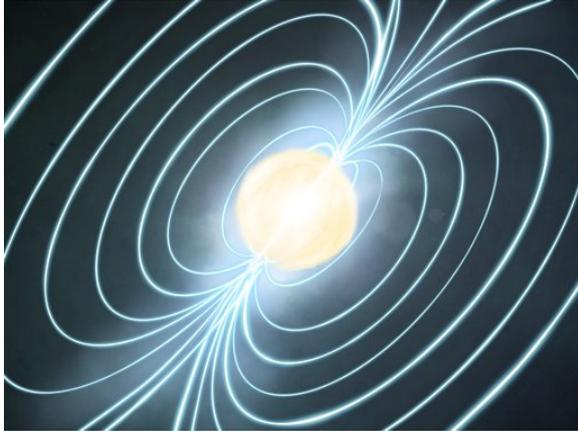
Sonnenmassen) können auch vollends zu einem Schwarzen Loch zusammenbrechen.



Der Krebsnebel: Ein Supernovaüberrest, der aus einer Supernova entstand, die im Jahr 1054 von verschiedenen Astronomen – unabhängig voneinander – auf der Welt dokumentiert wurde. In seinem Zentrum befindet sich ein Neutronenstern. Bild: NASA, ESA, J. Hester and A. Loll (Arizona State University)

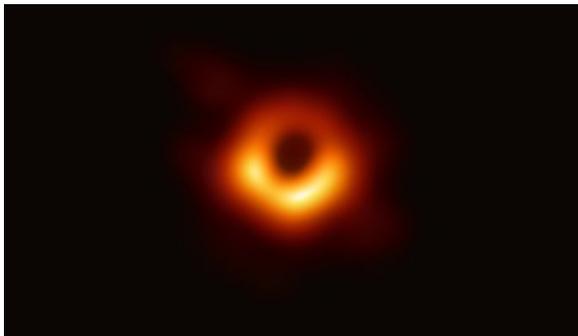
Der Krebsnebel hat noch zwei weitere Komponenten: einen Pulsarwindnebel und einen Neutronenstern. Neutronensterne haben sehr viele besondere Eigenschaften. Sie entstehen direkt bei der Supernova durch den katastrophalen Zusammenbruch des Kerns des Sterns. Ein Neutronenstern hat eine Masse von etwa eineinhalb bis zwei Sonnenmassen. Aber er ist nicht etwa so groß wie ein Planet unseres Sonnensystems, nicht einmal so groß wie der Mond, sondern im Querschnitt eher mit der Fläche Hamburgs vergleichbar – und trotzdem schwerer als unsere Sonne. So viel Masse in so einem geringen Volumen bedeutet eine sehr hohe Dichte. Von der äußeren Kruste (10^7 g/cm^3) bis zum inneren Kern (zwischen 10^{14} g/cm^3 und 10^{17} g/cm^3) nimmt die Dichte stark zu. Zur Verdeutlichung dieser Dichtezunahme: Ein winziges Stück Neutronensternkruste mit der Masse eines Buntstifts hätte bei gleicher Größe im Kern des Neutronensterns schon die Masse eines Blauwals. Könnten wir uns ein etwas größeres Stück eines Neutronensterns abschneiden – sagen wir von der Größe eines Zuckerwürfels –

dann hätte dieses Stück die Masse eines stattlichen Berges in den Alpen. Neutronensterne gehören also zu den ungewöhnlichsten Himmelsobjekten überhaupt!



Zeichnung eines Neutronensterns mit Magnetfeldlinien. Grafik: Maria H.

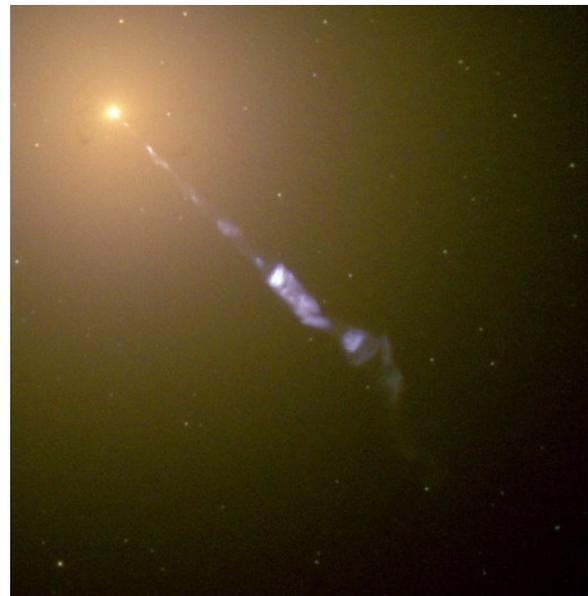
Viele Neutronensterne haben zudem ein sehr starkes Magnetfeld, viel stärker als das der Erde. Haben Sie schon einmal versucht, sich 30 mal pro Sekunde um Ihre eigene Achse zu drehen? Wir zwar auch nicht, aber das macht der Neutronenstern im Krebsnebel ... uns wird schon bei der Vorstellung schwindelig. Diese beiden Effekte – starkes Magnetfeld und rasche Rotation – zusammen sorgen dafür, dass Teilchen in der Umgebung des Neutronensterns auf sehr große Geschwindigkeiten beschleunigt werden können und dann auch Synchrotronstrahlung abgeben.



Radiokarte der Umgebung des Schwarzen Loches M87*. Bild: EHT-Kollaboration, CC BY-SA 4.0

Die dritte Art Radioquellen, die wir behandeln, sind aktive Galaxienkerne. Die Galaxie Messier 87 im Sternbild Jungfrau hat einen sehr aktiven Galaxienkern. Sie wird als Radioquelle

auch als „Virgo A“ und als Röntgenquelle als „Virgo X-1“ bezeichnet. Diese Galaxie ist etwa 53,49 Millionen Lichtjahre von uns entfernt und beinhaltet mit geschätzt mindestens einer Billionen Sterne deutlich mehr Sonnen als unsere Heimatgalaxie, die Milchstraße, mit 400 Milliarden. Im Zentrum von Messier 87 befindet sich ein Schwarzes Loch, wie auch in unserer Milchstraße, welches M87* genannt wird. Seine Masse wird auf etwa 6,5 Milliarden Sonnenmassen geschätzt. Der helle Ring auf dem Bild des Schwarzen Loches besteht aus erhitzter Materie. Der Schatten des Schwarzen Loches hat einen Durchmesser von etwa 100 Milliarden Kilometern.



Die Galaxie Messier 87 im Sternbild Jungfrau. Die Jets kommen aus dem aktiven Kern der Galaxie. Bild: NASA und das Hubble Heritage Team (STScI/AURA)

Wenn Sie sich ein Bild der Galaxie Messier 87 anschauen, fällt Ihnen eventuell der violette „Strahl“ auf, der aus der Galaxie kommt und sich nach außen ausbreitet. Das ist einer der sogenannten Jets. Die Teilchen, welche die Jets bilden und sich mit fast Lichtgeschwindigkeit fortbewegen, erzeugen Synchrotronstrahlung in einem weiten Bereich des elektromagnetischen Spektrums, unter anderem im Radiobereich. Diese Jets sind tausende Lichtjahre lang. Das klingt erstmal nicht so viel im Vergleich zur Distanz der Galaxie, aber ein Lichtjahr sind allein schon $9,461 \cdot 10^{12}$ km.

Das Bild vom Schatten des Schwarzen Loches ist ein Beispiel für Meilensteine, die die Radioastronomie erreicht hat. Zwar existierte mit Albert Einsteins Relativitätstheorie bereits eine genaue Beschreibung Schwarzer Löcher, einen so direkten Beweis lieferte aber erst das Event Horizon Telescope, das mittels Interferometrie 2019 die erste Radiokarte – und damit die erste Abbildung überhaupt – des Schattens eines Schwarzen Loches (M87*) lieferte.

SETI

NIKA HIEBER, ALEXANDER KIENLE,
LENI THEURER

Doch was ist, wenn wir Radiosignale empfangen, die nicht von natürlichen Radioquellen stammen? So darf bei der Radioastronomie auf keinen Fall die Suche nach außerirdischer Intelligenz, englisch „Search for Extraterrestrial Intelligence“, kurz SETI, fehlen. Dabei nehmen wir an, dass die Aliens, mit denen wir Kontakt aufnehmen möchten, technische Zivilisationen sind, die in der Lage sind, mit Radiowellen interstellär zu kommunizieren.

Drake-Gleichung



Die Drake-Gleichung einfach dargestellt. Grafik: Leni

Um die mögliche Anzahl kontaktfähiger außerirdischer Intelligenzen zu bestimmen, hat der Astronom Frank Drake eine Gleichung entwickelt. Die sogenannte Drake-Gleichung beinhaltet mehrere Faktoren, die multipliziert werden, um die Anzahl zu berechnen:

1. Faktor R : mittlere Sternentstehungsrate pro Jahr in der Milchstraße. Das heißt, wie viele

Sterne entstehen durchschnittlich pro Jahr in unserer Galaxie.

2. Faktor f_p : Anteil der Sterne mit Planetensystem. Also wie viele Sterne in der Milchstraße ein Planetensystem besitzen.
3. Faktor n_e : durchschnittliche Anzahl der Planeten pro Stern in der habitablen Zone. Die habitable Zone ist der Bereich um einen Stern, in dem es aufgrund der Temperatur flüssiges Wasser geben kann, das für die Entstehung von erdähnlichem Leben notwendig ist.
4. Faktor f_l : Anteil dieser Planeten mit Leben. Somit Planeten, auf denen eine Art von Leben existiert.
5. Faktor f_i : Anteil dieser Planeten mit intelligentem Leben. Sprich, wie viele der Planeten beheimaten intelligentes Leben, also nicht nur Bakterien oder Ähnliches.
6. Faktor f_c : Anteil solcher Zivilisationen, die Interesse an interstellarer Kommunikation haben. Das heißt, wie viele der Zivilisationen technisch weit genug entwickelt sind, um mit uns Kontakt aufnehmen zu können, und dies auch wollen.
7. Faktor L : Lebensdauer einer technischen Zivilisation. Wie lange existiert eine intelligente Zivilisation, bis sie zum Beispiel durch einen großen Meteoriteneinschlag, Selbstzerstörung oder Ähnliches ausgelöscht wird.

Die Ergebnisse der Gleichung gehen je nach eingesetzten Werten von einer – über mehrere hundert und tausend – bis zu mehreren Millionen Zivilisationen in unserer Milchstraße.

Wir selbst überlegten uns eine vereinfachte Version der Drake-Gleichung mit dazugehörigen Werten, um die Anzahl möglicher intelligenter Spezies zu berechnen. Der erste Faktor war für uns ebenfalls die durchschnittliche Sternentstehungsrate in der Milchstraße. Wir gingen von ca. 25 Sternen pro Jahr aus. Als nächstes schätzten wir sehr optimistisch 13 Planeten pro Stern. Dazu kamen wir, da wir ein Experiment mit Kresse durchgeführt hatten. Dabei pflanzte jeder Kressesamen unter verschiedenen Bedingungen an, zum Beispiel im Kühlschrank oder mit Zitronensaft. Weil wir somit 13 Kresse-Experimente hatten, rechne-

ten wir jedes einzelne als einen Planeten. Bei den 13 Experimenten wuchs die Kresse nur einmal, weswegen wir für den nächsten Faktor *einen* bewohnbaren Planeten berechneten. Der nächste Wert war die Wahrscheinlichkeit, dass intelligentes Leben entsteht. Schätzungen dazu gehen von fast 0 % bis 100 %. Dabei waren wir ebenfalls sehr optimistisch und gingen von 100 % aus. Als letzten Faktor hatten auch wir die Lebensdauer einer technischen Zivilisation, wobei wir von guten 10.000 Jahren ausgingen.

Schließlich kamen wir bei unseren Berechnungen zu dem Ergebnis, dass es etwa 250.000 intelligente Spezies gibt, mit denen eine Kontaktaufnahme möglich wäre. Dies würde bedeuten, dass grob jeder millionste Stern einen Planeten mit intelligentem Leben hätte. Wichtig zu beachten ist dabei, dass wir sehr optimistisch rechneten und einfache und gerundete Werte verwendeten.

Daran sieht man, dass in der Theorie alles noch sehr unsicher ist. Allerdings gab es in der Praxis schon zwei große Ereignisse.

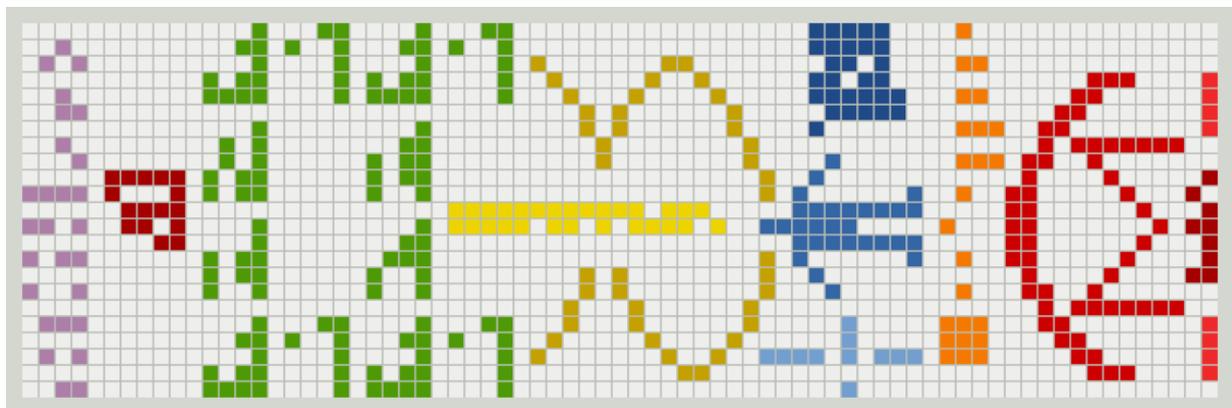
Arecibo-Signal

Um Kontakt zu außerirdischen Zivilisationen aufzunehmen, sollte man nicht nur nach Signalen von möglichen Versuchen der Kontaktaufnahme suchen, sondern auch selbst Signale senden. Ein Beispiel für dieses Senden von Informationen in den Weltraum ist das Arecibo-Signal. Gesendet wurde es am 16. 11. 1974 vom Arecibo-Observatorium in Puerto Rico.

Zu diesem Zeitpunkt war das Teleskop in Puerto Rico das größte der Welt. Gesendet wurde dieses Signal in Richtung des Kugelsternhaufens M13, der ca. 25.000 Lichtjahre von uns entfernt ist. Aufgrund dieser großen Entfernung ist das Signal immer noch unterwegs und benötigt noch eine sehr lange Zeit, bis es am geplanten Ziel ankommt. Dies erschwert natürlich eine Kontaktaufnahme mit außerirdischen Zivilisationen.

Schauen wir das Arecibo-Signal genauer an: Geschrieben wurde es unter anderem von dem Astronomen Frank Drake, der auch die vorher beschriebene Drake-Gleichung verfasste. Es enthält Informationen zu Mathematik, Chemie, DNA und insgesamt der Menschheit. Es wurde in Form von Radiowellen versendet, die eine Folge von zwei verschiedenen Tönen kodieren. Wenn man diese als schwarze und weiße Pixel interpretiert und daraus im richtigen Seitenverhältnis ein Rechteck zusammensetzt, erhält man ein Bild.

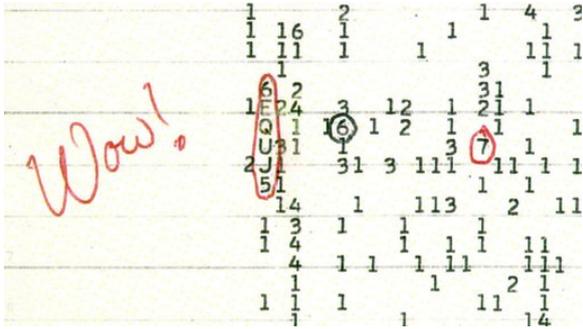
Als wir uns dieses Bild zum ersten Mal anschauten, brauchten wir einige Zeit, bis wir es wenigstens zum Teil entschlüsseln konnten. Deshalb machten wir uns darüber Gedanken, wie schwer es erst für andere Zivilisationen wäre, das Arecibo-Signal zu entschlüsseln, denn es gibt viele nicht selbsterklärende Schritte vom Signalempfang bis zur Bildinterpretation, die zu völlig falschen Ergebnissen führen können. Selbst wenn Aliens das richtige Bild vor sich liegen hätten, wäre es für sie noch schwierig zu verstehen, weil sie wahrscheinlich nichts vom Menschen wissen.



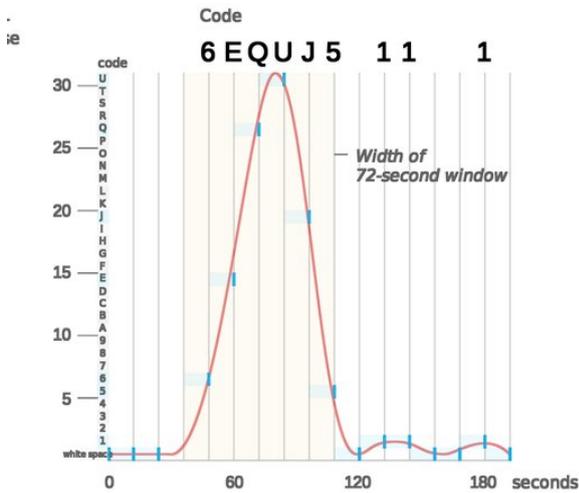
Arecibo-Botschaft farbig dargestellt.

Grafik: „Arecibo message light“, Wikimedia (Wikimedia-User Arne Nordmann (norro), CC BY-SA 3.0)

Wow!-Signal



Wow!-Signal mit dem 30-fachen der Standardabweichung. Bild: Big Ear Radio Observatory and North American AstroPhysical Observatory (NAAPO)



Verlauf der Empfangsstärke. Grafik „Wow signal profile“, Bildnachweis: Wikimedia (Wikimedia-User Maxrossomachin, CC BY-SA 3.0)

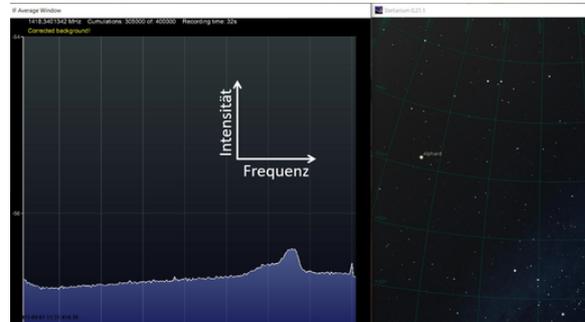
Die vielversprechendste mögliche außerirdische Botschaft ist das Wow!-Signal. Das schmalbandige Radiosignal wurde am 15.08.1977 von Jerry R. Ehman im Rahmen eines SETI-Projekts aufgezeichnet. Benannt wurde es nach dem Kommentar, den er auf dem Ausdruck der Messung daneben geschrieben hat. Als möglicher Herkunftsort wurde das Sternbild Schütze bestimmt. Die bei der Messung dargestellten Werte von 1 bis Z geben jeweils an, wie viel der gemessene Wert über dem Hintergrundrauschen lag. Die Buchstaben A bis Z stehen dabei für eine 10- bis 35-fache Standardabweichung. Das Wow!-Signal war also mit dem maximal 30-fachen der Standardabweichung eindeutig stärker als das Hintergrundrauschen. Das Signal wurde 72 Sekunden lang gemessen und wieder-

holte sich offenbar nicht. Ob das Signal wirklich von einer anderen technischen Zivilisation kommt, bleibt deshalb ungeklärt. Möglich ist es, allerdings könnte es auch von einer natürlichen Radioquelle kommen, beispielsweise dem Ausbruch eines Pulsars. Falls das Signal eine Modulation – also eine Nachricht – enthielt, konnte sie jedenfalls nicht festgestellt werden.

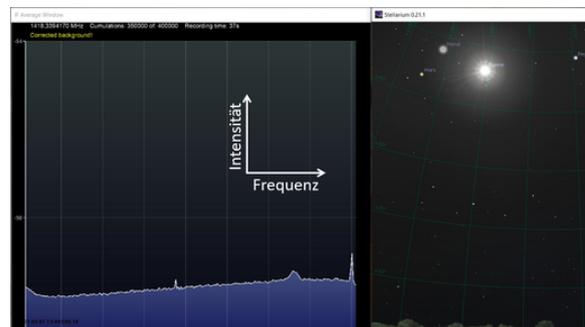
Ein außerirdisches Signal zu empfangen wäre natürlich der Jackpot gewesen, als Akademierziel vielleicht aber doch etwas hoch gesteckt. Deshalb haben wir uns stattdessen anderen Beobachtungen gewidmet.

Milchstraßenbeobachtung

AURELIA JANIETZ, MARIA PANANI



Im linken Bildausschnitt sieht man auf der y-Achse die Intensität und auf der x-Achse die Frequenz. Der „Berg“ rechts zeigt die 21 cm-Linie des Wasserstoffs. Der rechte Bildausschnitt zeigt den gleichen Bereich des Himmels – nur im optischen Bereich im Programm Stellarium.



Der „Berg“ links ist kleiner geworden, die Milchstraße wandert aus dem Bild. Die senkrechten Linien sind menschengemachte Störsignale.

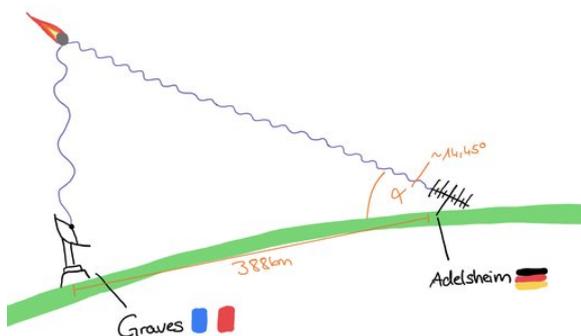
Diese eigenen Messungen für die 21 cm-Linie des Wasserstoffs führten wir in Adelsheim mit einem Radioparabolspiegelteleskop durch.

Die Intensität der Linie gibt Aufschluss über die Menge des Wasserstoffs in der beobachteten Richtung. In der ersten Abbildung ist die 21 cm-Linie des Wasserstoffs der Milchstraße noch deutlich zu sehen, in der zweiten Abbildung hingegen nur sehr schwach, da sich die Erde dreht und die Milchstraße – in der sich große Mengen Wasserstoffgas befinden – deshalb im Laufe des Tages aus dem Empfangsbereich des Teleskops „wandert“. Aus der Form des Ausschlags im Spektrum können wir Rückschlüsse auf die Dynamik innerhalb der Milchstraße ziehen. Durch den Doppler-Effekt messen wir nämlich auch von 21 cm leicht abweichende Wellenlängen, was bei bewegtem Gas zu einer Verbreiterung der Linie führt. Dabei sind die anderen, schmalen Ausschläge nicht von großer Bedeutung, da diese von Störsignalen (wie zum Beispiel elektronischen Geräten in der Nähe) kommen.

Meteore

MARIA HARTMANN, MARIA PANANI

In Adelsheim beobachteten wir gemeinsam nicht nur die 21 cm-Linie der Milchstraße, sondern auch Sternschnuppen – aber nicht nachts, sondern tagsüber, im Bereich der Radiowellen.



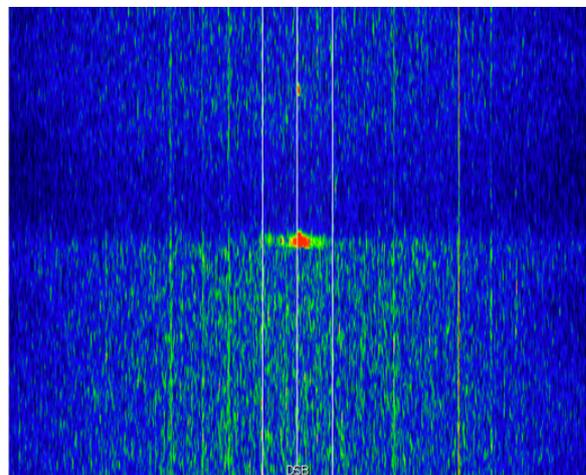
Veranschaulichung des Prinzips der Meteormessungen. Grafik: Philipp

Dabei machten wir uns eine Radaranlage in Südfrankreich zu Nutze, die regelmäßig Radiowellen aussendet. Normalerweise kommen diese aber nicht direkt bei uns an, da sie in eine andere Richtung gesendet werden. Wenn kleine Staubkörnchen in die Atmosphäre eindringen, entsteht eine Spur aus ionisierter Luft, ein so-

genanntes Plasma. Diese Plasmaspuren sehen wir als Meteore, beziehungsweise Sternschnuppen im sichtbaren Bereich. Plasmen reflektieren aber auch Radiostrahlung, unter anderem eben auch die Radarsignale der Anlage in Südfrankreich. Mit der richtigen Ausrichtung konnten wir daher mit unserer Yagi-Antenne diese reflektierten Radiowellen empfangen und auf einen Computer übertragen, wo sie für uns sichtbar waren.



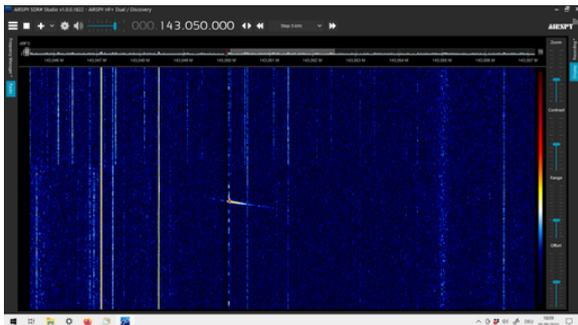
Hintergrund: unsere Yagi-Antenne; Vordergrund: laufende Messungen am Computer



x-Achse: Frequenz, y-Achse: Zeit (die neuesten Messungen erscheinen am oberen Bildrand); Farben: kalte Farben = schwache Messung, warme Farben = starke Messungen; rot: starkes Signal eines Meteors

Am Anfang konnten wir noch nichts beobachten, aber nach einer Weile empfangen wir mehrere starke Signale und konnten sie mit Screenshots dokumentieren. Auf den sogenannten Wasserfalldiagrammen sieht man auf der

x-Achse den Frequenzbereich und auf der y-Achse laufen von oben nach unten die Messungen in zeitlicher Reihenfolge. Das bedeutet, dass man ganz oben immer die neuste Messung sieht. Man kann bei den Sternschnuppen auch einen mal mehr, mal weniger ausgeprägten „Schweif“ erkennen, der mit der Zeit über verschiedene Frequenzen hinweg verläuft. Das liegt am Doppler-Effekt, da sich die Frequenz durch das Abbremsen der Plasmaspuren verändert, sonst wären die Sternschnuppen als senkrechte Linien im Programm zu sehen.



Messung eines weiteren Meteors mit „Schweif“ wegen des Doppler-Effekts

Außer den Sternschnuppen beobachteten wir auch seltsame Störsignale, die schräg über den Bildschirm verliefen. Später stellte sich heraus, dass diese Signale von Flugzeugen kamen, die ebenfalls die Strahlung der Radaranlage reflektierten. Durch die Bewegung des Flugzeugs und den Doppler-Effekt veränderte sich die Wellenlänge und die Flugzeuge erschienen im Programm als schräge Linien im Spektrum.

Auf der Jagd nach Störquellen

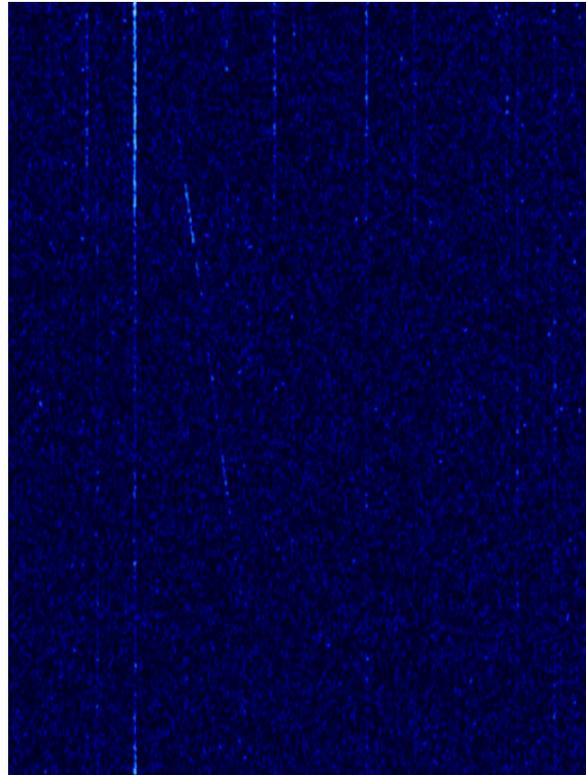
BENNO ESSRICH, MARVIN HE

Auch bei anderen Messungen begegneten uns Störsignale, was uns neugierig machte, deren Quellen zu entdecken.

WLAN ist eine Technologie, auf die wir alle angewiesen sind. Besonders Deutschland, das sich immer noch am Anfang der Digitalisierung befindet. Ohne WLAN könnten wir nämlich keine Katzenvideos mehr auf YouTube schauen.

Unabhängig davon hat WLAN auch eine Kehrseite: In der Radioastronomie ist es eine starke Störquelle. WLAN sendet Daten

auf unterschiedlichen Frequenzen, typisch sind heutzutage 2,4 GHz und 5,0 GHz. Anhand des Zusammenhangs zwischen Wellenlänge und Frequenz kann man ableiten, warum WLAN-Strahlung im Radiobereich liegt.

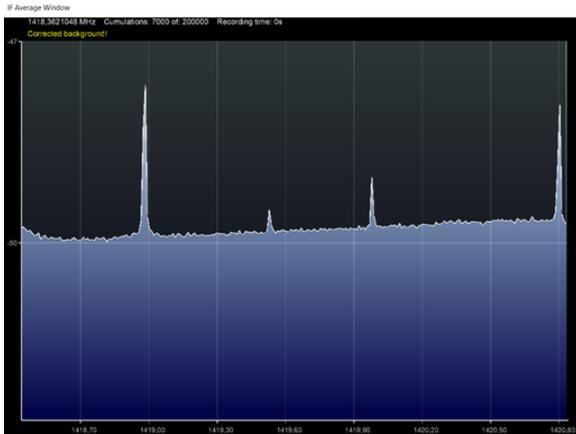


Störsignal eines Flugzeuges

Da die Lichtgeschwindigkeit konstant ist und wir die Frequenz kennen, erhalten wir ca. 12,5 cm Wellenlänge für 2,4 GHz und ca. 6 cm für 5,0 GHz. Diese zwei Wellenlängen liegen eindeutig im Radiobereich.

Als wir nun unser Radioteleskop aufstellten, nahmen wir erste Messungen der Umgebung vor. Dabei fiel uns eine Störung besonders auf: Im Bereich einer für die Radioastronomie extrem wichtigen Frequenz (ca. 1,42 GHz, eben die 21 cm-Linie des Wasserstoffs) sahen wir ein starkes schmales Signal. Wir richteten das Teleskop auf verschiedene Objekte aus und rätselten, was diese Strahlung wohl verursachte. Schließlich kamen unsere Kursleiter auf die Idee, dass vielleicht das WLAN der Akademieleitung diese Störung hervorrief. Daher fragten wir Akademieleiter Jörg, ob er für hochwissenschaftliche Zwecke das WLAN ausschalten könne. Gesagt, getan. Zunächst konnte man einen starken Peak sehen. Dieser verschwand

aber fast vollkommen, als das WLAN ausgeschaltet wurde. Da dies eine unserer neuen Entdeckungen der Akademie war, die noch nie jemand zuvor gemacht hatte, waren wir stolz auf uns. Das bestärkte uns weiter im Glauben, dass sich Radioastronomie lohnt. Warum allerdings das Internet auf genau dieser Frequenz „funkte“, bleibt für uns bis heute weiter ein Geheimnis. Vielleicht wird man diesem Phänomen in zukünftigen Akademien auf den Grund gehen ...



Die Messung mit angeschaltetem WLAN. Auf der x-Achse ist die Frequenz, auf der y-Achse die Intensität des Signals dargestellt.



Die Messung mit ausgeschaltetem WLAN. Der Ausschlag links im Bild ist im Vergleich zum vorhergehenden fast verschwunden.

Präsentationen

MARVIN HE, PHILIPP KUNNER

In der Science Academy 2021 hielten wir insgesamt zwei Präsentationen. Die erste Präsentation hieß Rotationspräsentation und fand am ersten Donnerstag der Akademie statt. In dieser Rotation stellte jeder Kurs den Zwischenstand seiner behandelten Themen nach den ersten Tagen der Akademie und dem Eröffnungswochenende vor. Jede Präsentation wurde auf sechs Leute aufgeteilt, so dass wir zwei Gruppen hatten, die die gleiche Präsentation hielten, bei der Gruppen anderer Kurse zuhörten.



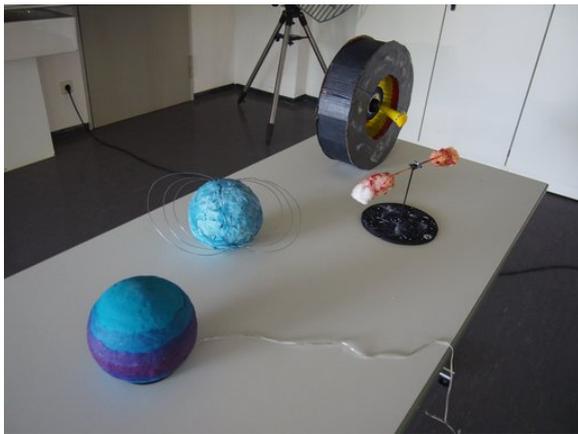
Gruppe 2 beim Präsentieren

In der Rotationspräsentation unseres Kurses stellten wir vier Themen vor: Wir erklärten, was elektromagnetische Strahlung ist, wie man sie mit Teleskopen empfangen kann und was insbesondere Radiostrahlung für uns so attraktiv macht. Ein weiteres spannendes Thema waren die verschiedenen Ansätze für die Suche nach außerirdischer Intelligenz, SETI. Außerdem zeigten wir anhand von selbstgebastelten Modellen Beispiele für natürliche Radioquellen, gefolgt von einem Ausblick auf unsere Zeit in Adelsheim.

Eine kleine Hürde für uns war, dass wir die ganze Zeit noch zu Hause waren. Die Rotationspräsentation bereiteten wir vor, indem Caro Google-Dokumente anlegte, auf die wir alle Zugriff hatten. So konnten alle gleichzeitig an der Präsentation arbeiten, obwohl wir teilweise viele Kilometer voneinander entfernt wohnen. Außerdem trafen wir uns noch in einem Zoom-Raum, um auch miteinander sprechen zu kön-

nen. Nach gerade mal einem Übungsdurchlauf präsentierten wir dann auch über Zoom.

Am letzten vollen Tag der Akademie fand die Abschlusspräsentation statt. In dieser Präsentation stellten wir die wichtigsten Punkte von dem vor, was wir gelernt bzw. erforscht hatten. Zusätzlich zu den Themen der Rotationspräsentation waren das unsere eigenen Messungen der 21 cm-Linie des Wasserstoffs in der Milchstraße und die Meteorbeobachtungen.



Unsere selbstgebastelten Modelle zu Neutronensternen und Radiogalaxien

Wir hatten, im Gegensatz zur Rotationspräsentation, den Vorteil, dass wir nun in Adelsheim waren. Wir fingen am Tag vor der Abschlusspräsentation an, Ideen bzw. Themen zu sammeln, die wir vorstellen wollten. Daraufhin teilten wir uns in Gruppen à zwei oder drei Personen ein und erstellten Folien dazu. Danach fanden wir uns wieder in den Sechser-Gruppen zusammen, teilten die Themen zu und übten das Präsentieren. Dennoch war es auch nicht techniklos, denn es waren eben nur zwei von sechs Kursen in Adelsheim, weshalb wir unsere Präsentationen per Zoom übertrugen.

Wir präsentierten in unserem Kursraum, den wir so umbauten, dass er schon fast wie ein Fernsehstudio aufgeteilt war. In einem Viertel standen wir, in einem anderen das Kamera- und Computerequipment und in der restlichen Hälfte des Raumes standen Stühle, auf denen Dominik und Merit saßen sowie die nicht-präsentierende Gruppe. Wir konnten uns gegenseitig zuschauen, da wir nicht zeitgleich präsentierten. Caro, die die Kameraführung übernahm, und Tobi, der am Computer die Folien

der Präsentation wechselte, waren natürlich auch dabei.



Unser „Fernsehstudio“ mit High-End-Ausstattung

Beide Präsentationen waren sehr viel Arbeit, es machte aber mindestens genauso viel Spaß. Was manchmal ziemlich anstrengend wurde, war das Üben der Präsentationen als Gruppe, da wir so in kurzer Zeit die Präsentationen sehr oft hörten. Dafür lief das Präsentieren aber auch richtig gut und zumindest bei der Abschlusspräsentation fühlte man sich schon ein wenig wie im Fernsehen, da wir so ein gutes Equipment hatten, aber noch bessere Kursleiter, denen wir auch gerne nochmals danken möchten, da sie sich so viel Arbeit für uns machten, wie etwa die beiden Präsentationen organisieren – aber auch den ganzen Kurs, was für uns eine richtig tolle Erfahrung war!

Explosionen

BENNO ESSRICH, OLE FLECK

Als an unserem dritten Tag in Adelsheim ein großes Paket ankam, waren wir zunächst erstaunt. Uns wurde nur erzählt, dass darin unser „Explosionsmaterial“ darauf wartete, in die Luft gejagt zu werden. Wenig später wurde das Geheimnis gelüftet: Unsere Kursleiter hatten 28 kg Trockeneis bestellt!

Trockeneis ist gefrorenes Kohlenstoffdioxid, das mit etwa -78°C extrem kalt ist. Es wird allerdings, im Gegensatz zu Wassereis, bei normalem Druck nicht flüssig, sondern sublimiert, geht also direkt in den gasförmigen Zustand über. Bei der Sublimation dehnt sich das Volu-

men des Trockeneises auf das über 750-fache aus! Bei Raumtemperatur geht dieser Vorgang so schnell vonstatten, dass wir ihn für unsere Versuche nutzen können.

Aus dem vielleicht sechstel Liter Trockeneis, den wir in eine große Plastikflasche füllten, entstünden bei Normaldruck so über 125l gasförmiges CO₂. Um nicht zu platzen, hätte die Flasche den 125-fachen Normaldruck der Erdatmosphäre, also 125 bar, aushalten müssen.

Die Flasche beschwerten wir mit einem Stein und versenkten sie in einem Topf mit heißem Wasser, oder einfach einer wassergefüllten Wanne. Das Wasser diente zur Beschleunigung des Sublimationsvorgangs und sorgte für eine schöne Fontäne.



Die Fontäne von unserer größten Trockeneisexplosion, bei der wir den Metallbehälter sprengten

Diesen Versuch wiederholten wir dreimal, jedes Mal mit unterschiedlichen Flaschengrößen. Allerdings ist beim letzten Versuch mit der Hartplastikflasche durch die gewaltige Wucht der Explosion der massive Metallbehälter gesprengt worden. Dabei gelangen uns aber zum

Glück erstaunliche Videoaufnahmen und ein lauter Abschiedsgruß an Adelsheim.

Alles Schnuppe?

MERIT NEIBIG, TOBIAS VAN LIER

Wie Sie sehen: In der Radioastronomie gibt es viel zu entdecken! Doch ganz abgesehen vom fachlich Astronomischen waren es vor allem die ganz eigenen Erfahrungen, die jeder von uns machen durfte, und meist die klitzeklein funkelnden Sterne am Rande, die die Akademie zu dem gemacht haben, was sie war.

Vielleicht haben wir alle ein paar Tofffee zu viel gegessen. Vielleicht können wir Wikipedia nie wieder vertrauen. Vielleicht bekommen wir in nächster Zeit alle Phantomschmerzen, wenn wir durch einen schönen Park laufen (#Brunnentinitus). – Aber wenn wir in Zukunft eine Sternschnuppe am Himmel sehen, dann erinnern wir uns an diese wundervolle Zeit und wünschen uns, noch einmal in Adelsheim zu sein ...

Zitate aus dem Kurs

„Wir sind cooler, weil die Mediziner bluten, und wir andere bluten lassen!“ – Dominik

„Und morgen sprengen wir die Tartanbahn (damit Leni ihre Rache bekommt)!“ – Dominik

„Marlene Fischer und der Gesundheitsminister“ – Dominik

„Der Geist der Frankengurke wird mit euch sein!“ – Dominik

„Niemals vergessen! Ihr seid die Zukunft der Menschheit!“ – Dominik

„Wenn Sie ein Radioteleskop kaufen wollen, melden Sie sich bei Dominik!“ – Marvin bei der Präsentation

Marvin zu Benno: „Wann wirst du eigentlich mal 14?“ Benno: „Dauert noch.“

„Ich bin Italiar.“ – Philipp

„Die Sternschnuppe! Piuuuuu!“ – Merit

„Niemand ist perfekt, kein Mensch ist perfekt. Deshalb bin ich kein Mensch.“ – Ole und Marvin

Aurelia zu Maria P.: „Wo muss man den Müll wegschmeißen?“ Maria P.: „In den Mülleimer“

Alexander: „Nika, lach mal!“ Nika fünf Sekunden später: „Warte, hast du ein Foto gemacht?“

Nika und Ole streuen Trockeneis in den Wasserspender, Monika kommt vorbei: „Wenn der Künstler nichts mehr weiß, nimmt er einfach Trockeneis.“

Philipp über die Sport-KüA: „Wie lang sollen wir unten bleiben?“ Sally Down: „Ja.“

Philipp zu Marvin: „Wie viel willst du noch essen?“ – „Ja.“

„Die SETIs“ – Aurelia

„Kollaboration [statt Kollaps]“ – Lukas

„Wenn das so groß ist wie ein Stein . . .“ – Caro

„Übermorgen ist das Programm schonmal abgestürzt.“ – Caro

„Normale Stabantennen sind nicht so super. Außer sie sind aus Silber, dann kannst du Vampire drauf aufspießen!“ – Dominik

„Wir waren bei der Akademie nie unvorsichtig mit Stickstoff!“ – Dominik

„Zu Zeiten, als die Backsteine noch aus Holz waren und die Gummistiefel aus Blech . . .“ – Dominik

„Musikgeschmack ist etwas anderes“ – Dominik



Kurs 2 – App-Entwicklung mit dem MIT App Inventor



Vorwort und Zielsetzung

ANNABEL KNISPEL

Apps haben längst einen hohen Stellenwert im alltäglichen Leben eingenommen. Man bedenke, dass ein Smartphone ohne Apps eigentlich gar nicht so funktioniert, wie wir es gewohnt sind, da die kleinen Programme schlichtweg die Funktionalität herstellen. Neben den reinen Funktions-Apps oder den praktischen Anwendungen wie Kalender, Messengerdienste, Browser oder etwa Apps, die zur Unterhaltung dienen, gibt es viele weitere Programme, die immer mehr an Beliebtheit und Bedeutung gewinnen.

Doch durch diese Selbstverständlichkeit der Nutzung ist es vielen kaum bewusst, was für Schritte der Entwicklung diese Programme

durchlaufen müssen, bis sie im App- oder Play-Store zum Download bereitstehen. Aus diesem Grund beschäftigte sich der Informatikkurs mit der Frage, wie solche Apps entstehen, und hatte das Ziel, eigene Projektideen umzusetzen. Über zwei Wochen drehte sich der Kurs um das Aneignen von Programmierkenntnissen, Projektplanung und Problemlösung.

Als Entwicklungsumgebung kam dabei der MIT App Inventor (AI) zum Einsatz. Der AI ist blockbasiert und eignet sich damit besonders für Programmieranfänger:innen. Die Ergebnisse, die das dabei entstandene dynamische Team erzielen konnte, werden im Folgenden vorgestellt.

Unser Kurs

Antonia sieht Charlotte sehr ähnlich, man sah die beiden eigentlich auch nur zusammen. Selbst wenn sie sich vom Urlaub aus einloggte, hatte sie immer gute Ideen. Überraschenderweise hat sie keine feuerroten Haare, wie wir im Sommer in Adelsheim feststellten. Motiviert vertrat sie die Informatiker beim Sport. Ihren Wohnort kannte man bereits durch Stauprobleme in den Verkehrsnachrichten.

Benjamin Unser bayrischer Kollege verpasste keine Gelegenheit zu beteuern, dass er aus Baden-Württemberg kommt. Mit seinem bayrischen (laut ihm schwäbischen) Dialekt verstand er es stets, die Stimmung zu heben. Aufgrund des äußerst musikalischen Talents seiner Familie hatte seine Mutter die spontane Idee, die Kelly-Family 2.0 zu gründen.

Charlotte heißt eigentlich Charlodde und sieht Antonia überhaupt nicht ähnlich (laut den beiden), auch wenn mindestens die Hälfte des Kurses das Gegenteil behauptete. Sie vertrat die Informatiker zusammen mit Antonia, ihrer Programmierpartnerin, beim Sport und ist stolze Besitzerin einer Aloe-Vera-Pflanze, die gerade stirbt. Auch für seltsame Ideen wie den Wiegonauten war sie immer zu haben. Man sah sie nur selten ohne Antonia. Ihre Zimmertür ließ sich bedauerlicherweise nur mit einem lauten Knall schließen.

Franziska konnte uns als Schülerin des EBGs in Adelsheim immer zuverlässig über das Gelände navigieren und kannte das gesamte Personal. Ihr vielseitiges Engagement beim Leiten der Cupcake-KüA und beim Designen unseres T-Shirt-Logos bescherte uns viele leckere Snacks und sehr schöne Kurs-T-Shirts. Franzi vertrat die Informatiker stolz beim Falltraining. Da Stative überbewertet sind, stabilisierte sie ihre Kamera mit einer Flasche.

Jessica Mit dem Internet funktionierte es zwar nicht immer so richtig (weil ein gewisser Bruder die ganze Bandbreite klaute), doch mit dem Programmieren schon. Sie war

immer motiviert dabei und hatte gute Ideen, Probleme zu lösen. Die Idee des Wolfy-Spiels überzeugte total und wurde sehr gut umgesetzt. Sie mag keine Erdbeeren. Ihre Nachbarskatze erwies sich ebenfalls als informatikinteressiert.

Mathis ist, kurz gesagt, DER Bayernfan. Egal über welches Thema wir gerade sprachen, er konnte alles auf Fußball beziehen. Er war zwar der kleinste von allen, aber trotzdem immer aufgeweckt. Egal was wir machten, er war immer optimistisch und glücklich. Auch in unserer „Risiko-KüA“ war Mathis positiv gestimmt und der größte Pazifist. Jedes Mal, wenn er bei sich im Zimmer Besuch hatte, gab er Kinderriegel aus.

Jedoch sollte er beim Skifahren mehr auf die Bäume achten bzw. „die Bäume auf ihn“. Im Weg stehen durften ihm außerdem auch keine Probleme. Sobald er ein noch so kleines Detail nicht verstand, versuchte er zwanghaft, eine Lösung zu finden.

Mila war das Küken unseres Kurses und sorgte immer für gute Stimmung. Nachdem ihr Wecker morgens 5 Minuten durchgeklungelt hatte, war jeder wach außer Mila, die erst nach lautem Klopfen verschlafen aus dem Zimmer schaute. In der Theater-KüA zeigte sie ihr schauspielerisches Talent und auch im Kurs war sie immer offen für verrückte Ideen wie den Wiegonauten. Während der Online-Zeit machte sie es sich zur Aufgabe, unseren virtuellen Kursraum bis zur Perfektion zu dekorieren (wobei ein Atomreaktor natürlich nicht fehlen durfte).

Moritz verstand sich auf das Programmieren und sagte ständig „Servus“. Es war mit ihm sehr witzig, und er teilte lautstark Geschichten aus seinem Leben. Dabei schaffte er es keine Minute lang, sich nicht in den Haaren herum zu fahren und zu fragen, ob es so gut aussieht. Seine beste Eigenschaft hingegen ist seine unvergleichliche Selbstreflexion. Er stellte jede seiner Taten und Aussagen infrage und suchte Rat, ob sie moralisch verwerflich seien.

Patrick war einfach der Hacker und beeindruckte alle mit seinem Pong-Spiel. Bei Werwolf nannte er sich einmal „Fehler beim Laden des Spielernamen“, perfekter Genitiv! Er hatte durchgehend Voicecracks und war bedauerlicherweise nur am ersten Tag beim Joggen motiviert.

Ronja war die gute Seele in unserem Kurs. Sie zeigte sich als gute ZuhörerIn und sehr hilfsbereit. Zusammen mit Mila glänzte sie in der Theater-KüA und zeigte, dass ihre Talente in vielseitigen Bereichen liegen. Ronja trug jeden Tag ein T-Shirt mit einem anderen Grammatik-Witz darauf, den aber selten jemand außer ihr selbst verstand.

Silvar Aufgrund seiner Tischtennis-Fähigkeiten auch „El Ping-Pong“ genannt, konnte er sich geschickt aus allerlei peinlichen Situationen herauswinden, indem er mit einem pseudo-spanischem Akzent oder einem klassischen: „Des is jetzt ne blöde Situation?- Nh“ die Stimmung auflockerte. Des Weiteren gestaltete er sich durch seine Werbung für eine Spotify-Premium-Membership stets sympathisch. Außerdem war er fest davon überzeugt, dass das Ravensburger-Werwolf das „El-Original“ des Werwolfspiels ist. Er war auch immer bereit, einen kalten Krieg gegen die Philosophen, die schnippisch mit #keinephilowitze antworteten, zu führen.

Bei jedem Essen aß er mindestens fünf Stücke Wassermelone und erzählte von Wassermelonen-Portraits in seinem Zimmer. Mit Moritz war er nicht so gut, da der immer Ananas aß. Während der Akademie schwänzte er aufgrund eines mysteriösen Dates, es war ihm aber unangenehm, jedem von seiner Freundin zu erzählen.

Tudor erwies sich als der beste Zeichner des Kurses in der Zeichen-KüA. Während bei anderen nur krumme Striche auf dem Papier landeten, schaffte er es innerhalb von fünf Minuten, Moritz unverwechselbar zu zeichnen. Auch beim Programmieren zeigte er sich als sehr begabt und war immer interessiert, Neues zu lernen.

Annabel Unsere Schülermentorin achtete immer darauf, dass wir mit genügend Süßig-

keiten versorgt waren und ab und zu eine Pause machten, in welcher sie mit uns lustige Spiele (z. B. „Wie kommt ihr vom Mond zurück zur Erde?“ oder das berühmte Wikipediaspiel) spielte. Aus dem Kursleitungsteam war sie meistens diejenige, die am besten Bescheid wusste, wie die Dinge liefen, und immer hilfsbereit unsere Fragen beantwortete.

Alex Obwohl es seine erste Science Academy war, meisterte er die Aufgabe souverän und konnte uns nicht nur Fragen beantworten, sondern auch viele spannende Dinge beibringen. Seine Demonstration der physikalischen Grundlagen anhand eines Stiftes war sehr überzeugend. Er stellte uns freundlicherweise Google-Accounts seiner Schule zur Verfügung und wusste so gut wie immer, wie man unsere fachlichen Probleme lösen konnte.

Hannes zeigte uns beim Eröffnungswochenende, dass es problemlos möglich ist, auf dem Fahrrad an Videokonferenzen teilzunehmen. Er war genau wie Alex das erste Mal bei der Science Academy dabei, war aber professionell wie ein alter Hase. Seine Erfahrung als Lehrer konnte er in unserem Kurs anwenden und erklärte Dinge spannend und verständlich.

Programmiergrundlagen

Das erste Drittel der Akademie durften wir in Adelsheim verbringen, und wir lernten uns schnell kennen und schätzen. In dieser Zeit behandelten wir zunächst grundlegende Aspekte des Programmierens, die in diesem Kapitel vorgestellt werden:

Variablen in der Informatik

BENJAMIN HERDEG

Beim Programmieren sind Variablen sehr wichtige Bestandteile. Eine Variable ist, grob gesagt, ein Platzhalter für einen Wert. In der Mathematik kann eine Variable eine Zahl als Wert haben. In der Informatik können Variablen weitaus mehr: Sie können Platzhalter z. B.

für eine Liste, ganze Texte oder auch nur einen Wahrheitswert sein. Damit eine Variable später im Programmablauf jederzeit wiedergefunden werden kann, muss sie eindeutig benannt und somit deklariert werden. Damit eine Variable einen Anfangswert hat, muss sie außerdem initialisiert werden, also einen Startwert zugewiesen bekommen. Variablen werden unterteilt in „lokale“ und „globale“ Variablen.

Globale Variablen

Globale Variablen müssen am Anfang des Programms initialisiert werden und können, wie der Name schon sagt, dann überall im Programm wiederaufgegriffen und verändert werden. Hierbei ist es egal, was die Variable beinhaltet.



Initialisierung einer Globalen Variable

Lokale Variablen

Lokale Variablen hingegen können nur lokal, also in dem Teil des Programms, in dem sie deklariert werden, aufgegriffen und verändert werden. Diese werden genutzt, wenn der Wert der Variable nur in einem Teil des Programms benötigt wird. Für die Funktionalität eines Programmes würde es ausreichen, überall globale Variablen zu verwenden. Lokale Variablen machen den Code aber wesentlich übersichtlicher, und man muss bei der Benennung der Variablen auf weniger andere Variablen achten, die an der Codestelle verfügbar/sichtbar sind.



Initialisierung einer Lokalen Variable

Da diese Art der Wertespeicherung für viele Funktionen ausschlaggebend ist, sind die Variablen wie zu Beginn gesagt eine der wichtigsten Bestandteile.

Listen

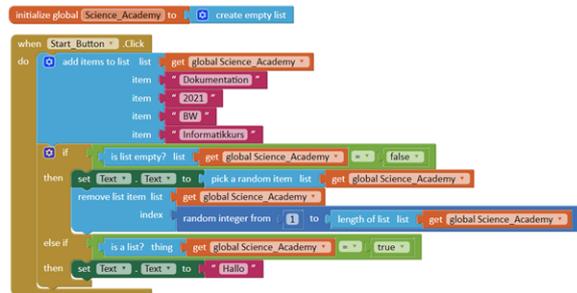
FRANZISKA SPECHT

Um beispielsweise eine Einkaufsliste oder einen Würfel zu programmieren, benötigt man beim MIT App Inventor Listen. Dazu braucht man die hellblauen Blöcke, die man unter „Lists“ findet. Um eine Liste zu erstellen, gibt es zunächst zwei Möglichkeiten. Benutzt man den



Möglichkeiten, eine Liste zu erstellen

Block „create empty list“, kann man später mit „add item to list“ noch Elemente hinzufügen. Benutzt man „make a list“, kann man direkt beliebig viele Worte oder Zahlen hinzufügen. Eine Liste erstellt man meist in Form einer immer wieder abrufbaren Variable (siehe Variablen). Im Abteil „Lists“ findet man dann noch viele weitere Blöcke, mit denen man die Liste verändern oder abrufen kann. Ein Programm mit vielen Listen-Blöcken kann dann z. B. so aussehen:



Bei diesem Beispiel wird zunächst eine globale Variable namens „Science_Academy“ mit einer leeren Liste initialisiert. Wenn der Knopf „Start_Button“ gedrückt wird, werden als erstes die Werte (in diesem Fall Wörter und Zahlen) „Dokumentation“, „2021“, „BW“ und „Informatikkurs“ zu der Liste hinzugefügt. Anschließend wird abgefragt, ob die Liste leer ist. Wenn die Liste nicht leer ist, was hoffentlich der Fall ist, da zuvor vier Wörter hinzugefügt worden sind, wird ein zufälliges Wort aus der Liste in ein Textfeld geschrieben. Ein weiteres zufälliges Wort wird aus der Liste ge-

löscht. Sollte die Liste aus der Variable „global Science_Academy“ doch einmal leer sein, kann man mit dem Block „is a list?“ abfragen, ob „global Science_Academy“ überhaupt eine Liste ist. Ist die Variable eine Liste, wird in diesem Fall „Hallo“ in das Textfeld geschrieben.

Es gibt noch vieles mehr, das man mit Listen machen kann, aber die hellblauen Blöcke im obigen Code sind die, die man am häufigsten braucht. Mit anderen Listen-Blöcken kann man beispielsweise noch ein Element in der Liste an eine andere Stelle verschieben oder ein Wort direkt an z. B. fünfter Stelle einfügen.

Schleifen und Verzweigungen

PATRICK TOMBAC

Wenn man ein Programm erstellt, möchte man häufig eine bestimmte Aktion nur in bestimmten Situationen oder mehrmals ausführen. Hierfür verwendet man Schleifen und Verzweigungen, welche auch zu den Grundlagen unseres Kurses gehören.

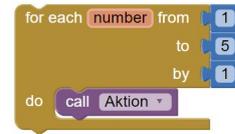
Schleifen

Schleifen haben die Eigenschaft, dass sie den Code, welcher sich in ihnen befindet, beliebig oft wiederholen. Sie sind in nahezu jeder Programmiersprache gleich aufgebaut. Die zwei wichtigsten Schleifen sind die For-Schleife und die While-Schleife.

For-Schleife

Die For-Schleife wird dann benutzt, wenn man etwas x-mal ausführen möchte. Die For-Schleife führt den Code, der sich in ihr befindet, aus. Sobald der Code fertig ausgeführt wurde, verändert die Schleife den Wert einer anfangs definierten Variable um eine übergebene Schrittweite und wiederholt den Code erneut. Konkret heißt das: Wenn man einen Startwert von 0 und eine Schrittweite von 1 übergibt, hat die Variable nach der ersten Wiederholung den Wert 1, nach der zweiten 2 und so weiter. Damit die Schleife nicht endlos weiterläuft, kann man auch einen Endwert definieren. Sollte der Variablenwert vor einem Durchlauf größer als dieser Endwert sein, so wird die Schleife nicht (noch-

mal) durchlaufen und das Programm fährt mit dem darauf folgenden Code fort.



For-Schleife

While-Schleife

Die While-Schleife wird dann benutzt, wenn eine Aktion so lange ausgeführt werden soll, bis eine bestimmte Bedingung nicht mehr erfüllt ist. Wie die For-Schleife wiederholt die While-Schleife den gesamten Code, der sich in ihr befindet. Sie überprüft vor jeder Wiederholung, ob die anfangs übergebene Bedingung immer noch erfüllt ist. Ist dies der Fall, wird der Code ein weiteres Mal wiederholt. Ist die Bedingung zu Beginn eines Durchlaufs nicht (mehr) erfüllt, so wird die Schleife abgebrochen.



While-Schleife

Verzweigungen

Verzweigungen funktionieren so, dass sie Code nur unter bestimmten Bedingungen ausführen. Wie auch die Schleifen gehören sie zu den Grundlagen des Programmierens. Die wichtigsten Begriffe sind hierbei „if“ und „else“.

If

„If“ heißt so viel wie „wenn“. Wenn also eine bestimmte Bedingung erfüllt ist, wird der entsprechende Code ausgeführt. Das Ganze ist also ähnlich zur While-Schleife (führt auch nur dann den Code aus, wenn die Bedingung erfüllt ist), allerdings wird die Verzweigung nur einmalig ausgeführt.

Else

„Else“ wiederum heißt „ansonsten“. „Else“ kann man nur dann benutzen, wenn unmittelbar vorher eine Verzweigung im Code steht. Sollte diese Bedingung erfüllt sein, so wird der Code in

der Verzweigung ausgeführt. Sollte dies nicht der Fall sein, wird der Code nach dem Else-Operator einmalig ausgeführt. Dies ist also sozusagen das Gegenereignis zur Verzweigung. Dementsprechend kann immer nur einer der beiden Code-Ausschnitte ausgeführt werden.



Verzweigung mit if und else

Physics-Engine

MORITZ KÄLBER

Bei einer sogenannten Physics-Engine handelt es sich um eine aus Code-Blöcken zusammengesetzte Rechenoperation, die es ermöglicht, zum Beispiel einen realistischen Sprung mit Erdanziehungskraft und daraus resultierender träger Geschwindigkeit zu simulieren, was zum Beispiel in Jump-and-Run-Spielen, wie Doodle-Jump oder Subway-Surfer seine Anwendung findet. Einen solchen Sprung kann ein Videospiel dadurch simulieren, dass wie bei Filmen oder Videos mehrere Einzelbilder (im Fall eines Videospieles: Die Positionen des Spiele-Charakters) in kurzen Zeitintervallen nacheinander abgespielt werden, sodass ein flüssiger Bewegungsablauf entsteht.

Im Aufbau ähneln sich alle Physics-Engines: Am Anfang steht eine sogenannte Clock, die die berechneten x- und y-Positionen in Millisekunden-Abständen aktualisiert (sodass also der Videospiele-Charakter auf diese Position gesetzt wird). In der darunterliegenden Code-Zeile wird dann die nächste, also neue x-Position des Avatars aus der vorherigen x-Position und der Geschwindigkeit in x-Richtung (also nach rechts oder links auf dem Handybildschirm) errechnet. Genauso wird auch die neue y-Position aus der alten y-Position und der Geschwindigkeit in y-Richtung (also nach unten oder oben) berechnet. Nun muss nur noch die Geschwindigkeit in y-Richtung als Addition der alten y-Geschwindigkeit und der Erdbeschleunigung g errechnet werden.

An dieser Stelle wollen wir ein kleines Rechenbeispiel vorstellen. Hierbei ist anzumerken, dass der Ursprung, also die Koordinate (0|0) eines Handybildschirms, in der oberen linken Ecke liegt, deshalb ist eine negative Geschwindigkeit in y-Richtung (v_y) eigentlich eine Bewegung nach oben.

1. Zeitpunkt:

$$\begin{aligned}x &= 10 \text{ (Startposition)} \\y &= 20 \text{ (Starthöhe)} \\v_x &= 13 \text{ (horizontale Geschwindigkeit)} \\v_y &= -7 \text{ (vertikale Geschwindigkeit)} \\g &= 1 \text{ (Erdbeschleunigung)} \\x_{\text{neu}} &= 10 + 13 = 23 \text{ (neue x-Position)} \\y_{\text{neu}} &= 20 - 7 = 13 \text{ (neue y-Position)} \\v_{y_{\text{neu}}} &= -7 + 1 = -6 \text{ (neue vert. Geschw.)}\end{aligned}$$

2. Zeitpunkt:

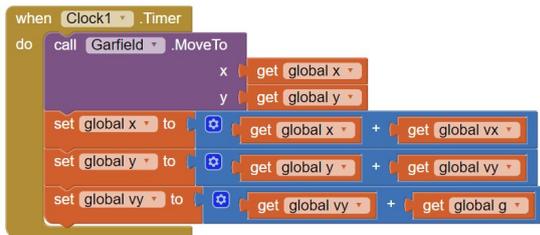
$$\begin{aligned}x_{\text{alt}} &= 23 \text{ (vorherige x-Position)} \\y_{\text{alt}} &= 13 \text{ (vorherige y-Position)} \\v_{y_{\text{alt}}} &= -6 \text{ (vorherige vert. Geschw.)} \\g &= 1 \\x_{\text{neu}} &= 23 + 13 = 39 \\y_{\text{neu}} &= 13 - 6 = 7 \\v_{y_{\text{neu}}} &= -6 + 1 = -5\end{aligned}$$

3. Zeitpunkt:

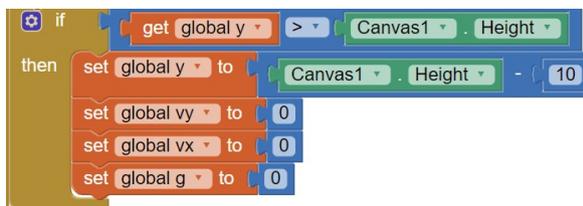
$$\begin{aligned}x_{\text{alt}} &= 39 \\y_{\text{alt}} &= 7 \\v_{y_{\text{alt}}} &= -5 \\g &= 1 \\x_{\text{neu}} &= 39 + 13 = 52 \\y_{\text{neu}} &= 7 - 5 = 2 \\v_{y_{\text{neu}}} &= -5 + 1 = -4\end{aligned}$$

Das Rechenbeispiel lässt sich weiter fortführen und man würde merken, dass zum Zeitpunkt 8 (in diesem Beispiel) der Spielcharakter wieder nach unten fallen würde (mit zunehmender Geschwindigkeit).

Die Beschleunigung g kann je nach gewünschtem Schwierigkeitsgrad bzw. je nach gewünschter Fallgeschwindigkeit angepasst werden.



Hierbei gibt es zahlreiche Zusatzfunktionen, die ergänzt werden können. In den nachstehenden fünf Code-Blöcken wird zum Beispiel befohlen, dass der Avatar des Spielers, wenn er die untere Bildschirmgrenze erreicht, 10 Pixel über diese gesetzt werden soll. Dabei sollen dann auch die Bewegungen in x- und y-Richtung und die Erdanziehungskraft auf null gesetzt werden, was zur Folge hat, dass der Charakter/Avatar still stehen bleibt.



Unterprogramme

RONJA TREXLER

Dass der Code von größeren Apps schnell sehr lang und unübersichtlich werden kann, wurde uns spätestens beim Arbeiten an unseren eigenen Projekten klar. Oft verlor man die Orientierung und musste sich Stück für Stück durch die Blöcke arbeiten, um Fehler finden oder weiterprogrammieren zu können.

Ein Mittel, um Codes übersichtlicher und besser wiederverwendbar zu machen, sind Unterprogramme, auch Funktionen oder englisch „Procedure“ genannt. Der Grundgedanke ist, dass im Programm mehrfach ausgeführte Schritte nicht jedes Mal, sondern nur ein Mal ausprogrammiert werden müssen und an anderen Stellen, an denen die Schritte benötigt werden, die ausprogrammierte Stelle aufgerufen wird. Das Prinzip ist vergleichbar mit einem „siehe oben“, bzw. „siehe unten“ in Texten.

Wenn jetzt an diesen Stellen Fehler auftreten, muss man diese nur im Unterprogramm korrigieren. Im eigentlichen Code gibt es an einer oder mehreren Stellen einen Block, der die

Funktion aufruft, welche sich in einem separaten Code befindet und beim Aufrufen durchlaufen wird. Danach geht es im ursprünglichen Code an der Stelle weiter, an der vorher an die Funktion übergeben wurde.

Beim Aufrufen und Zurückgeben können zwischen dem Haupt-Code und dem Unterprogramm Werte ausgetauscht werden. So können kleine Unterschiede zwischen den verschiedenen Stellen, die ein Unterprogramm ersetzt, beibehalten werden. Wie genau das mit dem Übergeben von Werten funktioniert, kommt auf die Art des Unterprogramms an. Die Unterprogramme lassen sich in zwei Arten einteilen: „Aktions- und Resultatunterprogramme“.

Aktionsunterprogramme:

Der Block im Haupt-Code, der das Aktionsunterprogramm aufruft, wird als ganz normaler Befehl genutzt. In das Aktionsunterprogramm können nun beliebige Befehle eingesetzt werden. (Das wären Dinge wie: „Ändere die Hintergrundfarbe zu blau“ oder „Setze Variable x auf 10“)



Aufrufe-Block

Unterprogramm

Der Teil des Programmes, der mehrmals vorkommt, wird einfach in ein Unterprogramm umgezogen und mit einem Block an den entsprechenden Stellen im ursprünglichen Code aufgerufen. Der aufrufende Block hat außerdem die Möglichkeit, Werte an das Unterprogramm zu übergeben, mit denen es weiterarbeiten kann. Diese sorgen dafür, dass ein und dasselbe Unterprogramm verschiedene Sachen ausführen kann, je nachdem, von welcher Stelle es aufgerufen wurde und welche Werte ihm dabei übergeben wurden. Das Aktionsunterprogramm kann aber keine Werte an den aufrufenden Block zurückgeben, im Unterschied zum Resultatunterprogramm.

Resultatunterprogramme:

Der Resultatunterprogramm-Aufruf-Block kann wie eine Variable verwendet werden, da ein Wert zurückgegeben wird. (Einige Beispiele für Werte wären: „7“, „grün“ oder

„hallo“) Ansonsten können in einem Resultatunterprogramm aber auch Befehle ausgeführt werden wie in einem Aktionsunterprogramm.



Das Besondere ist, dass man dem Resultatsprogramm also nicht nur Werte weitergeben kann, sondern auch ein (z. B. aus diesen Werten berechneten) Wert an die aufrufende Stelle zurückgegeben wird. Wenn also mehrmals dieselbe Rechnung nur mit unterschiedlichen Werten benötigt wird, bietet es sich an ein Resultatunterprogramm zu verwenden.

Beispiel 1

In einer App, bestehend aus zwei Knöpfen, soll der Hintergrund rot werden, wenn Knopf 1 gedrückt wird und grün, wenn Knopf 2 gedrückt wird. Die Programme von „was passiert, wenn Knopf 1“ und „was passiert, wenn Knopf 2 gedrückt wird“ sind sich sehr ähnlich. Deshalb ruft man an den Stellen, an denen diese Codeabschnitte abgearbeitet werden, ein („Aktions“) Unterprogramm auf. Im individuellen Aufruf-Befehl eines Knopfes wird der Wert „Farbe“ beim Knopf 1 auf Rot und beim Knopf 2 auf Grün gesetzt und an das Unterprogramm weitergegeben, welches dann den Hintergrund auf den Wert „Farbe“ setzt. Danach geht es im Code der Knöpfe unter dem Unterprogramm-Aufruf-Befehl weiter.

Beispiel 2

Man gibt in zwei unterschiedliche Textfelder Zahlen ein. Wird nun ein Knopf gedrückt, sollen diese beiden Zahlen an ein Unterprogramm übergeben werden, welches sie addiert und die Summe an den aufrufenden Block zurückgibt. Das Ergebnis soll dann auf dem Bildschirm angezeigt werden. Der Unterprogramm-Aufruf-Block hat nun zwei Funktionen: Einmal ruft er das Unterprogramm auf und gibt ihm die beiden Summanden weiter, zum anderen nimmt er nach dessen Berechnung den Wert des Ergebnisses des Unterprogrammes an. Im Code steht dann:

„Anzuzeigender Text = Ergebnis des Unterprogrammes“ (← aufrufender Block).

Webbasierte Datenbank

MATHIS LAMPRECHT

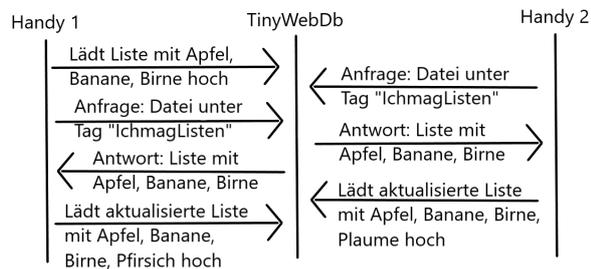
Zusätzlich zu den vier Stationen lernten wir als weitere wichtige Grundlage der Programmierung mit dem App Inventor die Arbeit mit einer TinyWebDB kennen. Dabei handelt es sich um eine Online-Datenbank, und man kann dort unter einem bestimmten Tag mit verschiedenen Geräten Daten hoch- und wieder herunterladen. Diese Funktion war auch später für viele unsere Apps sehr wichtig, da oft Informationen zwischen verschiedenen Handys ausgetauscht werden mussten.

Um Daten von der TinyWebDb zu bekommen, muss ein Handy zuerst eine Anfrage an diese senden und dabei angeben, unter welchem Tag die gewünschten Daten gespeichert sind. Dies kann geschehen, indem zum Beispiel ein Knopf gedrückt wird, die Daten können aber auch dauerhaft neu angefordert werden. Wenn zuvor ein anderes Handy zum Beispiel eine Liste mit drei Objekten – Apfel, Banane und Birne – unter dem Tag „IchmagListen“ hochgeladen hat und das erste Handy denselben Tag zur Abfrage der Daten benutzt, erhält es von der TinyWebDB die Liste mit Apfel, Banane, Birne und kann entscheiden, was es damit machen will (z. B. die Liste in einem bestimmten Feld anzeigen lassen). Damit jeder Tag einmalig ist und somit nicht von zwei Personen für verschiedene Zwecke genutzt werden kann, ist es wichtig, einen „sicheren“ Tag für die Datenspeicherung in der WebDB zu verwenden.

Einkaufsliste

Ein gutes Beispiel für Datenaustausch zwischen mehreren Geräten im Alltag ist eine Online-Einkaufsliste. Und diese galt es, als erste Aufgabe zur TinyWebDB zu programmieren. Eine besondere Schwierigkeit dabei war, dass nicht nur Artikel der Liste hinzugefügt, sondern auch entfernt werden mussten. Außerdem kann es durch die „Verzögerung“ zwischen Download der alten und Upload der aktualisierten Liste bei parallelem Zugriff mehrerer Geräte auf die Datenbank zum Überschreiben eines oder mehrerer Listeneinträge kommen.

Genau das ist in dem abgebildeten Sequenzdiagramm dargestellt. Handy 1 lädt die Liste aus dem Beispiel weiter oben hoch, Handy 2 lädt sie herunter, fügt Pflaume hinzu und lädt die neue Liste hoch. Doch noch bevor Handy 2 die aktualisierte Liste überhaupt hochgeladen hat, lädt Handy 1 die alte Liste herunter und lädt im Anschluss seine aktualisierte Liste mit Pfirsich wieder hoch. Die Pflaume, welche von Handy 2 hinzugefügt wurde, fehlt jetzt durch die Verzögerung zwischen Down- und Upload, auf der Liste.



Doch auch diese Herausforderung wurde im Kurs gemeistert. Deutlich komplexer wurde es mit der TinyWebDB allerdings später noch, als es an die Programmierung unserer eigenen Apps ging. Doch dazu später mehr ...

Methodik

Für das Gelingen eines Programmierprojekts sind die fachlichen Grundlagen essenziell. Da die Projekte aber schnell größer werden, spielen auch andere Aspekte eine zunehmend wichtigere Rolle. In diesem Kapitel wird das gemeinsame Programmieren und die Ideenfindung für die Projekte vorgestellt.

Pair Programming

FRANZISKA SPECHT, ANTONIA MENTZ

Unsere Programmiermethode war eine, die auch in vielen professionellen Firmen eingesetzt wird: das Pair Programming. Beim Pair Programming arbeitet man, wie der Name schon sagt, immer zu zweit. Zuerst programmiert der eine und der andere sitzt daneben und gibt Tipps. Nach ca. 8–10 Minuten wird gewech-

selt. Dazu stellten unsere Kursleiter einen Timer und wir wussten ganz genau, dass bei der Melodie von „Never gonna give you up“¹ ein Wechsel angesagt ist.

Um sich das Pair Programming besser vorstellen zu können, kann man es mit dem Autofahren vergleichen. Dabei entspricht der Computer dem Auto, der Maschine. Der Programmierer entspricht dem Autofahrer, der die Maschine steuert, und der Navigator, der daneben sitzt, dem Beifahrer, der das Geschehen beobachtet und Tipps gibt.

Obwohl die Teamfindung aufwendig sein kann, da nicht alle immer produktiv zusammenarbeiten, was bei uns allerdings nie ein Problem war, hat das Pair Programming viele Vorteile. So passieren beim gemeinsamen Programmieren laut Wikipedia² 15 Prozent weniger Fehler, und wenn doch Probleme auftreten, können diese viel schneller gelöst werden als beim alleinigen Programmieren. Die Programmierung ist auch um etwa 20 Prozent effizienter. Die Programme sind viel weniger kompliziert, haben aber natürlich dennoch dieselbe Funktion.

Bei der Akademie haben wir vor allem gemerkt, dass es viel mehr Spaß macht, zu zweit zu programmieren als allein, und man den jeweils anderen beim gemeinsamen Programmieren besser kennenlernt. Außerdem kann man auch sehr viel vom anderen lernen, wenn sich der andere sehr gut mit z. B. Listen auskennt. Allgemein ist es also eine sehr vorteilhafte Methode. So entwarfen wir auch unsere großen Projekte.

Nachdem wir uns in Adelsheim die meiste Zeit mit kleineren Projekten beschäftigt hatten, um die Grundlagen für das Programmieren zu lernen, ging es am Ende der vier Tage auf unsere größeren Projekte zu. Um erst einmal einige Ideen zu sammeln, bildeten wir mit unseren Tischen grob einen inneren und einen äußeren Kreis, wodurch sich dann immer zwei Personen gegenüber saßen. Zu zweit hatten wir dann jeweils immer 8 Minuten Zeit, uns eine mögliche Idee für ein größeres Projekt zu überlegen und uns schon einmal Gedanken über die Umsetzung zu machen.

¹[youtube.com/watch?v=dQw4w9WgXcQ](https://www.youtube.com/watch?v=dQw4w9WgXcQ)

²de.wikipedia.org/wiki/Pairprogrammierung

Dies schrieben wir dann alles auf ein Blatt Papier. Als die Zeit abgelaufen war, wurden alle Zettel eingesammelt und wir rotierten einmal, sodass sich zwei neue Leute gegenüber saßen und gemeinsam überlegten. Durch dieses Verfahren hatten wir am Ende über 36 kreative Ideen, die von einer Fitness-App bis zu einem eigenen Risiko-Spiel reichten, woraus letztendlich unsere eigenen Apps entstanden sind. Das Ergebnis: Stille Post (eine Mischung aus Montagsmaler und Flüsterpost), ein 2D-Survival-Game, 2x Wolfy (eine Art Werwolf online) und ein Kugellabyrinth.



Unsere Apps

Ungefähr die Hälfte der Zeit des Kurses haben wir mit der Entwicklung von eigenen Apps verbracht, die man auf der folgenden Seite herunterladen kann:

<https://scienceacademy.de/informatik2021>

In diesem Kapitel werden die Apps kurz vorgestellt und ein oder zwei Punkte genauer betrachtet:

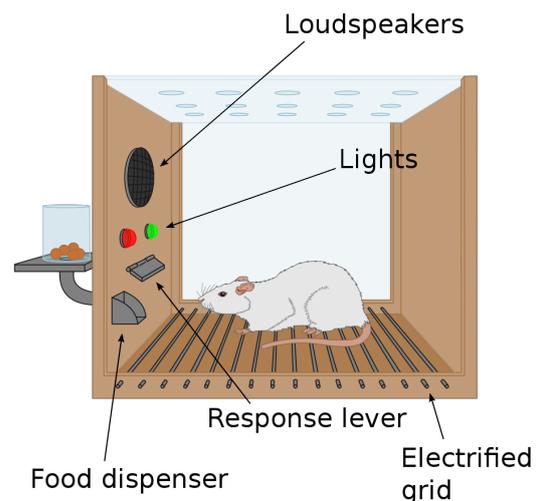
Konditionierung: Zwischen Spielesucht und sinnvollen Spielanreizen

CHARLOTTE NAGLER, MILA SCHEITHAUER

Operante Konditionierung nach Skinner

Der Psychologe Burrhus Frederic Skinner, bekannt als B. F. Skinner, beschäftigte sich zu Lebzeiten mit der Konditionierung von Tieren.

Dazu entwickelte er eine Apparatur, mit der er das Verhalten von Testtieren untersuchen wollte. Es handelte sich hierbei um eine Box, in der zum Beispiel eine Ratte eingesperrt wurde. In der Box befanden sich außerdem ein Hebel, Signallichter, ein Lautsprecher und ein Rohr, durch das Futter eingeführt werden konnte. Sein Ziel war es, die Ratte dazu zu bringen, den Hebel möglichst oft zu drücken.



Die „Skinner-Box“ mit Hebel (Response lever), Essensausgabe (Food dispenser) und elektrischem Gitter (Electrified grid)³

Durch zahlreiche Versuche kam Skinner zu dem Ergebnis, dass Futterbelohnung in unregelmäßigen Abständen sowie Mengen am effektivsten wäre. Dabei sollten die Abstände der Belohnung aber tendenziell immer länger werden. Das bedeutet, dass die Ratte zu Beginn zum Beispiel zehnmal drücken musste, um eine kleine Menge an Futter zu erhalten. Danach vielleicht 27-mal und die Futtermenge wird etwas größer, aber beim nächsten Mal nach 49 Mal wieder weniger.

Durch eine Erweiterung in der Box, nämlich ein elektrisches Gitter am Boden, fand der Forscher zudem heraus, dass sich die Tiere ebenso besonders konditionieren lassen, wenn sie fürs Nicht-Drücken bestraft werden.

³Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Andreas1, Pixelsquid (Bearbeitung), CC BY-SA 3.0)

Wie diese Erkenntnisse heute in Computerspielen verwendet werden

Spielentwickler:innen versuchen, die Leute dazu zu bringen, möglichst lange zu spielen. Dazu werden verschiedene Methoden genutzt, z. B. Highscores, die man in einer Rangliste mit anderen vergleichen kann. In vielen Spielen gibt es auch Truhen oder andere Extras, in denen Booster oder Ähnliches enthalten sind. Diese haben unterschiedliche Inhalte, die nicht gleich gut sind, oder um es wieder mit Skinners Experiment zu vergleichen, verschiedene Mengen an Futter beinhalten. Dass auch Bestrafungen bei Menschen funktionieren, sieht man bei Spielen mit Aktionen, bei denen man sich jeden Tag einloggen muss, sonst ist die Strafe, dass eine Prämie verfällt.

Aber wenn man jemanden dazu bringt, sehr lange zu spielen, kann dies auch zu einer Sucht werden. Deswegen tragen alle, die Spiele entwickeln, eine gewisse Verantwortung. Eine Lösung, die heutzutage auch schon einige Spiele haben, ist, nach einer bestimmten Zeit einen Hinweis anzuzeigen, dass man jetzt schon sehr lange spielt und mal etwas anderes machen könnte.

2D-Survival-Game

PATRICK TOMBAC

In dem 2D-Survival-Game „Surviving Bob“ von Benjamin und Patrick findet sich der Charakter „Bob“ in einer verlassenen Welt wieder, welche nur von Zombies bewohnt wird.

Absolute Bewegung

Damit sich der Spieler in der Welt bewegen kann, musste ein Bewegungsprinzip gefunden werden, mit welchem sich der Spieler in einer großen Welt frei bewegen kann. Die erste Möglichkeit einer Bewegung in Videospielen ist, dass der Hintergrund, bestehend aus Bäumen und Steinen, immer an der gleichen Position bleibt und sich im Falle von „Surviving Bob“ nur Bob und die Zombies bewegen. Einfach gesagt heißt das: Möchte der Spieler sich beispielsweise nach oben bewegen, dann bewegt sich Bob auf dem Handy-Bildschirm nach

oben. Doch hier liegt auch der Nachteil dieses Prinzips: Wenn Bob den Rand des Handy-Bildschirms erreicht, kann er sich nicht mehr weiterbewegen. Die Welt hätte also schon nach kurzer Zeit ein Ende, was den Spielspaß beeinträchtigen würde.

Relative Bewegung

Die zweite Möglichkeit wäre die relative Bewegung, also dass Bob an einer festen Position auf dem Handy-Bildschirm bleibt und sich der Hintergrund bewegt. Zum Verständnis hier ein kleines Gedankenexperiment: Stellen Sie sich vor, Sie laufen mit einer Kamera, welche an einem Stativ befestigt ist, durch die Stadt. Wenn Sie sich nach ihrem Spaziergang das Video anschauen, fällt auf, dass Sie sich auf dem Video immer an der gleichen Stelle befinden, da die Kamera sich mit Ihnen mitbewegt. Allerdings bewegt sich der Baum, an welchem sie vorbeigelaufen sind, in die entgegengesetzte Richtung. Dieses Prinzip wurde auch bei „Surviving Bob“ angewendet, sodass, wenn der Spieler sich nach oben bewegen möchte, sich die Bäume und Steine nach unten bewegen und verschwinden, sobald sie den Rand des Bildschirms erreicht haben. Dies wurde dadurch erreicht, dass in einem sogenannten Dictionary für jedes Objekt die Position gespeichert und der Bewegung entsprechend verändert wurde. Sollte die Position des Objekts nun außerhalb des Bildschirms liegen, wird es für den Nutzer unsichtbar gemacht. Das Gleiche geht auch andersherum: Wenn das Objekt sich wieder im Bildschirm befindet, wird es wieder sichtbar.

Probleme bei der Bewegung

Ein Problem hierbei war, dass die Zombies und die Marmeladenbrote sich zusätzlich eigenständig bewegen mussten. Da sie allerdings aufgrund der Funktionsweise der Physics-Engine an der gleichen Position fixiert wurden, musste man für diese eine leichte Abwandlung einprogrammieren. Im Prinzip lässt man die Zombies ihrem Code entsprechend zum Spieler laufen, allerdings aktualisiert man die Position der Zombies kurz bevor die Objekte verschoben werden. Dadurch hat der Zombie einen kurzen Zeitraum, in dem er sich bewegen kann,

wodurch er dem Spieler ohne Probleme folgen kann. Das gleiche Prinzip wurde auch bei den Marmeladenbrotten angewandt. Für den Nutzer sieht das Ganze dann aus, als könnte sich Bob in einer unendlich großen Welt bewegen.

Stille Post

CHARLOTTE NAGLER, ANTONIA
MENTZ

Spielprinzip

Unser Spiel ist wie eine Mischung aus Montagsmaler und Stille Post, denn es funktioniert folgendermaßen: Am Anfang überlegt sich jeder Spieler ein Wort oder einen Satz, den dann später die Mitspieler zum Zeichnen bekommen. Wenn alle etwas eingegeben haben, geht es reihum und jeder bekommt, wie bei Montagsmaler, ein Wort oder einen Satz, der gezeichnet werden muss. Das daraus entstandene Bild bekommt dann wieder die nächste Person, die dazu einen Satz, bzw. ein Wort schreiben muss. Diese Prozedur geht, je nachdem wie viele Personen mitspielen, immer so weiter.

Spielanleitung anzeigen

Einigt euch auf einen gemeinsamen tag!

join game
host game

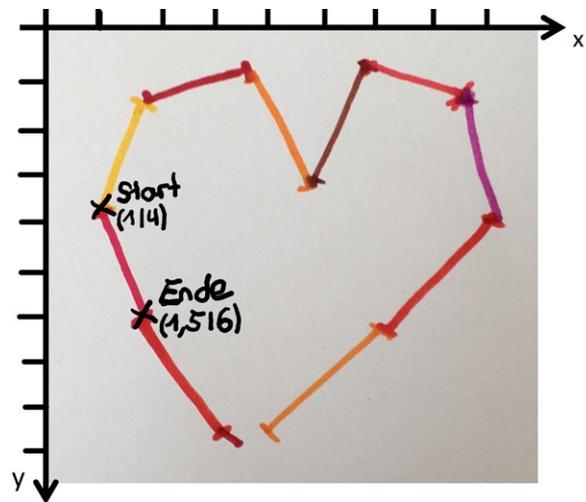
Name: anmelden

Klicke Start, wenn sich alle angemeldet haben: Start

Damit unser Spiel richtig funktioniert, müssen die Bilder in eine Datenbank hoch- und auch wieder heruntergeladen werden können. Dies ist bei den Zeichnungen nicht ganz so einfach, da diese aus ganz vielen kleinen Pixeln mit unterschiedlichen Farbwerten bestehen. Deshalb müsste man alle Pixel und die jeweiligen Farbwerte einzeln hochladen.

Vektorgrafiken

Da dies allerdings zu lange dauert, haben wir mit einer sogenannten Vektorgrafik gearbeitet. Hier werden nur die gezeichneten Linien und Farbwerte gespeichert. Diese vielen und kurzen Linien ergeben dann zusammen das fertige Bild. Da die Bilder zweidimensional sind, benötigt man für jede gerade Linie vier Werte: Die vorherigen X- und Y-Koordinaten und die jetzigen X- und Y-Koordinaten. Diese entsprechen Anfang und Ende der Linie. Zusammen mit dem jeweiligen Farbwert kann nach dem Herunterladen wieder die ursprüngliche Zeichnung hergestellt werden.



Auf diesem Bild haben wir das Prinzip einer Vektorgrafik grob dargestellt. Das Koordinatensystem hat hier, anders als in der Mathematik üblich, den Ursprung oben links. Der Anfangswert der Linie ist, wie man sieht, (1|4) und der Endwert (1,5|6). In Wirklichkeit sind die Linien deutlich kürzer, damit das Gezeichnete nicht so eckig wie in unserem Beispiel aussieht.

Spielablauf

Ein wichtiger Bestandteil von „Stille Post“ ist es außerdem, dass einem immer Wörter oder Bilder eines anderen Mitspielers angezeigt werden. Dafür müssen diese aus einer Online-Datenbank heruntergeladen werden. Hierbei ist jedoch wichtig, dass man immer nur ein Bild bzw. Wort erhält und sich nichts doppelt. In einer Liste werden zu Beginn alle Namen der Mitspieler gespeichert, in diesem Fall spielen Antoine, Berta, Charlodde und Detlef mit. Un-

ser Name ist Berta und gespeichert unter dem Tag „temporärer Name“. Nun geht das Programm die Liste der Spielernamen von oben nach unten durch und vergleicht mit dem eigenen (temporären) Namen. Jetzt muss jeder ein Wort eingeben, das dann unter dem temporären Namen als Tag hochgeladen wird. In unserem Fall wird das Wort „Spotify“ unter dem Tag „Berta“ hochgeladen.

Nachdem man zur nächsten Anzeige gelangt ist, wird der temporäre Name zum Namen des Spielers vor einem geändert. In unserem Fall bekommt Charlodde den neuen Namen Berta und lädt sich das Wort „Spotify“ unter dem Tag „Berta“ herunter. Dazu zeichnet sie ein Bild, das sie wieder unter dem Tag „Berta“ hochlädt. Als Nächstes bekommt Detlef den neuen Namen „Berta“ und lädt sich das von Charlodde gezeichnete Bild herunter. Er beschreibt das Bild als „WLAN“ und lädt es wieder hoch. Als Letztes nimmt nun Antoine den Namen Berta an und zeichnet zum Wort „WLAN“ ein Bild, das er anschließend hochlädt.

Geschichte

① Liste mit Namen

????????

1 Antoine

2 Berta

3 Charlodde

4 Detlef

wird hochgeladen

② Berta. Dein Name
(gespeichert unter „temporärer Name“)

1 Antoine ≠ Berta

2 Berta = Berta

③ Entstehung der Geschichte

tag Antoine	tag Berta	tag Charlodde	tag Detlef
Baumhaus A  B	Spotify B  C	Stiftbecher C  D	Aloe Vera D  A
Rakete C  D	WLAN D  A	Stiftbecher A  B	Kaktus C  D

Eingabe 1. Wort
hat Wort geschrieben / Bild gemalt und greift auf anderen tag zu
gemaltes Bild
Eingabe 2. Wort (passend zum Bild)

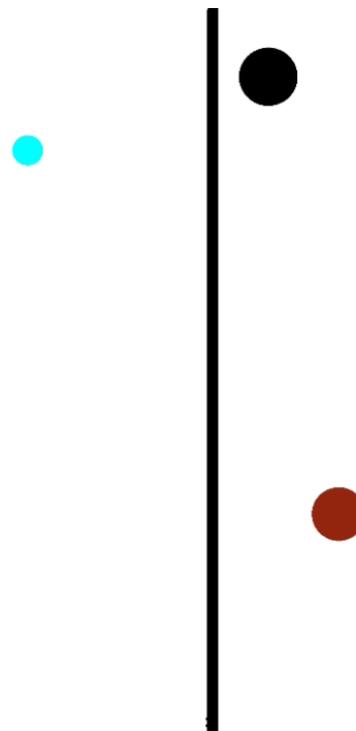
Unter dem Tag des temporären Namens entsteht somit eine „Geschichte“, die am Ende des Spiels die Entwicklung des Worts vom Beginn zeigt. Im Fall von Bertas Geschichte fängt es an mit „Spotify“, dann kommt das von Charlodde gemalte Bild, dazu Detlefs Beschreibung „WLAN“ und abschließend Antoinnes Zeichnung.

Am Ende des Programms werden diese „Geschichten“ dann angezeigt.

Kugelspiel

TUDOR ANTILICA, RONJA TREXLER,
MILA SCHEITHAUER

Unser zweiwöchiges Projekt war das Programmieren eines Kugelspiels. In unserem Spiel muss man einen Ball durch verschiedene Labyrinth voller Hindernisse (Labyrinthwände oder Löcher, in die man nicht hineinfallen darf) bewegen und in das Zielloch rollen lassen.



So sieht das Spiel aus

Die Bewegung des Balles passiert mithilfe des Beschleunigungssensors des Handys, sodass der Ball sich bewegt, wenn man das Handy kippt. Die Programmierung war nicht immer einfach, da wir vielen Problemen auf dem Weg begegnet sind.

Uns ist sehr schnell aufgefallen, dass die Elemente unseres Spiels auf unterschiedlichen Geräten anders dargestellt und dadurch verzogen wurden. So kam es teilweise vor, dass die Level unmöglich zu schaffen waren. Das Problem war, dass die Displays der Geräte unterschiedlich

groß waren und unsere Angaben mit „soundso viele Pixel vom Rand entfernt“ keine universell gültige Anordnung ergaben. Um dieses Problem zu lösen, haben wir die Größe der Hindernisse beispielsweise nicht mehr als absolute, sondern als relative Werte definiert. Im funktionierenden Code stand dann: $\text{Größe} = \frac{2}{3}$ des Bildschirms. So wurde auf jeder Bildschirmgröße der gleiche Labyrinthaufbau angezeigt.

Eine der Sachen, die wir gelernt haben, war, wie man eine Physics-Engine programmiert und implementiert. Die Physics-Engine in unserem Spiel funktioniert ähnlich wie oben beschrieben, aber damit der Ball sich wie im echten Kugelspiel bewegt, haben wir die x- und y-Geschwindigkeit nicht mit der Erdanziehungskraft, sondern mit der Beschleunigung addiert. Die Beschleunigung wurde umso größer, je stärker man das Handy kippte, sodass die Kugel nun realistisch (also etwas träge) auf das Kippen des Handys reagierte.

Damit der Ball nicht durch die Hindernisse rollt, mussten wir die Kollisionsabfrage und die Folgen einer Kollision programmieren. Dafür brauchten wir die Physics-Engine. Wenn der Ball das Hindernis berührt, wurde die Geschwindigkeit bei einem vertikalen Hindernis in x-Richtung und bei einem horizontalen Hindernis in y-Richtung auf Null gesetzt. Der Ball musste außerdem ein bisschen zurückgesetzt werden, wenn er das Hindernis berührt, sodass die Geschwindigkeit nicht dauerhaft auf Null blieb und die Kugel somit am Hindernis „klebte“.

Doch obwohl wir die Kollisionsabfrage und die Kollision fertig programmiert hatten, kam es immer noch vor, dass die Kugel, wenn sie eine hohe Geschwindigkeit hatte, einfach durch den Strich hindurch rollte. Das kam daher, dass die alte x-/y-Koordinate vor und die neu berechnete Koordinate hinter dem Hindernis lag. Keine der beiden Positionen berührte das Hindernis, und so wurde auch die Kollision nicht registriert, obwohl das Hindernis zwischen den beiden Punkten lag und die Kugel in einem echten Spiel mit ihm zusammengestoßen wäre. Die Lösung war relativ simpel: Anstatt wenige große, mussten wir viele kleinere Schritte machen. Die Geschwindigkeit blieb zwar dieselbe,

jedoch wurden auf gleicher Strecke viel mehr Punkte berechnet und die Wahrscheinlichkeit, dass eine Kollision mit einem Hindernis auch tatsächlich als solche wahrgenommen wurde, stieg beträchtlich.

Wir haben es geschafft, mehrere Levels des Spiels zu programmieren, verschiedene Hindernisse hinzuzufügen, die man nicht berühren darf, und ein bisschen an dem Design zu arbeiten. Am Ende gelang es uns auch noch, ein Highscore-System zu programmieren. Das ganze Projekt war eine ordentliche Herausforderung und die Zeit wurde gegen Ende doch sehr knapp, aber es hat uns sehr viel Spaß gemacht und wir sind sehr zufrieden mit dem Ergebnis dieser zwei Wochen.

Wolfy

SILVAR SEELow, JESSICA FEYER

Warum Wolfy?

Den Spieleklassiker Werwolf kennt wohl jeder. Manche mögen ihn mehr, manche weniger. In Zeiten, in denen man sich nicht treffen kann, jedoch dennoch miteinander spielen will, wäre eine Online- oder App-Version von Nutzen, dachten wir uns. Es gibt bereits einige Apps und Webseiten, die sich mit dieser Idee beschäftigen, aber in den meisten Fällen gibt es etwas, das uns nicht so gut gefallen hat.

Unser Ziel war also klar: Eine eigene App zu entwickeln, die uns das Spielen ermöglicht, unseren Anforderungen entspricht und die wir weiter entwickeln können, sobald uns etwas einfällt.

Herausforderungen

Im Prozess der Entwicklung der App sind wir immer wieder auf Herausforderungen gestoßen. Am Anfang fing es mit simplen Problemen an: Wie verteile ich die Rollen sinnvoll? Wie viele Spieler einer Rolle gibt es?

Als dies hinter uns lag, bahnte sich schon bald das nächste Problem an: Wie kriegt jeder seine zugeteilte Rolle angezeigt?

Würde jeder seine Rolle und die Rollen der anderen berechnen, hätte jeder Spieler auf jedem

Gerät eine andere Rolle und dann funktioniert das Spiel nicht mehr.

Die Lösung

Zwischen den Geräten müssen also Daten ausgetauscht werden. Eine Möglichkeit hierzu ist uns bereits durch den MIT App Inventor gegeben. Diese Möglichkeit heißt: TinyWebDB.

Unser Nutzen der TinyWebDB

Über einen generellen einzigartigen Tag auf der TinyWebDB wird klar, in welchem Spiel man ist.

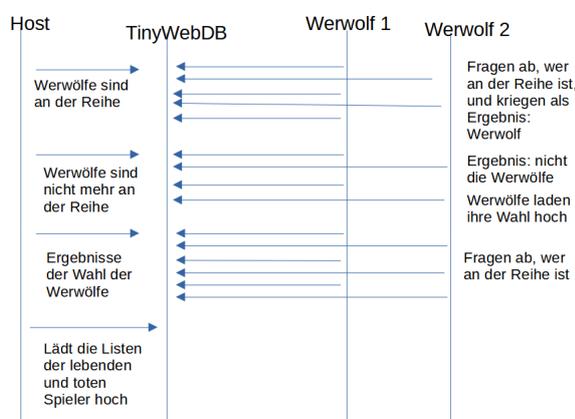
Unter diesem Tag werden die Rollen gespeichert und von den Spielern abgefragt, aber auch gespeichert, welche Spieler tot sind.

Zu beachten ist, dass die TinyWebDB keine Information von sich aus senden kann, weshalb die Geräte immer wieder, in kleinen Zeitabständen wie beispielsweise alle 100 Millisekunden, Anfragen senden müssen, um auf dem neusten Stand zu bleiben.

Das Gerät verarbeitet dann die neuen Informationen und handelt dementsprechend.

Aber wie läuft das eigentlich genau ab?

Um dies zu veranschaulichen, nutzen wir ein Sequenzdiagramm. Dies verdeutlicht den Ablauf der Vorgänge zwischen den Geräten. Wie man sehen kann, bestimmt der Host den Spielablauf und die Teilnehmer müssen auf die Aussagen des Hosts achten und sich dann, je nach Aussage unterschiedlich verhalten.



Sagt der Host, dass die Werwölfe an der Reihe sind, so lesen alle Geräte dies. Die Geräte, die

die Rolle Werwolf haben, handeln nun anders als der Rest. Sie zeigen ihrem Spieler nun einen Abstimm Bildschirm an.

Nun können die Spieler abstimmen. Sobald das Gerät nun die Information erhält, dass die Werwölfe nicht mehr an der Reihe sind, nimmt er die letzte Wahl seines Spielers und sendet diese an den Host. Dieser berechnet nun den Ausgang der Wahl. Das Ergebnis lädt er ebenfalls hoch, um den nun toten Spieler zu informieren.

Zitate

„Des ist jetzt 'ne blöde Situation.“ – Silvar

„Des merksch selber!“ – Silvar

„Wieso kommt das Wasser mit 50 km/h aus der Dusche!?“ – Silvar

„SPOTIFY PRÄMIUM!!“ – Alle

„Ich bin kein Bayer!“ – Benjamin

„Doch.“ – alle

„Das ist jetzt ein sehr simples Programm.“ – Benjamin

„Lasst uns doch sowas wie die NATO machen.“ – Mathis (der Pazifist)

„Ich brauch auf jeden Fall Madagaskar, 100 Armeen nach Madagaskar!“ – Moritz

„Ich hab da so nen privaten Termin.“ – Silvar

„Da seh ich mich tatsächlich.“ – Silvar

„Das fühl ich voll.“ – Charlotte

„Das ist ja voll sus.“ – Moritz

„das allerselbe“ – Franzi

„El Original“ – Silvar

„Das ist traurig.“ – Mila

„Des ist Quatsch.“ – Silvar

„Die Philosophen haben ihren Kuchen nicht gegessen, kann man den noch essen?“ „Natürlich“ – Antonia, Charlotte, Mila

Zu Antonia und Charlotte: „Ihr seht euch voll ähnlich.“

„Never gonna give you up, never gonna let you down“ – Rick Astley

Bei der Abschlusspräsentation: „Dann gebe ich zurück an Antonia.“ (Charlotte redet) – „Danke, Antonia.“ (nachdem Charlotte präsentiert hat)

„Wofür haben wir denn da die 400 € bezahlt?“
– Silvar

„Hier riecht’s nach *****.“ – Anonym

„Das heißt Curry [kuri].“ – Franzi

„Was die Philos können, können wir schon lange!“ – Mila

„Man macht zuerst die Milch rein und dann das Müsli.“ – Silvar

„Puddinghaut ist geil.“ – Charlotte, Mila

„Das schmeckt mir nicht.“ – Antonia

„Ich lebe von einer Präsentation zur nächsten.“
– Silvar

„Zehner, dass das nicht funktioniert! – Oh“ –
Mathis

„Der gute Stoff ist wieder leer.“ – alle Jungs

„Da seh ich mich jetzt net so.“ – Mathis

„Da seh ich mich.“ – Silvar

„Ich beleidige nicht oft, du Knecht.“ – Moritz

„Mein Microsoft Flight Simulator ruckelt – liegt das am Speicher?“ – Moritz

„Wer Skandinavien hat, gewinnt!“ – Mila

„Ich stehe auf Wassermelonen!“ – Silvar

„Ey, hör mal auf 16k-Videos in meinem Hotspot zu schauen!“ – Silvar

„Und wenn wir dann das Feuerwerk vor das Rettungsboot spannen, fliegen wir damit zurück zur Erde.“ – Silvar

„Ich schau jetzt Godzilla.“ – Benni

„Never gonna give, Never gonna give, GIVE YOU UP!“ – alle

„Lass’ mal über die Rettungsleiter zu den Mädels.“ – Anonym

„Aha, jetzt hast du auch mal die Stimmung zerstört!“ – Moritz

„Das ist das El Original!“ – Silvar

„Darf ich dich in Minecraft killen, kurz.“ – Benni

„Lacht ihn nicht aus, wenn er dumm aus der Wäsche schaut.“ – Alex über Hannes

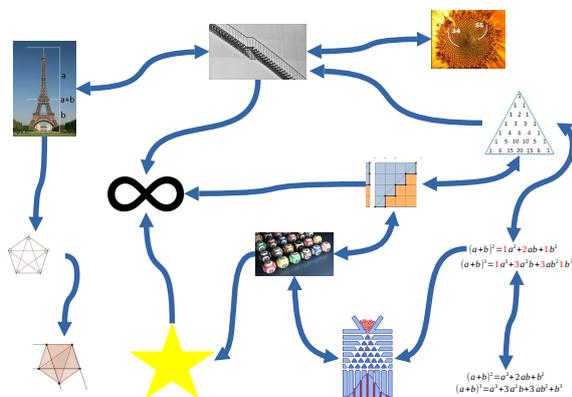
„Das hab ich nie gesagt.“ – Jessica

Kurs 3 – Rundreise durch die Mathematik



Gemäß dem Motto „Entdeckungen“ begaben wir uns im Kurs auf eine Rundreise durch die Mathematik. Unerschrocken tauchten wir ein in die faszinierende Welt der Mathematik und beschäftigten uns mit außergewöhnlichen Zahlenfolgen, mit komplizierten Problemen der Kombinatorik, mit kniffligen Konstruktionen und mit unumstößlichen mathematischen Beweisen.

geisterung immer tiefer in die verschiedenen Themengebiete. Dabei stießen wir auf höchst unerwartete Zusammenhänge – wissen Sie beispielsweise, wie der Eiffelturm und ein Tannenzapfen miteinander in Verbindung stehen? Im Folgenden möchten wir Sie mitnehmen auf unsere Rundreise und Ihnen unsere Entdeckungen präsentieren.



Egal wie schwierig die Herausforderungen waren, kämpften wir uns mit ansteckender Be-

Pascalsches Dreieck

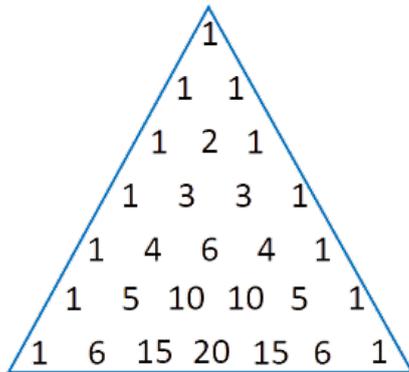
Aufbau

KATHARINA GRING

Das Pascalsche Dreieck ist ein sehr besonderes Dreieck und hat viele einzigartige Eigenschaften.

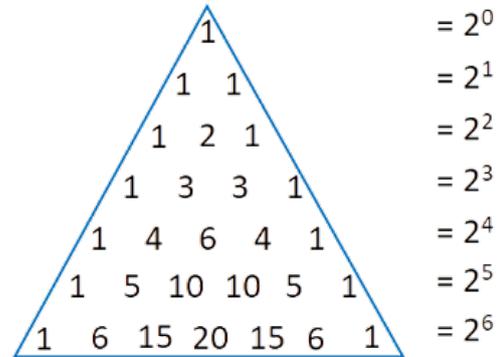
Es ist wie folgt aufgebaut: An der Spitze stehen drei Einsen, die in jeder folgenden Reihe jeweils am Rand fortgeführt werden. Die restlichen Zahlen bilden sich aus der Summe der beiden Zahlen über der Zahl. Beispielsweise ist die „2“

die Summe der beiden Einsen darüber und die „3“ entsteht aus der „2“ und der „1“.



sich die einzelnen Zeilen im Dreieck anzusehen. Dabei sieht man, dass die Summe der Zahlen in jeder Reihe

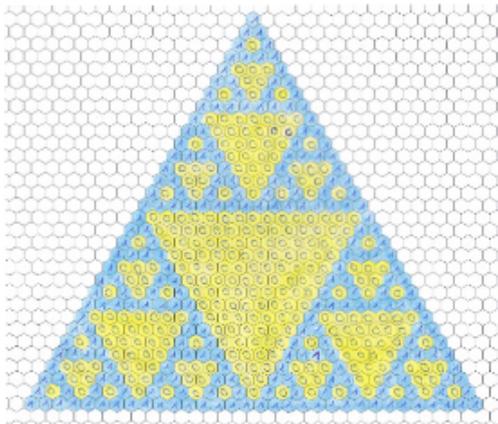
1, 2, 4, 8, ...



Fraktal

KATHARINA GRING

Eine der besonderen Eigenschaften des Pascalschen Dreiecks ist, dass sich ein bestimmtes Muster ergibt, wenn man die geraden Zahlen durch eine „0“ ersetzt und statt der ungeraden Zahlen eine „1“ verwendet. Auf dem Bild sind die geraden Zahlen in Gelb, die ungeraden Zahlen in Blau eingefärbt. Daraus ergibt sich ein sogenanntes Fraktal, was bedeutet, dass ein Dreieck mit weiteren Dreiecken darin entsteht.



ist. Anders ausgedrückt sind das die Zweierpotenzen, also

$2^0, 2^1, 2^2, 2^3, \dots$

Das liegt daran, dass beim Schreiben einer neuen Zeile jede Zahl der Zeile darüber genau zweimal dazu addiert wird: Einmal nach links und einmal nach rechts.

Diagonalen

MAJA EGE

Wenn man sich nun die Diagonalen des Pascalschen Dreiecks ansieht, erhält man ebenfalls interessante Zahlenfolgen. Um sich diese besser vorzustellen, kann man die einzelnen Zahlen als Punkte darstellen.

0. Dimension

1, 1, 1, 1, 1, ...



Am Rand des Dreiecks sehen wir nur Einsen. Auf eine 1 folgt immer eine weitere 1, sodass die Folge fortlaufend aus Einsen besteht. Wir haben also immer einen Punkt, was man auch als 0 Dimensionen bezeichnen kann.

1. Dimension

1, 2, 3, 4, 5, ...



Zweierpotenzen

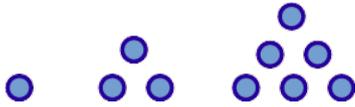
MAJA EGE

Eine weitere Auffälligkeit beim Pascalschen Dreieck ist, dass man viele interessante Zahlenfolgen darin entdecken kann – manche davon leichter, für andere muss man eine Weile suchen. Eher naheliegend ist es beispielsweise,

In der zweiten Diagonale wird linear gezählt, also immer plus 1. Es wird immer ein Punkt an die Reihe angefügt, wodurch eine eindimensionale Linie entsteht.

2. Dimension

1, 3, 6, 10, 15, ...



Die sogenannten „Dreieckszahlen“, die dritte Diagonale im Pascalschen Dreieck, bilden in der Punktvisualisierung Dreiecke, eine zweidimensionale Fläche. Hierbei wird nicht nur ein Punkt an die Reihe angefügt wie in der 1. Dimension, sondern es wird eine ganze Reihe nach unten „angebaut“. Dadurch ergibt sich die Zahlenfolge, bei der erst +1, dann +2, +3, +4 usw. gezählt wird.

3. Dimension

1, 4, 10, 20, 35, ...



Die „Pyramidenzahlen“ entstehen, indem statt einer Reihe eine ganze Ebene angefügt wird, unsere Dreiecke von vorhin. Dadurch ergibt sich eine dreidimensionale Pyramide.

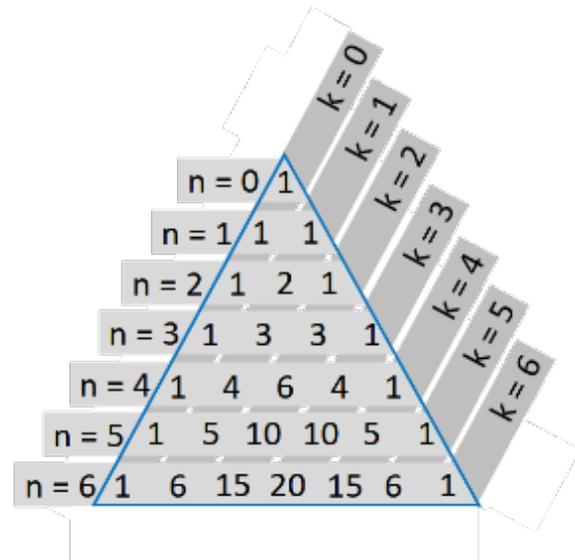
Diese Zahlenfolgen der Dimensionen lassen sich immer weiterführen, jedoch ist es für uns Menschen schwierig zu verstehen, wie eine 4. oder 5. Dimension aussehen könnte, da wir in einer dreidimensionalen Welt leben.

Berechnung

KATHARINA GRING

Ein Problem herrscht trotz allem in dem Dreieck: Um z. B. die dritte Zahl in der 50. Zeile herauszufinden, muss das komplette Dreieck davor berechnet werden und – falls man einen Fehler macht – muss nochmal neu angefangen werden zu rechnen. Dies ist sehr mühsam und kann viel Zeit in Anspruch nehmen. Glücklicherweise gibt es aber einen Weg, mit dem man einzelne Zahlen berechnen kann.

Man beginnt damit, eine Zahl auszuwählen, die man berechnen möchte. Die Zeilen bekommen die Variable n und die Spalten die Variable k zugewiesen. Man muss allerdings aufpassen, da die Zählung der Zeilen und Spalten jeweils bei 0 beginnt.



Möchte man nun die Zahl in der n -ten Zeile und k -ten Spalte ermitteln, verwendet man folgende Formel:

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k! \cdot (n-k)!}$$

Dabei handelt es sich um die Binomialkoeffizienten (Koeffizient: hier Vorfaktor vor einer Variablen bzw. einem Basiswert). Nimmt man die einfachste binomische Formel,

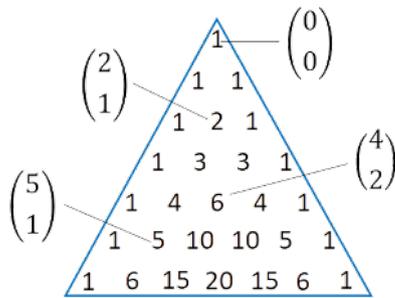
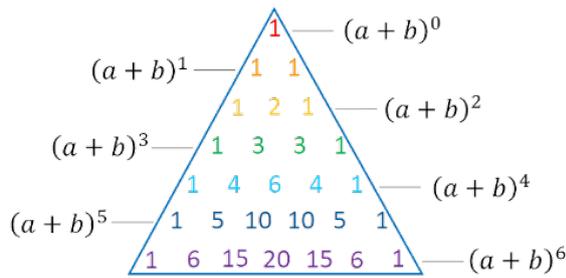
$$(a + b)^2 = 1 \cdot a^2 + 2 \cdot ab + 1 \cdot b^2,$$

so sieht man, dass die Vorfaktoren genau die Zahlen der zweiten Zeile sind.

Dies funktioniert mit jeder Zeile:

$$(a + b)^6 = 1 \cdot a^6 \cdot b^0 + 6 \cdot a^5 \cdot b^1 + 15 \cdot a^4 \cdot b^2 + 20 \cdot a^3 \cdot b^3 + 15 \cdot a^2 \cdot b^4 + 6 \cdot a^1 \cdot b^5 + 1 \cdot a^0 \cdot b^6$$

Somit hat man in einer viel schnelleren und einfacheren Variante das Pascalsche Dreieck berechnet.



Kombinatorik

MORITZ S., MORITZ B.

Die Kombinatorik zählt die Anzahl der verschiedenen möglichen Versuchsausgänge von Zufallsexperimenten.

Zur Veranschaulichung wird oft eine Urne benutzt. In dieser Urne befinden sich n durchnummerierte Kugeln. Es wird k -mal gezogen. Entscheidend für die Anzahl der verschiedenen möglichen Versuchsausgänge ist hierbei, ob eine Kugel nach dem Ziehen zurückgelegt wird oder „ausscheidet“. Zudem wird unterschieden, ob die Reihenfolge, in der die Kugeln gezogen wurde, relevant ist (Variation) oder nicht (Kombination). Somit gibt es vier Fälle.

Bevor wir auf die Fälle eingehen: Im Folgenden wird die Rechenoperation Fakultät angewendet. Die Fakultät einer Zahl ist das Produkt aller Zahlen von 1 bis einschließlich dieser Zahl. Beispiel:

$$4! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 4 = 24$$

Die Tabelle zeigt für die vier Fälle die Terme zur Berechnung der Anzahl der möglichen Versuchsergebnisse.

Unterhalb der Tabelle werden die vier Fälle einzeln betrachtet und die jeweiligen Terme erklärt bzw. hergeleitet.

	mit Wiederholung	ohne Wiederholung
Variation (mit Beachtung der Reihenfolge)	1. Fall: n^k	2. Fall: $\frac{n!}{(n-k)!}$
Kombination (ohne Beachtung der Reihenfolge)	4. Fall: $\binom{n+k-1}{k}$	3. Fall: $\frac{n!}{k! \cdot (n-k)!}$

- Zurücklegen und Merken der Reihenfolge sorgen für n Möglichkeiten bei jeder der k Ziehungen. Somit kommt es zu n^k verschiedenen möglichen Versuchsausgängen.
- Ohne Zurücklegen der Kugel gibt es beim ersten Zug n Möglichkeiten, beim zweiten $n-1$, ... bis $n-k+1$. Insgesamt kommt es zu:

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

Möglichkeiten.

- Beim dritten Fall haben wir das gleiche Grundprinzip. Da die Kugel nicht wieder zurückgelegt wird, kann sie nicht mehr gezogen werden. Aber dieses Mal achten wir nicht auf die Reihenfolge, in der die Kugeln gezogen werden. Bei insgesamt k gezogenen Kugeln gibt es $k!$ Möglichkeiten diese in verschiedenen Reihenfolgen zu ziehen. Deswegen verringert sich die Anzahl der Möglichkeiten um den Faktor $k!$. Die Anzahl der Möglichkeiten beträgt somit:

$$\frac{n!}{k! \cdot (n-k)!}$$

Für diesen Term schreibt man auch:

$$\binom{n}{k}$$

Dies wird „n über k“ ausgesprochen.

- Im vierten Fall, also ohne Beachtung der Reihenfolge, aber mit Wiederholung, beträgt die Anzahl:

$$\binom{n+k-1}{k}$$

Der Ausdruck

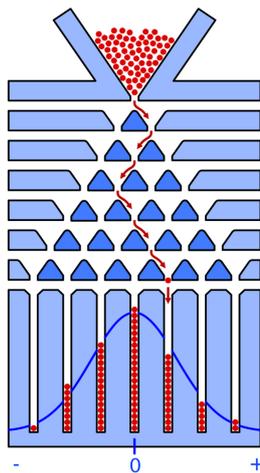
$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k! \cdot (n-k)!}$$

ist der oben schon erwähnte Binomialkoeffizient. Mit ihm können auch die Zahlen im Pascalschen Dreieck direkt berechnet werden.

Galton-Brett

Die Abbildung zeigt ein Galton-Brett mit sieben Feldern. Anders als in der Abbildung nummerieren wir die Felder von links nach rechts mit 0 bis 6.

Lässt man nun eine Kugel durch das Brett fallen, wird die Kugel jeweils mit der Wahrscheinlichkeit p nach rechts und mit der Wahrscheinlichkeit q nach links abgelenkt. Dabei gilt $q = 1 - p$.



Galton-Brett¹

Ausrechnen von Wahrscheinlichkeiten beim Galton-Brett

Bei einem Galton-Brett mit $n + 1$ Feldern lässt sich die Wahrscheinlichkeit, dass eine Kugel im k -ten Feld landet, mit Hilfe folgender Formel berechnen:

$$P_k = \binom{n}{k} \cdot p^k \cdot q^{n-k}$$

Es gibt $\binom{n}{k}$ verschiedene Wege, um im k -ten Feld zu landen. Man kann sich das folgendermaßen vorstellen: Um im Feld mit der Nummer

¹Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Chrischi, als gemeinfrei gekennzeichnet)

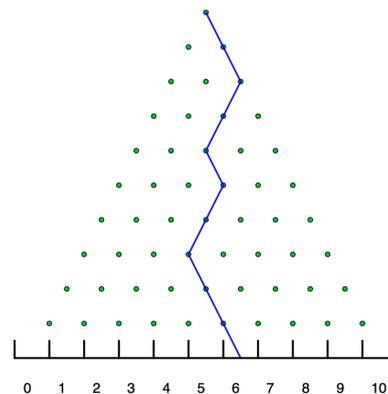
k zu landen, muss die Kugel insgesamt bei k Abzweigungen nach rechts und bei den anderen nach links fallen. Um nun alle Fälle abzudecken, sucht man sich k Zeilen aus, in denen die Kugel nach rechts fallen soll. Bei allen anderen Fällen fällt die Kugel nach links. Das entspricht dem Ziehen von k aus n Kugeln. Die Formel für die Anzahl aller Möglichkeiten, im Feld mit der Nummer k zu landen, ist also:

$$\binom{n}{k}$$

Um nun von der Anzahl an Möglichkeiten auf die Wahrscheinlichkeit im k -ten Feld zu kommen, muss man nur noch mit der Wahrscheinlichkeit für jede Möglichkeit multiplizieren. Diese lässt sich durch den Term $p^k \cdot q^{n-k}$ berechnen, da die Kugel in jedem Fall k mal nach rechts und $n - k$ mal nach links fallen muss.

Beispiele

Beispiel 1

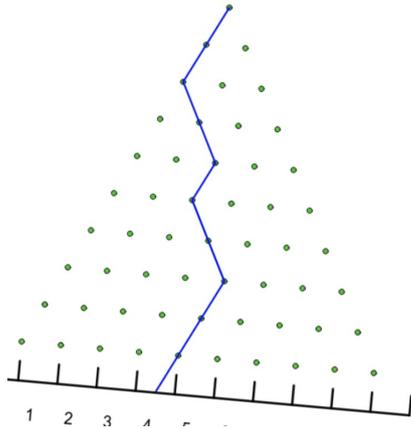


In diesem Fall ist die Wahrscheinlichkeit für die Kugeln, nach links und rechts zu fallen, gleich groß. Die Kugel soll im 6. Feld landen.

$$\begin{aligned} P_6 &= \binom{10}{6} \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^6 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{10-6} \\ &= \frac{105}{512} \approx 0,205078125 \end{aligned}$$

Beispiel 2

Ist das Galton-Brett so gekippt, dass die Kugeln mit einer Wahrscheinlichkeit von $2/3$ nach rechts fallen und mit einer Wahrscheinlichkeit



von $1/3$ nach links, dann beträgt die Wahrscheinlichkeit für die Kugel, im 8. Feld zu landen:

$$P_8 = \binom{10}{8} \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^8 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^{10-8} \approx 0,003048$$

Goldener Schnitt

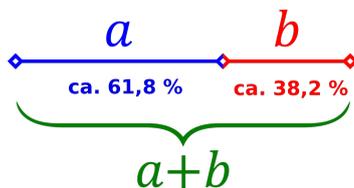
ELIZAVETA ZHABITCKAIA, PAUL KÄSTNER

Die nächste Haltestelle unserer Rundreise war der Goldene Schnitt.

Wenn eine Strecke im Verhältnis des Goldenen Schnitts geteilt wird, dann verhält sich die Länge der gesamten Strecke zur Länge des größeren Streckenabschnitts wie die Länge des größeren Streckenabschnitts zur Länge des kleineren.

Bezeichnet man den größeren Streckenabschnitt mit a und den kleineren mit b , dann gilt:

$$\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b}$$



Streckenabschnitte beim Goldenen Schnitt²

Nach Umformen dieser Gleichung erhält man:

²Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Stanne-red/Kmhkmh, als gemeinfrei gekennzeichnet)

$$\begin{aligned} \frac{a+b}{a} &= \frac{a}{b} \\ \Leftrightarrow ab + b^2 &= a^2 \\ \Leftrightarrow a^2 - ab - b^2 &= 0 \\ \Leftrightarrow \frac{a}{b} &= \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2} \end{aligned}$$

Man bezeichnet dieses Ergebnis mit:

$$\Phi = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \text{ (gelesen: Phi) und mit}$$

$$\Psi = \frac{1 - \sqrt{5}}{2} \text{ (gelesen: Psi).}$$

Zwischen Φ und Ψ gibt es interessante Beziehungen:

$$\Phi + \Psi = 1, \text{ da } \frac{1 + \sqrt{5} + 1 - \sqrt{5}}{2} = \frac{2}{2} = 1$$

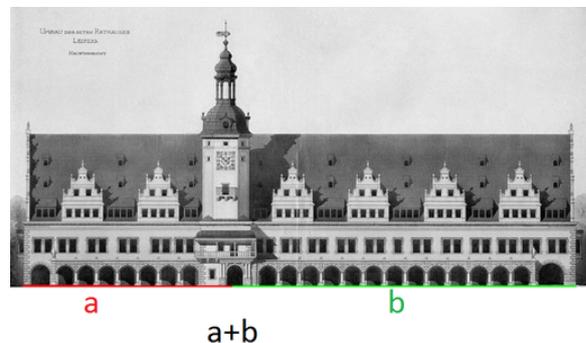
$$\Phi^2 = 1 + \Phi, \text{ da:}$$

$$\begin{aligned} \Phi^2 &= \frac{(1 + \sqrt{5})^2}{2^2} = \frac{1 + 2\sqrt{5} + 5}{4} \\ &= \frac{6 + 2\sqrt{5}}{4} = \frac{3 + \sqrt{5}}{2} = \frac{2}{2} + \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \\ &= 1 + \Phi \end{aligned}$$

$$\Psi^2 = 1 + \Psi, \text{ da:}$$

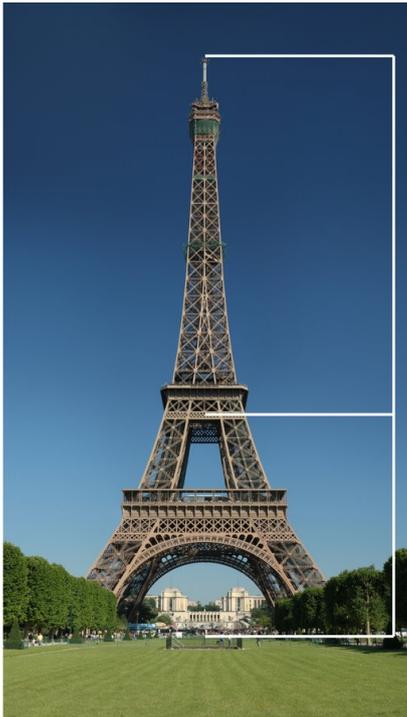
$$\begin{aligned} \Psi^2 &= \frac{(1 - \sqrt{5})^2}{2^2} = \frac{1 - 2\sqrt{5} + 5}{4} \\ &= \frac{6 - 2\sqrt{5}}{4} = \frac{3 - \sqrt{5}}{2} = \frac{2}{2} + \frac{1 - \sqrt{5}}{2} \\ &= 1 + \Psi \end{aligned}$$

Den Goldenen Schnitt gibt es nicht nur in der Mathematik, sondern auch in der Architektur:



Beispiel aus der Architektur³

³Abbildung: Wikipedia, bearbeitet (Stadt Leipzig, als gemeinfrei gekennzeichnet)



Goldener Schnitt beim Eiffelturm⁴

Schon Leonardo da Vinci entdeckte den Goldenen Schnitt auch in der Natur, zum Beispiel bei Pflanzen, aber auch beim menschlichen Körper. So fand der goldene Schnitt auch seinen Weg in die Kunst.

Das sind nur wenige Beispiele von Vielen, in denen der Goldene Schnitt eine wichtige Rolle spielt.

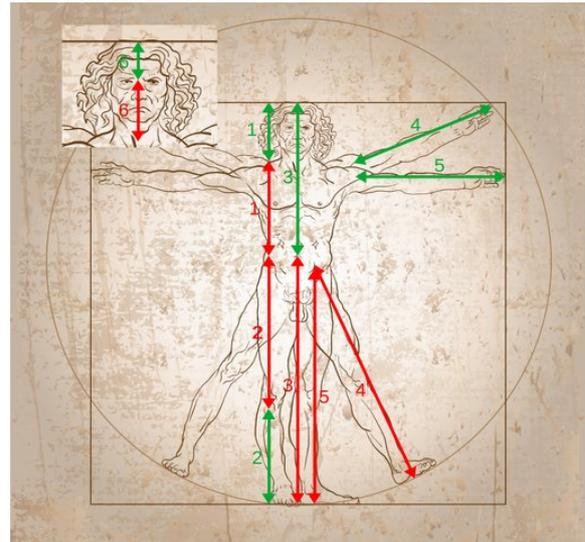
Konstruktionen mit GeoGebra

MARIE MARTIN

Und wie kann man jetzt den Goldenen Schnitt darstellen? Obwohl der Goldene Schnitt eine irrationale Zahl ist, lässt er sich mit Zirkel und Lineal konstruieren. Wir benutzten dafür GeoGebra. GeoGebra ist ein mathematisches Tool, mit dem man vor allem Dinge konstruieren kann. Prinzipiell ist GeoGebra leicht zu bedienen, in der obersten Zeile gibt es eine Menüleiste, mit der man verschiedenste Dinge von Geraden bis Tangenten mit wenigen Mausklicks erstellen kann. Dieses Tool ist in

⁴Abbildung: Wikimedia, eigene Ergänzungen (Wikimedia-User Benh LIEU SONG, CC BY-SA 3.0)

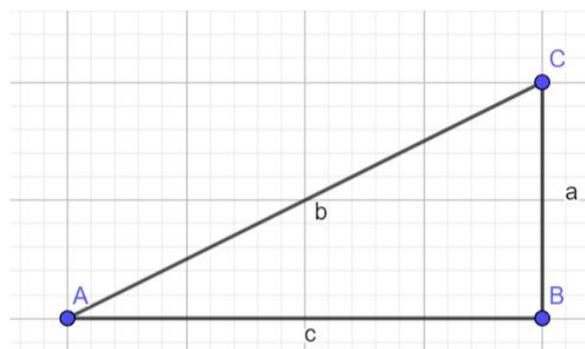
⁵Abbildung: Wikimedia, bearbeitet (Wikimedia-User Savak, als gemeinfrei gekennzeichnet)



Die rot markierten Strecken stehen zu den grünen Strecken mit gleicher Nummer im Verhältnis des Goldenen Schnittes.⁵

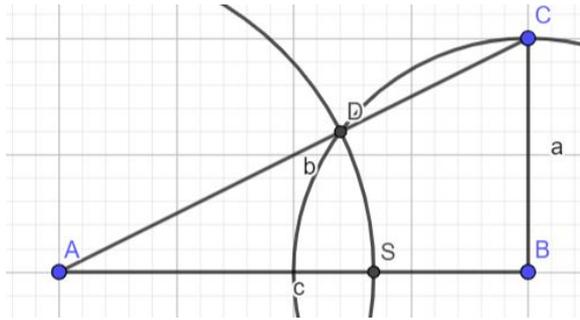
sofern praktisch, dass der zeitliche Aufwand gering ist, die Konstruktionen unglaublich exakt und die Konstruktionen auch im Nachhinein noch ohne große Probleme erweitert oder verbessert werden können.

Um den Goldenen Schnitt konstruieren zu können, wird zunächst ein rechtwinkliges Dreieck gezeichnet, dessen Seite a halb so lang ist wie c .



Dann wird ein Kreis mit dem Radius a um den Punkt B gezeichnet. Der Schnittpunkt des Kreises mit b wird D genannt. Anschließend wird ein weiterer Kreis mit dem Mittelpunkt A durch diesen Punkt D konstruiert. Der Schnittpunkt von dem zweiten Kreis und c wird S genannt. Nun teilt S die Strecke AB im Goldenen Schnitt.

Das lässt sich beweisen, denn laut dem Satz des Pythagoras gilt $c^2 = a^2 + b^2$ beziehungsweise



se in diesem Beispiel $b^2 = a^2 + c^2$. In diesem speziellen Fall kann a^2 als $\left(\frac{1}{2}c\right)^2$ geschrieben werden und es ergibt sich:

$$b^2 = \left(\frac{1}{2}c\right)^2 + c^2.$$

Vereinfacht gilt dann $b = \frac{\sqrt{5}}{2} \cdot c$. Wird von der Strecke b die Strecke a , also $\frac{1}{2}c$ abgezogen, erhält man (durch die Kreise in der Konstruktion) die Strecke AS . Diese ist $\frac{\sqrt{5}}{2}c - \frac{1}{2}c$. c kann ausgeklammert werden und für AS ergibt sich:

$$\frac{\sqrt{5}}{2}c - \frac{1}{2}c = c \cdot \left(\frac{\sqrt{5} - 1}{2}\right) = c \cdot \Phi.$$

Da die Seite c im Goldenen Schnitt geteilt wird, gilt: $\frac{c \cdot \Phi}{c} = \Phi$ q.e.d.

Unser Kurslogo: das regelmäßige Fünfeck

Das regelmäßige Fünfeck ist ein Vieleck, welches fünf gleich lange Seiten und fünf gleich große Innenwinkel hat.

Wenn in diesem Fünfeck die Diagonalen eingezeichnet werden, lässt sich sowohl ein Pentagramm bzw. Fünfeckstern erkennen als auch ein weiteres regelmäßiges Fünfeck im Zentrum des ersten regelmäßigen Fünfecks.

Das Pentagramm war das Zeichen des Geheimbundes der Pythagoreer, die Gefolgsleute um Pythagoras von Samos.

Der Fünfeckstern wird auch Drudenfuß genannt. Im Mittelalter galt er als Zeichen gegen das Böse und den Teufel (Quelle Wikipedia).

Beispielsweise kann in Goethes Faust 1, Vers 1395, Mephistopheles die Türschwelle von

Fausts Zimmer nicht überschreiten, weil dort der Drudenfuß (ein Pentagramm mit einer Spitze nach unten – des Teufels Bart – und zwei Spitzen nach oben – des Teufel Hörner) zu sehen ist. Somit spielt das Fünfeck bzw. das Pentagramm schon seit langer Zeit eine wichtige Rolle.

Es fällt auf, dass es bei dieser Figur Streckenverhältnisse gibt, welche dem Goldenen Schnitt entsprechen. Eines dieser Verhältnisse ist die Außenseite a zur Diagonale d .

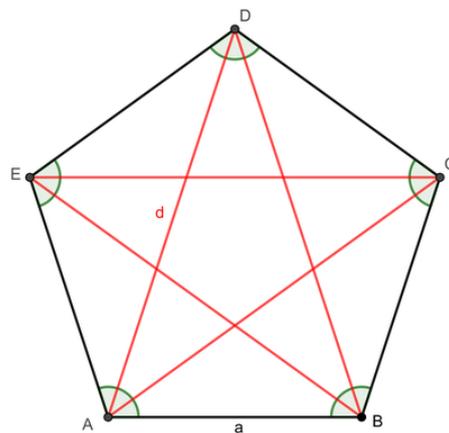
Schon die Griechen wussten um ca. 500 v. Chr., dass das Verhältnis der beiden Strecken irrational sein musste, obwohl ihr Zahlenverständnis nur rationale Zahlen kannte.

Inkommensurabilität der Strecken im Fünfeck

Zwei reelle Zahlen a und b heißen kommensurabel (lat. zusammen messbar), wenn sie ganzzahlige Vielfache einer dritten reellen Zahl c sind. Es gibt also ein $c \in \mathbb{R}$, sodass gilt:

$$a = m \cdot c \text{ und } b = n \cdot c.$$

Der Quotient $\frac{a}{b} = \frac{m}{n}$ ist also eine rationale Zahl: $\frac{a}{b} \in \mathbb{Q}$.



Fünfeck mit Pentagramm in rot und Innenwinkel in grün

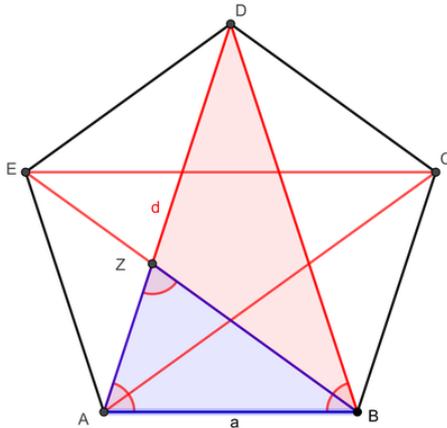
Sind zwei Zahlen nicht kommensurabel, so heißen sie inkommensurabel.

Alle irrationalen Zahlen sind inkommensurabel zur Zahl 1. Irrationale Zahlen sind z. B. $\sqrt{2}$ und π .

Im Fünfeck sind die Längen einer Fünfeckseite a und eine Diagonale d zueinander inkommensurabel.

Behauptung: $\frac{d}{a} = \frac{1 - \sqrt{5}}{2} \approx 1,618$

Die Größe jedes Innenwinkels ist 108° . ABC bilden ein gleichschenkliges Dreieck mit den beiden gleichen Seiten a und der Basis d .



Fünfeck mit ähnlichen Dreiecken

Das Dreieck ABC hat einen stumpfen Winkel von 108° und zwei spitze Winkel von 36° . Es ist ein stumpfes Goldenes Dreieck.

Das Dreieck ABD ist ein spitzes Goldenes Dreieck. ABD ist ein gleichschenkliges Dreieck mit den Schenkeln d und der Basis a . Es hat den spitzen Winkel von 36° und die Basiswinkel von 72° . Ein Basiswinkel wird von einer weiteren Diagonalen halbiert. Das Dreieck ABZ ist deshalb zum Dreieck ABD ähnlich.

Das Restdreieck BDZ ist wiederum ein stumpfes Goldenes Dreieck.

Wegen der Ähnlichkeit von ABD und ZAB ergibt sich:

$$\frac{d}{a} = \frac{a}{d-a} \Leftrightarrow d^2 - a \cdot d - a^2 = 0$$

$$d_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2} \cdot a$$

Für die positive Lösung gilt:

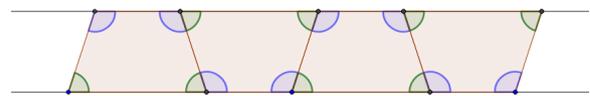
$$d_1 = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} \cdot a \approx 1,618 \cdot a.$$

Regelmäßiges Fünfeck aus einem Papierknoten

Knotet man einen Papierstreifen und streicht den Knoten glatt, entsteht ein regelmäßigen Fünfeck.

Löst man den Knoten auf, werden die gefalteten Kanten als Faltlinien erkennbar.

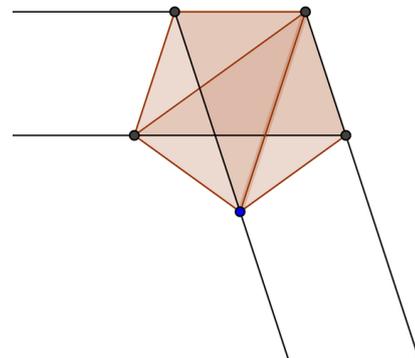
Die Faltlinien stellen vier Vierecke dar mit jeweils einem Paar paralleler Seiten und gleichlangen Schenkeln. Dies ist gut in der Abbildung an dem aufgerollten Papierstreifen mit Faltlinien zu erkennen.



Blaue Winkel: 108° , grüne Winkel: 72°

Diese Vierecke sind gleichschenklige Trapeze; alle vier Trapeze sind zueinander kongruent.

Legt man nun diese vier Trapeze so übereinander, dass die kurze Seite nach außen zeigt, also die Außenseite eines Fünfecks bildet, entsteht ein Fünfeck.



Folgen

Fibonacci-Folge

MARIE MARTIN

Eine kleine mathematische Knobelei zum Einstieg:

Wir wollen eine Treppe mit n Stufen besteigen und dabei immer entweder eine (1) oder zwei

(2) Stufen nach oben laufen. Bei einer Treppe mit keiner Stufe haben wir nur eine Möglichkeit (nichts tun), bei einer Treppe mit einer Stufe auch nur eine Möglichkeit (1), bei einer Treppe mit zwei Stufen zwei Möglichkeiten (11, 2). Die Möglichkeiten, eine Treppe mit drei Stufen zu erklimmen, belaufen sich immerhin schon auf drei (111,12, 21).

Man könnte meinen, die Anzahl der Möglichkeiten sind einfach die Anzahl der Treppen, doch es fällt schnell auf, dass es bei einer Treppe mit vier Stufen nicht vier, sondern fünf Möglichkeiten gibt (1111, 22, 121, 211, 112).

Setzen wir dieses Muster fort, erhalten wir folgende Tabelle:

Anzahl Stufen	0	1	2	3	4	5	6	7
Anzahl Möglichkeiten	1	1	2	3	5	8	13	21

Bei genauerem Hinsehen erkennt man, dass die Anzahl der Möglichkeiten immer die Summe ihrer beiden Vorgänger ist. Diese Folge wird nach Leonardo von Pisa, einem Kaufmann, der das arabische Zahlensystem nach Europa gebracht hat, auch genannt filius binaccij, als Fibonacci-Folge bezeichnet.

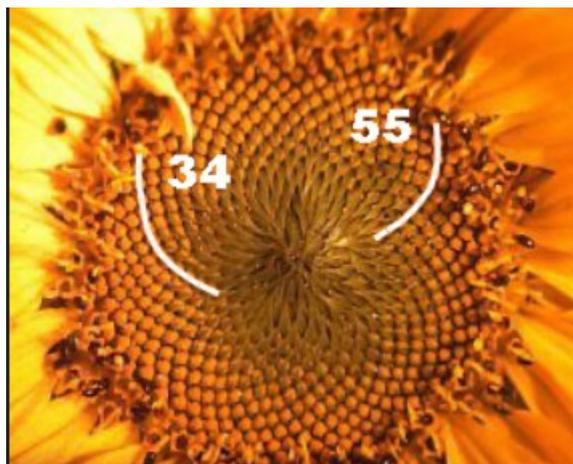
Eine allgemeine rekursive Definition der Fibonacci-Folge für $n \geq 2$ lautet dementsprechend:

$$f(n) = f(n - 1) + f(n - 2).$$

Dabei wird definiert, dass $f(0) = 1$ und $f(1) = 1$ ist.

Fibonacci-Zahlen in der Natur

Die Fibonacci-Zahlen finden sich sogar in der Natur. Betrachtet man eine Sonnenblume und zählt die Spiralen in die eine Richtung und die in die andere Richtung, erhält man zwei aufeinanderfolgende Fibonacci-Zahlen. Das kann man auch bei sehr vielen anderen Blumen, Zapfen, einer Ananas und vielen mehr beobachtet werden.



Fibonacci-Zahlen beim Blütenstand einer Sonnenblume⁶

Iterative Definition

Lässt man einen Rechner mit Hilfe der Formel $f(n) = f(n - 1) + f(n - 2)$ eine hohe Fibonacci-Zahl ausrechnen, stellt man fest, dass der Rechner so schnell damit nicht fertig wird. Um z. B. die 100. Fibonacci-Zahl auszurechnen, muss der Computer die 99. und 98. Fibonacci-Zahl wissen. Für diese braucht der Rechner aber die 98. und 97. Fibonacci-Zahl für die 99. Fibonacci-Zahl, sowie zusätzlich die 96. Fibonacci-Zahl für die 98. Fibonacci-Zahl. Der Rechner muss also erst alle anderen Fibonacci-Zahlen vor der 100. ausrechnen und das braucht Zeit. Geht es auch schneller?

Fügt man die Fibonacci-Folge in eine Tabellenkalkulation ein, erstellt einen Graphen und fügt eine Trendlinie ein, sieht man, dass die Fibonacci-Zahlen auf dem Graphen einer exponentiellen Funktion liegen. Folglich kann die Fibonacci-Folge wie folgt beschrieben werden:

$$f(n) = c \cdot a^n, \text{ wobei } c \neq 0 \text{ und } a \neq 0.$$

Wegen $f(n) = f(n - 1) + f(n - 2)$ gilt:

$$c \cdot a^n = c \cdot a^{n-1} + c \cdot a^{n-2}.$$

Teilt man die gesamte Gleichung durch $c \neq 0$, erhält man $a^n = a^{n-1} + a^{n-2}$.

Teilt man die Gleichung $a^n = a^{n-1} + a^{n-2}$ durch a^{n-2} , erhält man:

$$a^2 = a + 1 \Leftrightarrow a^2 - a - 1 = 0.$$

⁶Abbildung: Wikimedia (Dr. Helmut Haß, CC BY-SA 3.0)

Diese Gleichung hat die Lösungen $a_{1,2} = \frac{1 \pm \sqrt{5}}{2}$. Dies ist der Goldene Schnitt, also $a_1 = \Phi$ und $a_2 = 1 - \Phi = \Psi$.

Aus beiden Lösungen kann c und somit auch eine Gleichung für die n -te Fibonacci-Zahl hergeleitet werden:

$$\begin{aligned} f(0) &= c \cdot \Phi^0 - c \cdot \Psi^0 = c - c = 0 \\ f(1) &= c \cdot \Phi^1 - c \cdot \Psi^1 \\ &= c \cdot \frac{1 + \sqrt{5}}{2} - c \cdot \frac{1 - \sqrt{5}}{2} = c \cdot \sqrt{5} = 1 \\ &\Rightarrow c = \frac{1}{\sqrt{5}} \\ f(n) &= \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot (\Phi^n - \Psi^n) \end{aligned}$$

Mit diesem Term kann nun die n -te Fibonacci-Zahl ohne allzu großen Rechenaufwand und in relativ kurzer Zeit berechnet werden.

Das muss noch bewiesen werden:

Zunächst wird gezeigt, dass die Formel für die erste und zweite Fibonacci-Zahl gilt:

$$\begin{aligned} f(1) &= \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot (\Phi - \Psi) \\ &= \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot \left(\frac{1 + \sqrt{5}}{2} - \frac{1 - \sqrt{5}}{2} \right) = \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{5}} \\ &= 1 \end{aligned}$$

Da $\Psi = 1 - \Phi$ gilt, kann in allen Formeln für Ψ auch $1 - \Phi$ eingesetzt werden. Damit ist die Formel auch für die zweite Fibonacci-Zahl gültig:

$$\begin{aligned} f(2) &= \frac{\Phi^2 - (1 - \Phi)^2}{\sqrt{5}} \\ &= \frac{\Phi^2 - 1 + 2\Phi - \Phi^2}{\sqrt{5}} = \frac{2\Phi - 1}{\sqrt{5}} \\ &= \frac{2 \cdot \frac{1 + \sqrt{5}}{2} - 1}{\sqrt{5}} = \frac{\sqrt{5}}{\sqrt{5}} = 1 \end{aligned}$$

Allgemein gilt:

$$\begin{aligned} f(n - 2) + f(n - 1) &= \\ &= \frac{\Phi^{n-2} - \Psi^{n-2}}{\sqrt{5}} + \frac{\Phi^{n-1} - \Psi^{n-1}}{\sqrt{5}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\Phi^{n-2} - \Psi^{n-2} + \Phi^{n-1} - \Psi^{n-1}}{\sqrt{5}} \\ &= \frac{\Phi^{n-2} - \Psi^{n-2} + \Phi \cdot \Phi^{n-2} - \Psi \cdot \Psi^{n-2}}{\sqrt{5}} \end{aligned}$$

Nun kann Φ^{n-2} und Ψ^{n-2} ausgeklammert werden:

$$\begin{aligned} f(n - 2) + f(n - 1) &= \\ &= \frac{(1 + \Phi) \cdot \Phi^{n-2} - (1 + \Psi) \cdot \Psi^{n-2}}{\sqrt{5}} \end{aligned}$$

Wegen $\Phi^2 = 1 + \Phi$ und $\Psi^2 = 1 + \Psi$ kann die obige Gleichung folgendermaßen vereinfacht werden:

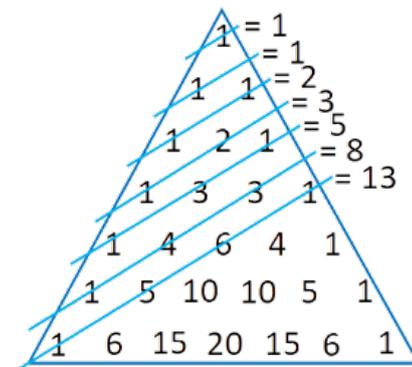
$$\begin{aligned} f(n - 2) + f(n - 1) &= \frac{\Phi^2 \cdot \Phi^{n-2} - \Psi^2 \cdot \Psi^{n-2}}{\sqrt{5}} \\ &= \frac{\Phi^n - \Psi^n}{\sqrt{5}} = f(n) \quad \text{q. e. d.} \end{aligned}$$

Die Fibonacci-Folge im Pascalschen Dreieck

MAJA EGE

Die Fibonacci-Zahlen kann man sogar im Pascalschen Dreieck entdecken, auch wenn sie schon etwas schwerer zu finden ist. Wir betrachten dafür die flacheren Diagonalen, wie hier dargestellt:

Wenn man jeweils die Summe aller auf der Diagonale liegenden Zahlen berechnet, erhält man 1, 1, 2, 3, ..., was genau den Fibonacci-Zahlen entspricht.



Natürlich ist die Fibonacci-Folge nicht die einzige interessante Folge in der Mathematik, es gibt noch unzählige weitere. Eine schon relativ komplexe, aber gut zu veranschaulichende Folge ist dabei die Catalan-Folge.

Catalan-Folge

LISA FEE BRILL

Die Catalan-Zahlen bilden eine Zahlenfolge, die in einigen Bereichen der Mathematik eine wichtige Rolle spielt. Sie tritt z. B. in der Kombinatorik auf. Benannt sind diese Zahlen nach dem belgischen Mathematiker Eugene Charles Catalan (1814–1894).

Die Zahlenfolge beginnt mit den Zahlen 1, 1, 2, 5, 14, 42, 132, 429, ...

Die allgemeine Formel, um die Catalan-Zahlen $n \geq 0$ zu berechnen, lautet:

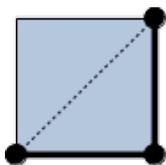
$$C_n = \frac{1}{n+1} \cdot \binom{2n}{n}$$

Die Catalan-Folge in der Kombinatorik

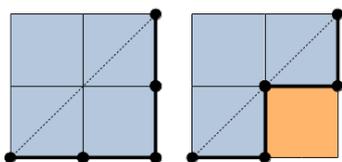
Man stellt sich ein Quadratgitter mit der Seitenlänge n vor. Wie viele mögliche Wege gibt es, von der linken unteren zur rechten oberen Ecke zu gelangen? Eine Diagonale ist von links unten nach rechts oben eingezeichnet, diese darf nicht überschritten werden und es darf immer nur nach rechts oder nach oben gegangen werden.



Mit einem Quadrat der Seitenlänge $n = 0$ ergibt sich genau eine Möglichkeit: Weder nach rechts noch nach oben.



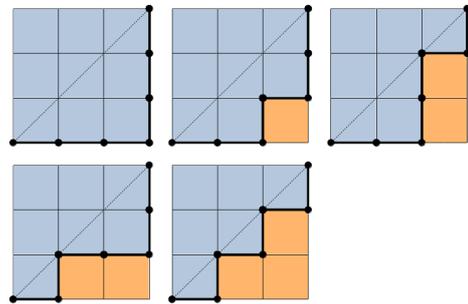
Bei einem Quadrat mit Seitenlänge $n = 1$ gibt es wieder genau eine Möglichkeit: eins nach rechts, eins nach oben



Bei einem Quadrat mit Seitenlänge $n = 2$ gibt es 2 Möglichkeiten:

- 2 nach rechts, 2 nach oben

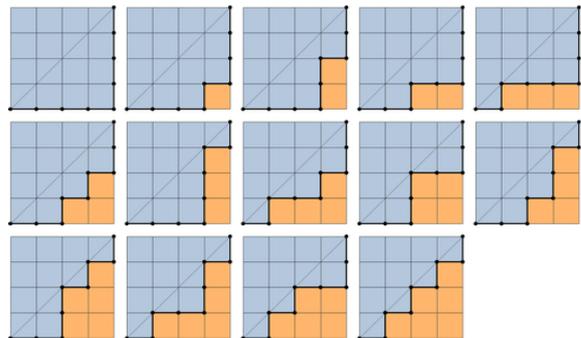
- eins nach rechts, eins nach oben, eins nach rechts, eins nach oben



Bei einem Quadrat mit Seitenlänge $n = 3$ gibt es 5 Möglichkeiten:

- 3 rechts, 3 hoch
- 2 rechts, 1 hoch, 1 rechts, 2 hoch
- 2 rechts, 2 hoch, 1 rechts, 1 hoch
- 1 rechts, 1 hoch, 2 rechts, 2 hoch
- 1 rechts, 1 hoch, 1 rechts, 1 hoch, 1 rechts, 1 hoch

Bei einem Quadrat mit Seitenlänge $n = 4$ sind es 14 Möglichkeiten, wie man in der Abbildung erkennt.



Die jeweiligen Anzahlen der Möglichkeiten bilden hintereinander die Catalan-Folge:

1, 1, 2, 5, 14, ...

Dies kann beliebig weitergeführt werden. Mit einem Quadrat mit der Seitenlänge $n = 5$ gibt es 42 Möglichkeiten, bei $n = 6$ dann 132 Möglichkeiten usw.

Die Catalan-Folge in der Triangulation

Der vorherige Weg ist jedoch nicht die einzige Möglichkeit, sich die Catalan-Zahlen zu erschließen. Genauso taucht die Zahlenfolge

Die Bildungsvorschrift lautet:

$$S_0 = 0$$

$$S_1 = 1$$

$$S_{2n} = S_n$$

$$S_{2n+1} = S_n + S_{n+1}$$

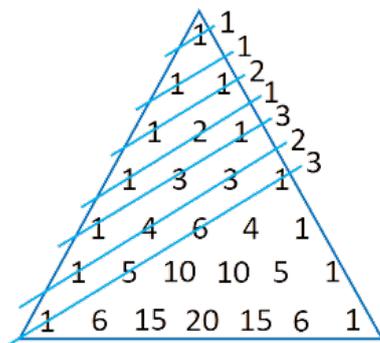
Die Folge der Zahlen lautet:

0, 1, 1, 2, 1, 3, 2, 3, 1, 4, 3, 5, 2, 5, 3, 4, ...

Die Stern-Brocot-Folge im Pascalschen Dreieck

KATHARINA GRING

Obwohl die Herleitung der Folge etwas komplexer ist, ist sie im Pascalschen Dreieck geradezu offensichtlich. Werden in das Dreieck Diagonalen eingezeichnet und dann von den jeweiligen Zahlen auf den Diagonalen die Anzahl der ungeraden Zahlen gezählt, erkennt man die Stern-Brocot-Folge. Beispielsweise liegen auf der sechsten Diagonalen eine Eins, eine Vier und eine Drei, weshalb die Anzahl der ungeraden Zahlen bei Zwei liegt. Vergrößert man das Dreieck und zeichnet weitere Diagonalen ein, sieht man, dass dieser Zusammenhang im kompletten Dreieck vorzufinden ist.



Das Grundprinzip des Beweisens

PAUL KÄSTNER

Wenn man mit einer offensichtlich wahren Aussage beginnt, gibt es nur die Möglichkeit, auf andere wahre Aussagen zu schließen, solange man korrekt vorgeht. Von der als wahr angenommenen Aussage „Heute ist Mittwoch“ kann man leicht und richtig darauf schließen,

dass es gerade nicht Montag ist. Genauso kann man von der offensichtlichen wahren Aussage „ $8 = 8$ “ darauf schließen, dass auch „ $4 = 4$ “ gilt.

Dagegen kann man aus der falschen Aussage „ $1 = -1$ “ durch Addition einer 3 auf beiden Seiten leicht auf die ebenfalls falsche Aussage „ $4 = 2$ “ schließen, aber durch Quadrieren beider Seiten auch auf die wahre Aussage „ $1 = 1$ “. Wichtig zum grundsätzlichen Beweisen ist die Erkenntnis, dass man aus einer falschen Aussage sowohl eine wahre, als auch eine falsche Aussage folgern kann.

Von einer wahren Aussage ausgehend lässt sich durch korrektes Schließen ausschließlich eine wahre Aussage folgern.

Die Wahrheitstabelle

A	B	$\neg A$	$\neg B$	$A \wedge B$	$A \vee B$	$A \rightarrow B$	$A \leftrightarrow B$	$A \oplus B$	$A \wedge \neg B$	$\neg A \wedge B$	$A \vee \neg B$	$\neg A \vee B$	$A \oplus \neg B$	$\neg A \oplus B$
w	w	f	f	w	w	w	w	f	f	f	w	w	f	f
w	f	f	w	f	w	f	f	w	w	w	f	f	w	w
f	w	w	f	f	w	w	f	w	w	f	w	w	f	f
f	f	w	w	f	f	w	f	w	f	w	w	f	w	w

Hat man zwei Aussagen A und B gegeben, so gibt es für deren Wahrheitswert vier verschiedene Kombinationen. Die Tabelle zeigt zu jeder dieser vier Möglichkeiten den Wahrheitswert von 16 weiteren Aussagen, die aus den Aussagen A und B gebildet werden können.

Mithilfe einer Wahrheitstabelle kann man oft einfach erkennen, was in der Mathematik zum Beweisen gebraucht wird.

Beweisarten

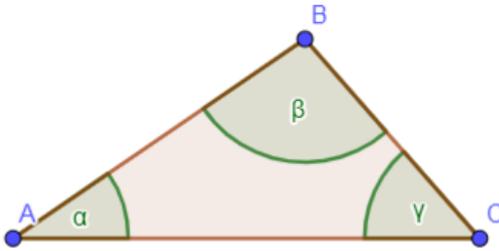
Direkter Beweis

ELIZAVETA ZHABITCKAIA

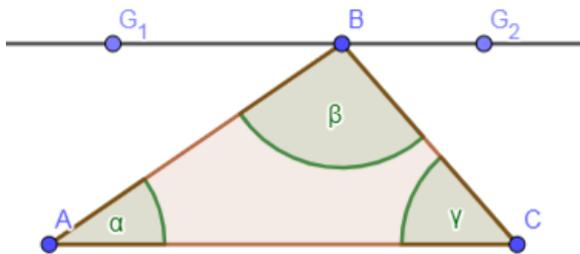
Eine Art des Beweisens ist der direkte Beweis. Beim direkten Beweis zeigt man mit Hilfe von bereits bekannten Tatsachen und Definitionen, dass die Aussage, die zu beweisen ist, wahr ist.

Ein Beispiel dafür ist der Beweis, dass die Winkelsumme eines Dreiecks 180° ist:

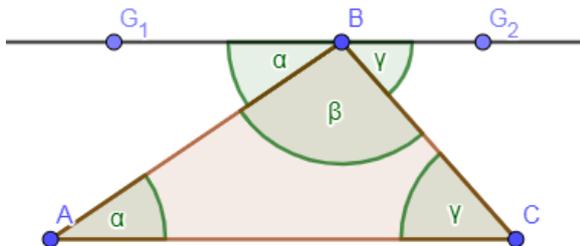
Gegeben ist ein zufälliges Dreieck $\triangle ABC$:



Im ersten Schritt zeichnet man eine Gerade g durch den Punkt B ein, die parallel zur Seite \overline{AC} des Dreiecks ist.



Man merkt, dass die Winkel $\sphericalangle CAB$ und $\sphericalangle G_1BA$ sowie $\sphericalangle CBG_2$ und $\sphericalangle BCA$ Wechselwinkel sind.



Folglich ist $\sphericalangle G_1BA = \alpha$ und $\sphericalangle CBG_2 = \gamma$:

Die Winkel α , β und γ bilden also zusammen einen gestreckten Winkel. Da ein gestreckter Winkel 180° weit ist, gilt: $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$ q. e. d.

Beweis durch Widerspruch

MAJA EGE

Eine weitere Art des Beweisens ist der Beweis durch Widerspruch. Dafür nimmt man das Gegenteil dessen an, was man beweisen möchte,

und führt diese Annahme zu einer Kontradiktion.

Ein Beispiel dafür ist der Beweis des Mathematikers Euklid, dass es unendlich viele Primzahlen gibt. Diese sind definiert als Zahlen, die genau zwei Teiler haben. Da wir beweisen wollen, dass die Menge der Primzahlen unendlich ist, nehmen wir erst einmal an, die Menge der Primzahlen sei endlich. Daraus ergibt sich die Menge P , die alle Primzahlen enthält. Da es endlich viele Primzahlen gebe, gibt es auch eine größte Primzahl. Diese Menge P sieht also so aus:

$$P = \{p_1, p_2, p_3, \dots, p_{max}\}$$

Um das zu einem Widerspruch zu führen, müssen wir beweisen, dass es, egal welche Zahl man als die größte Primzahl festsetzt, immer noch eine größere Primzahl gibt. Die Zahl

$$n = p_1 \cdot p_2 \cdot p_3 \cdot \dots \cdot p_{max} + 1$$

bilden wir, indem wir alle Zahlen in der Menge P multiplizieren und 1 dazu addieren. Durch dieses $+1$ kann n durch keine der bisherigen Primzahlen teilbar sein.

Also ergeben sich zwei Möglichkeiten: Entweder, n ist selbst eine Primzahl, oder n ist durch eine andere Primzahl teilbar, die noch nicht in der Menge P enthalten war. In beiden Fällen haben wir eine neue Primzahl gefunden, was eine Kontradiktion zu unserer ursprünglichen Annahme darstellt, P sei die endliche Menge aller Primzahlen.

Die Menge der Primzahlen muss also unendlich sein, was zu beweisen war.

Beweis durch vollständige Induktion

MORITZ BRANDT

Mit dem Beweisverfahren der vollständigen Induktion beweist man Aussagen, die für alle natürlichen Zahlen ($n \in \mathbb{N}$) gelten sollen. Zunächst beweist man die Gültigkeit der Aussage für $n = 1$ (Induktionsanfang).

Nun zeigt man, dass aus der Gültigkeit der Aussage für ein beliebiges n (Induktionsvoraussetzung) die Aussage dann auch für $n + 1$ gilt (Induktionsschluss).

Beispiel: Gaußsche Summenformel

Es gilt: $1 + 2 + 3 + \dots + n = \sum_{k=1}^n k = \frac{n \cdot (n+1)}{2}$

Induktionsanfang: $\sum_{k=1}^1 k = 1$.

Induktionsannahme: Die Formel sei für ein beliebiges n richtig: $\sum_{k=1}^n k = \frac{n \cdot (n+1)}{2}$

Induktionsschritt: Zeige, dann gilt die Formel auch für $n + 1$:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n k &= \frac{n \cdot (n+1)}{2} \\ \Rightarrow \sum_{k=1}^{n+1} k &= \frac{(n+1) \cdot (n+2)}{2} \end{aligned}$$

Beweis:

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^{n+1} k &= (n+1) + \sum_{k=1}^n k \\ &\stackrel{\text{nach Ind.-Ann.}}{=} n+1 + \frac{n \cdot (n+1)}{2} \\ &= \frac{(n+1) \cdot (n+2)}{2} \end{aligned}$$

Beweis durch Äquivalenz

KATHARINA GRING

Eine weitere Beweistechnik ist der Äquivalenzbeweis. Dabei müssen beide Implikationsrichtungen bewiesen werden, also dass sowohl A aus B folgt als auch dass B aus A folgt. Dies nennt man auch Biimplikation. Man schreibt:

$$A \Leftrightarrow B \equiv (A \Rightarrow B) \wedge (B \Rightarrow A)$$

Man sagt: „A gilt genau dann, wenn B gilt.“

Beispielsweise wird behauptet, dass eine ganze Zahl x genau dann gerade ist, wenn x^2 gerade ist:

x gerade $\Leftrightarrow x^2$ gerade

Beweis: Zunächst wird mit direktem Beweis gezeigt: Ist x gerade, dann ist auch x^2 gerade:
 x gerade $\Rightarrow x^2$ gerade

Wenn x gerade ist, lässt sich x darstellen als $x = 2n$ und es gilt:

$$x = 2n \Rightarrow x^2 = (2n)^2 = 4n^2 = 2 \cdot (2n^2)$$

Also ist x^2 gerade.

Jetzt ist noch die andere Richtung zu zeigen:
 x^2 gerade $\Rightarrow x$ gerade

Die folgenden Aussagen sind äquivalent:

x^2 gerade $\Rightarrow x$ gerade und

x ungerade $\Rightarrow x^2$ ungerade

Wir beweisen die zweite Aussage.

Wenn x ungerade ist, lässt sich x darstellen als $x = 2n + 1$ und es gilt:

$$\begin{aligned} x = 2n + 1 &\Rightarrow x^2 = 4n^2 + 4n + 1 \\ &= 2 \cdot (2n^2 + 2n) + 1 \end{aligned}$$

x^2 ist also ungerade.

Somit wurden beide Implikationsrichtungen bewiesen.

Mächtigkeiten, Zahlenmengen und Unendlichkeiten

KATHARINA GRING

Klärung der Begrifflichkeiten

Bei der Mächtigkeit der Zahlenmengen geht es um die Anzahl der Zahlen. Beispielsweise hat die Menge $M = \{1, 2, 3, 4\}$ die Mächtigkeit 4. Man schreibt: $|M| = 4$.

Die Potenzmenge von M ist die Menge aller ihrer Teilmengen:

$$\begin{aligned} Pot(M) &= \{\{\}, \{1\}, \{2\}, \{3\}, \{4\}, \{1, 2\}, \\ &\quad \{1, 3\}, \{1, 4\}, \{2, 3\}, \{2, 4\}, \\ &\quad \{3, 4\}, \{1, 2, 3\}, \{1, 2, 4\}, \\ &\quad \{1, 3, 4\}, \{2, 3, 4\}, \{1, 2, 3, 4\}\} \end{aligned}$$

Man sieht: $|Pot(M)| = 16$, und allgemein gilt:

$$|M| = n \Rightarrow |Pot(M)| = 2^n.$$

Sieht man sich nun die natürlichen Zahlen \mathbb{N}_0 an und vergleicht sie mit den ganzen Zahlen \mathbb{Z} , kommt die Frage auf, welche der beiden eine größere Mächtigkeit haben.

$$\mathbb{N}_0 = \{1, 2, 3, \dots\}$$

$$\mathbb{Z} = \{\dots - 2, -1, 0, 1, 2, 3, \dots\}$$

Falls m nicht in der Menge A enthalten ist, kann daraus geschlossen werden, dass m gleichzeitig in der Menge enthalten sein muss.

$$m \notin A = A_m \Rightarrow m \in A$$

Aus diesem Widerspruch muss man schließen, dass die Potenzmenge der natürlichen Zahlen nicht abzählbar ist, sie ist also überabzählbar.

Damit ist $|Pot(\mathbb{N})| > \aleph_0$, man setzt:

$$|Pot(\mathbb{N})| > \aleph_1.$$

Die Frage ist nun, was mit den reellen Zahlen ist.

Im Folgenden wird bewiesen, dass die reellen Zahlen ebenfalls überabzählbar sind.

Die Annahme ist hier, die reellen Zahlen seien doch abzählbar, damit man die Aussage durch einen Widerspruch beweisen kann. Hierfür wird nur ein kleiner Teil der reellen Zahlen betrachtet, und zwar die Menge $M_{[0,1]}$ der reellen Zahlen zwischen 0 und 1.

Man geht wie folgt vor, um die Zahlen zu beschreiben:

$$\begin{aligned} r_1 &= 0, r_{11} r_{12} r_{13} r_{14} \dots \\ r_2 &= 0, r_{21} r_{22} r_{23} r_{24} \dots \\ r_3 &= 0, r_{31} r_{32} r_{33} r_{34} \dots \\ r_4 &= 0, r_{41} r_{42} r_{43} r_{44} \dots \\ &\vdots \\ r_n &= 0, r_{n1} r_{n2} r_{n3} r_{n4} \dots \\ &\vdots \end{aligned}$$

Diese Zahlen sind alle reelle Zahlen, die in der Menge $M_{[0,1]}$ enthalten sind. Da man sie nummerieren kann, sind sie abzählbar, doch das Problem ist, dass es mindestens eine Zahl gibt, die nicht in diesem Schema enthalten ist. Nimmt man nämlich von allen Zahlen, die auf diese Art aufgebaut sind, die Stelle r_{ii} und ändert diese Stelle ab, indem man zu dieser Ziffer jeweils 1 addiert (bei der 9 wird diese Ziffer zu einer 0), und bildet so eine neue Zahl r mit diesen Stellen, so wurde eine neue Zahl erschaffen, die noch nicht in diesem Schema enthalten ist:

$$r = 0, r_1 r_2 r_3 r_4 \dots$$

Dabei ist:

$$r_i = r_{ii} + 1$$

Da die Zahl r nicht in diesem Schema bzw. der Menge $M_{[0,1]}$ enthalten ist – und somit die Menge $M_{[0,1]}$ nicht abzählbar ist –, sind die reellen Zahlen auch nicht abzählbar, da die Menge $M_{[0,1]}$ davon eine Teilmenge ist. Dies bedeutet, dass die reellen Zahlen überabzählbar sind, genauso wie die Potenzmenge der natürlichen Zahlen.

Hiermit endet unsere Rundreise durch die Mathematik. Zwei Wochen lang beschäftigte sich der Mathematikurs mit den unterschiedlichsten mathematischen Teilgebieten und stellte dabei fest, dass letztlich doch alles miteinander zusammenhängt. So verbindet das Pascalsche Dreieck Zahlenfolgen mit der Kombinatorik. Der Eiffelturm, ein Fünfeck und ein Tannenzapfen stehen durch den Goldene Schnitt miteinander in Verbindung. Wir hatten sehr viel Freude dabei, das hier Beschriebene zu entdecken, und hoffen, dass wir auch Sie beim Lesen für unsere Rundreise begeistern konnten.

Unser Kurs

Moritz S. Für Moritz hieß die Online-Zeit nicht, drinnen vorm Computer zu sitzen, sondern draußen im Garten an Formeln zu knobeln. Dabei hatte er gelegentlich Gesellschaft von seiner Katze, die ihm sicher auch manchmal die richtige Lösung zumaunzte. Wir sind alle sehr froh, dass er in unserem Kurs gelandet ist, denn er hätte genauso gut den Informatik-Kurs meistern können. Außerhalb unseres Kurses – bei Challenges oder Rätseln – wäre er nie auf die Idee gekommen zu schummeln oder uns etwas zu verraten, egal wie lange wir bettelten. Das zeigt, wie vertrauenswürdig er ist, aber trotzdem alles mit Humor nimmt.

Paul B. war immer ein guter Ansprechpartner für uns und beantwortete alle unsere Fragen. Er trug immer zu unserem Thema passende Shirts, über die wir bei Gelegenheit auch diskutierten. In den letzten fünf Minuten der Sommerakademie wollte er uns noch etwas beibringen, und er riss uns mit seiner

lustigen und verständnisvollen Art immer mit, was unsere Zeit im Kurs gleichzeitig spaßiger und noch interessanter machte.

Moritz B. ist nicht nur in Mathe besonders gut, sondern machte uns auch im Tischtennis platt. In jeder freien Minute war die ganze Gruppe bei der Tischtennisplatte, was unsere Freundschaften vertiefte. Seine Vorliebe für Schokolade machte ihn nur noch sympathischer, genauso wie er während der Vorbereitung unserer Präsentation für sich einstand und seine Ideen verteidigte, was den Vortrag eigentlich nur besser machte.

Matthias Unser Kursleiter Matthias nahm uns mit voller Energie und Elan mit auf unsere Rundreise durch die Mathematik. Mit vollem Einsatz kümmerte er sich um uns und vor allen Dingen darum, wie wir uns am Ende unserer Reise präsentieren. Ihm war es wichtig, unseren Kurs gut zur Geltung zu bringen und unsere Präsentationen, nicht selten durch „Überstunden“, zu perfektionieren. Dadurch lernten wir nicht nur, wie man z. B. Binomialkoeffizienten berechnet, sondern vielmehr, wie wir uns im Team einer Aufgabe stellen und mithilfe von Matthias' wertvollen Tipps eine Präsentation erschaffen, die „Nicht-Mathematikern“ (hoffentlich) einfach erklärt, wie denn nun der Eiffelturm mit Tannenzapfen und der Mathematik zusammenhängt.

Mareike war unsere „emotionale Stütze“ während der Akademie. Mit ihr konnte man über alles reden, sie intervenierte, sobald uns allen die Köpfe rauchten, weil Matthias und Paul so begeistert von etwas waren, und war immer für einen Spaß zu haben. Auch ihre Spiele waren einzigartig, oft einfach zu verstehen, doch für uns Mathematiker gelegentlich verwirrend.

Marie war unser „Nesthäkchen“, von dem niemand gedacht hätte, dass sie so jung ist. Marie konnte nach Ende der zwei Wochen Sommerakademie eine echte Leistung erzielen: Ihrem Vater, einem Mathematiker, etwas zu erklären, was dieser noch nicht wusste! Marie war ein wichtiger Bestandteil unseres Kurses, mit geschickten Überlegungen und Ideen brachte sie unsere Rundreise

auf neue, unentdeckte Wege und war sich nie für eine lustige Bemerkung zu schade.

Katharina war immer hilfsbereit und engagiert, wenn es ans Organisieren ging. Nur beim Tischtennis kannte sie keine Gnade, obwohl sie felsenfest behauptete, das „war keine Absicht“. Mit ihrem Outfit erinnerte sie an eine Sportlehrerin und war beim morgendlichen Zirkeltraining sehr motivierend.

Luis war sehr interessiert an den Themen, die behandelt wurden, und beteiligte sich aktiv daran. Außerdem stellte er viele wichtige Fragen, die die Gruppe zum Vertiefen und Verbreiten von neu zu entdeckenden Gebieten der Mathematik brachte. So landeten wir am Ende bei einem ganz anderen Themenbereich, den unsere Kursleiter gar nicht vorgesehen hatten.

Leonardo war ein Verfechter der Liebe und plädierte regelmäßig dafür, mehr Liebe in unser von Mathe vollgestopftes Gehirn zu bringen, vorzugsweise auch während des Tischtennis. Allerdings war er ein schlechtes Vorbild und stopfte während der zwei Wochen sein Gehirn hauptsächlich mit noch mehr Mathe voll. Er brachte unsere Gruppe sehr weiter und war ein unverzichtbarer Bestandteil des Kurses.

Maja brachte sehr viel Vorwissen zum Mathekurs mit. Fast keine Zahlenfolge war vor ihr sicher. Ihr Wissen brachte sie immer motiviert und verständlich ein. Mathe war insgesamt der perfekte Kurs für sie: Das Tolle an Mathe ist für sie, dass sowohl Versuche als auch Ausflüge in die Natur, bei denen einem Schnecken und Pilze begegnen könnten, nicht häufig sind. Den Witz: „Zwei Schnecken treffen sich im Wald. Die eine hat ein blaues Auge. Auf die Frage, wie das entstanden sei, antwortet sie: ‚Da war ich neulich im Wald und zack, auf einmal schießt so ein verantwortungsloser Pilz vor mir aus dem Boden. Da konnte ich nicht mehr ausweichen.‘“ fand Maja begrenzt witzig.

Paul K. denkt viel schneller, als er sprechen kann – und das will etwas heißen, denn auch beim Sprechen überholt er sich manchmal selbst. Von außen sah man ihm die Begeis-

terung für die Mathematik schon von Weitem an, denn er trug immer ein T-Shirt mit einem mathematischen Bild oder Spruch. Ohne Paul wäre der Kurs bestimmt langweiliger gewesen, denn sein schnelles und manchmal sprunghaftes Denken führte uns oft zu Themen, die nicht direkt geplant waren, aber unseren Horizont dennoch erweiterten.

Elisa hat das besondere Talent, ihr Wissen nicht sofort jedem zeigen zu müssen, auch wenn sie, einmal mit den Geometrie-Aufgaben angefangen, schneller fertig war, als wir anderen kucken konnten. Genauso lief es bei zahlreichen Tischtennisrunden, bei denen sie sehr bemüht war, uns den

Ball so nett zuzuspielen, dass ihr das am Ende häufig selber zum Verhängnis wurde. Trotzdem gab sie beim Tischtennis nie auf, was uns viele lustige Stunden brachte.

Lisa war und ist ein beliebtes Mitglied unserer Gruppe. Aber nicht nur das. Sie erstaunte uns ganz schön, als sie ganze 45 Liegestütze am Stück schaffte und damit alle in den Schatten stellte. Beim Tischtennisspielen fehlte uns meistens ein Schläger. Doch Lisa fand sich bereit, ohne zu spielen. Das tat ihrem Können aber keinen Abbruch – einige Male gewann sie sogar ohne Schläger gegen alle anderen. Alles in allem ist Lisa eine bewundernswerte Person und war eine Bereicherung für unsere Gruppe.



Kurs 4 – Blut: ein ganz besonderer Saft



Unser Kurs

Anne war mit ihrer lustigen und sympathischen Art immer eine gute Gesprächspartnerin, die für jeden Spaß zu haben war. Sie war immer zu allen freundlich, und wir schlossen sie mit ihren pragmatischen Kommentaren sofort ins Herz. In der Musik-KüA konnte sie außerdem ihre musikalischen Fähigkeiten am Horn beweisen.

Celine wirkte anfangs eher bescheiden und ein bisschen schüchtern, aber ihr liebes Lächeln verzauberte uns sofort. Am Karaokeabend überraschte sie uns alle mit ihrem wahn sinnigen Talent für das Singen, aber auch fachlich überzeugte sie mit ihrer Kreativität.

David war immer ein Stimmungsgarant, und mit seiner sympathischen Art kam er überall gut an. Sein sportliches und musikalisches Engagement wurde uns vor allem in

der Präsenzzeit in Adelsheim bewusst. Die Motivation, mit der er uns Tag für Tag erstaunte, zeigte sich sowohl im Kurs als auch im Erstellen von Raptexten und Rappen von Eminem-Songs.

Eva fiel direkt durch ihre entspannte und offene Art auf. Im Kurs war sie für die gute Laune zuständig und immer am Lachen. Sie konnte zu jedem Thema einen guten Kommentar abgeben und arbeitete bei Gruppenaufgaben natürlich immer mit Jule zusammen.

Georg gehörte in vielerlei Hinsicht zu den ganz besonderen Teilnehmern der Akademie. So war er derjenige, der immer einen eloquenten Ausdruck für eine simple Sache fand. Darüber hinaus prägte er den Aufenthalt in Adelsheim mit seinem einzigartigen Humor und seinen schlagfertigen Antworten.

Greta personalisierte die Motivation in Person. Mit ihrer sehr korrekten und fachlichen Ausdrucksweise brachte sie uns gerne zum Schmunzeln. Sie trug den Kurs mit ihren interessanten Fragen, war aber auch in der freien Zeit eine äußerst sympathische beste Freundin für uns.

Jule war mit ihrer lockeren, aufgeschlossenen Art diejenige, die für viele Lacher und eine entspannte Atmosphäre während der ganzen Akademiezeit sorgte. Sie lief dauerhaft mit ihren Nikeletten herum und überzeugte mit großer Hilfsbereitschaft und Sympathie.

Julia stellte mit ihren interessanten Fragen und ihrer begeisterungsfähigen Art immer einen tragenden Teil des Kurses dar. Aber auch in der freien Zeit war sie als Ruhepol und lustige beste Freundin sehr beliebt.

Kürsad schaffte es durch seine immer gute Laune und seine ruhige und entspannte Natur, stets die Moral der Gruppe hochzuhalten, und war als Ruhepol wichtig für die Stimmung. Zudem fiel er mehrfach als Improvisations- und generelles Präsentationstalent auf, was ebenfalls an seiner offenen und zuvorkommenden Art liegen kann.

Paul kam in unseren Kurs mit einem enormen Vorwissen, und man hätte denken können, er wäre ein junger Arzt. Beim näheren Hinschauen handelt es sich auch noch um einen lebensfrohen und coolen Jungen, der alle mit seiner musikalischen Begleitung und seinem Eminem Rappen erstaunte. Im Kurs war er auch immer höchst motiviert dabei und war immer sehr hilfsbereit.

Wenzel war mit seinem Verbreiten von guter Laune, seinem Spaß am Singen und Tanzen immer ein Feuer an Energie und Lebensfreude. Vor allem am Karaokeabend hatte er Freude daran, dem ganzen Kurs einen Ohrwurm von „Bad Romance“ zu beschenken. Doch auch während der Kurse stellte er aufgrund seiner enormen Neugier interessante und tragende Fragen.

Anna war unsere Expertin für Biochemie und konnte uns alle Fragen mehr als ausführlich erklären. Nur dank ihrer Hilfsbereitschaft konnten wir die Zellatmung und weitere signifikante Themen in diesem Bereich ver-

stehen. Sie diente uns sogar als Probandin, sodass wir viele interessante Experimente durchführen konnten.

Jana überzeugte mit ihrer fachlichen Kompetenz und konnte uns auf erstaunliche Art und Weise die komplexesten Themen präzise erklären. Des Weiteren war sie als Teebar-Gründerin stets mit einer Teetasse anzutreffen und auch ihre tollen Backkünste konnten wir bewundern.

Johanna konnte als weitere Kursleiterin wie Jana mit ihrer fachlichen Kompetenz überzeugen und strahlte stets ein ansteckendes Lächeln aus. Ihre gute Laune und Hilfsbereitschaft stellten das Zentrum der „Unterrichtseinheiten“ dar.

Leo war immer sehr engagiert und bescherzte uns viele wunderbare Fotos von der Kursarbeit. An seinem Umweltbewusstsein, das durch seine Fahrradkenntnisse ergänzt wurde, war leicht zu erkennen, wie sehr er dem Zeitgeist der heutigen Generation entspricht.

Vorwort

LEO NEFF

Jeder kennt es: Einmal beim Schnitzen nicht hingesehen und schon leuchten sowohl der Finger als auch der Stock knallrot vom Blut. Aber was ist das für ein Saft, der uns da aus dem Finger tropft? Und wieso ist er so tiefrot?

Sei es ein Sturz aufs Knie, eine herumliegende Glasscherbe oder der Schnitt in den Finger – die meisten Menschen sind nicht glücklich darüber, Blut zu sehen – ganz im Gegensatz zu den elf Teilnehmerinnen und Teilnehmern des diesjährigen Medizinkurses. Während unserer zwei intensiven Wochen mikroskopierten wir blutige Objektträger, maßen Blutsenkungsgeschwindigkeiten sowie den eigenen Puls und Blutdruck unter verschärften Akademiebedingungen. Und wir seziierten Schweineherzen, sehr zur Freude aller unserer motivierten und eifrigen Teilnehmerinnen und Teilnehmer.

Eine imaginäre Familie musste in einer Rahmenerzählung für jede der „behandelten“ Erkrankungen herhalten: An deren Krankenge-

schichte hangelten wir uns von Blutgerinnung über Diabetes bis hin zu den Zellen in unserem Blut und vielen weiteren Themen. Neben spannenden Theorieeinheiten und Gruppenarbeit in fröhlicher und entspannter Atmosphäre experimentierten wir in den ersten Tagen online und tauschten uns auch mit betroffenen Patientinnen und Patienten über ihren Alltag aus, den sie mit ihren Erkrankungen bewältigen.

Das letzte Drittel der Akademie dann direkt in Adelsheim zu erleben, war nochmal etwas ganz Besonderes: Wir konnten den außergewöhnlichen Saft namens Blut im „Real Life“ entdecken, uns auch als Gruppe in „3D“ intensiver kennenlernen und viel Spaß miteinander haben. Das hat uns alle nochmal stärker zusammengeschweißt und zu einer tollen Gemeinschaft werden lassen.

Und jetzt wünschen wir viel Spaß beim Eintauchen in unser ... Herzblut!

Das Herz

JULE REICHERT, EVA KAWERAU

Wie wird das Blut im ganzen Körper verteilt, sodass es zu jeder Zelle gelangen kann? Für diese Aufgabe ist unser Herz zuständig. Indem es pumpt, versorgt es uns mit Nährstoffen und Sauerstoff. Nur auf diese Weise können unsere Zellen arbeiten und unser Körper funktionieren.

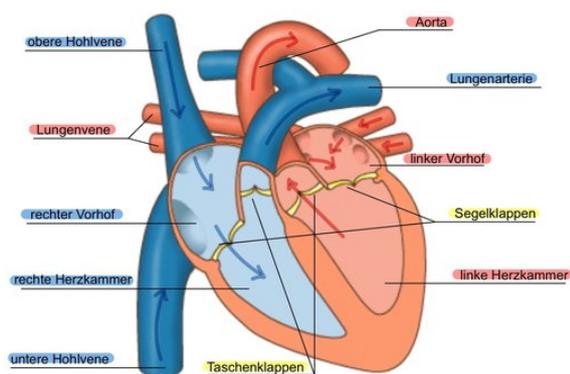


Abb. 1: Der Blutfluss durch das menschliche Herz¹

Das Blut wird über Blutbahnen durch den Körper geleitet. Als Arterien werden die Blutbahnen bezeichnet, die vom Herzen wegführen und

¹Abbildung: Wikimedia (gemeinfrei, bearbeitet)

das sauerstoffreiche Blut (meist rot dargestellt) in jede einzelne Zelle transportieren. Im Gegenzug führen die Venen zum Herzen hin und transportieren sauerstoffarmes Blut (meist blau dargestellt) aus den Zellen zurück ins Herz. Die einzige Ausnahme hierfür sind die Lungenarterie, die sauerstoffarmes Blut in die Lunge befördert und die Lungenvene, die sauerstoffreiches Blut zurück zum Herzen transportiert.

Unser Herz ist ein großer Hohlmuskel, der in der Mitte unseres Brustkorbs leicht versetzt nach links sitzt. Es ist vom Perikard (Herzbeutel) umgeben. Dabei handelt es sich um Bindegewebe, das, ebenso wie kleine Fetteinlagerungen, als Schutzhülle dient. Aufgrund der ständigen Tätigkeit des Herzens verbraucht es viel Energie und wird mithilfe von umliegenden Blutgefäßen versorgt. Außerdem wird das Herz in eine linke und rechte Herzhälfte unterteilt, die von der Herzscheidewand getrennt werden. Diese Hälften sind wiederum jeweils in Atrium (Vorhof) und Ventrikel (Herzkammer) unterteilt. Zwischen Atrium und Ventrikel liegen Segelklappen, die den Blutrückfluss des Blutes verhindern, indem sie sich nur in eine Richtung öffnen können. Sie werden dabei von Papillar-sehnen stabilisiert. Von den Kammern führt jeweils eine große Arterie vom Herzen fort. Arterien und Herzkammern werden ebenfalls von Klappen, den Taschenklappen, getrennt.

Blutfluss

Aber wie gelangt das Blut nun vom Herzen bis zu den Zellen?

Sauerstoffarmes Blut fließt durch die obere und untere Hohlvene in das rechte Atrium. Von dort gelangt es durch die Segelklappen in den rechten Ventrikel, von wo es durch das Zusammenziehen des Herzmuskels durch die Taschenklappen in die Lungenarterie und damit Richtung Lunge gepresst wird. In der Lunge, bzw. in den Lungenbläschen, findet der Gasaustausch statt und das sauerstoffarme Blut wird wieder mit Sauerstoff angereichert und kann das Abfallprodukt Kohlenstoffdioxid, das es aus den Körperzellen mitgebracht hat, abgeben. Anschließend wird das nun sauerstoffreiche Blut durch die Lungenvene zurück zum Herzen in

das linke Atrium transportiert. Durch Segelklappen gelangt es nun in den linken Ventrikel und durch Taschenklappen in die Körperarterie, genannt Aorta. Diese ist die größte Arterie unseres Körpers. Das Blut kann von dort aus im gesamten Körper verteilt werden.

Sezieren eines Schweineherzens

Nach der theoretischen Einführung seziierten wir in Adelsheim ein Schweineherz und konnten so den Aufbau besser nachvollziehen. Dazu benötigten wir ein Skalpell und wie immer Handschuhe, Schutzbrille und Laborkittel.

Anfangs schauten wir uns das Herz von außen genau an und konnten die verschiedenen Strukturen gut erkennen. Wer hätte gedacht, dass auch unser Herz zwei Ohren besitzt? Dann begannen wir damit, das Herz seitlich mithilfe eines Skalpells aufzuschneiden, sodass wir den Aufbau von innen betrachten konnten. Dabei konnten wir die Papillarsehnen und die Segelklappen erkennen. Um den Blutfluss besser zu verstehen, fassten wir mit unseren Fingern durch die Arterien und Venen.



Abb. 2: Sezieren von Schweineherzen

Artificial Heart Design Challenge

Bei der „Artificial Heart Design Challenge“² handelte es sich um einen Prozess, bei dem wir

²Artificial Heart Design Challenge: The source of this material is the TeachEngineering digital library collection at www.TeachEngineering.org. All rights reserved.

https://www.teachengineering.org/activities/view/mis_heartbloodflow_act

ein Problem lösen sollten. Es ging um die Frage, wie man ein funktionierendes künstliches Herz entwickeln könnte. Dies geschah, indem wir verschiedene Schritte bearbeiteten.

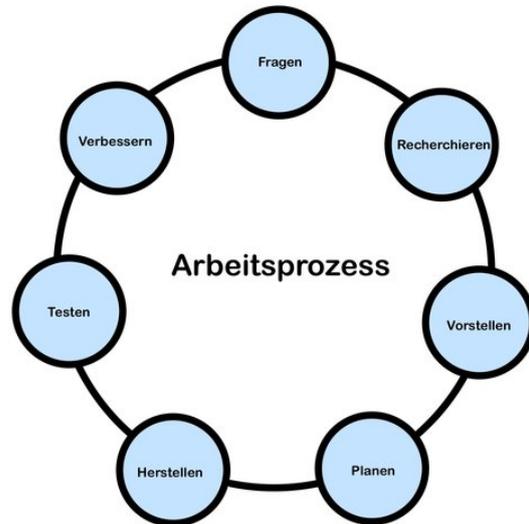


Abb. 3: Wie plane ich ein künstliches Herz?

Im ersten Schritt beschäftigten wir uns mit dem Grundproblem. Wir fragten uns, was so ein künstliches Herz leisten muss und welche Anforderungen wir an dieses haben.

Danach begannen wir mit der Recherche. Hierzu überlegten wir uns, wie der Herzaufbau aussieht und wie der Blutfluss funktioniert. Dazu erstellten wir ein Flow-Chart, welches den Weg des Blutes beschrieb. Anschließend fassten wir die technischen Anforderungen an das gesamte künstliche Herz zusammen.

Der nächste Schritt war „Vorstellen“. Hier nutzten wir Brainstorming, um Wege zu finden, wie man die zuvor festgelegten Anforderungen umsetzen könnte. Die dabei entstandenen zahlreichen Lösungsansätze wurden jeweils kurz beschrieben.

Die vierte Aufgabe war das Planen. Wir suchten uns den besten Lösungsansatz heraus und überlegten, welche Bauteile wir brauchen würden, um die Idee in der Realität umzusetzen.

Im fünften Schritt würden nach dem Schema die geplanten Ideen umgesetzt und getestet werden, um Probleme zu identifizieren. Diesen Schritt mussten wir leider überspringen und wir kamen somit direkt zum letzten Schritt: „Verbessern“. Hier versuchten wir, aus allen

Vorschlägen ein abschließendes Produkt zu entwickeln und alle Ideen und zuvor gewonnenen Erkenntnisse mit einzubringen und zu berücksichtigen.

Blutdruck und Puls

EVA KAWERAU

Die Aktivität des Herzens lässt sich auch von außen gut spüren und messen. Wir können den Herzschlag als Puls direkt fühlen und den Druck, mit dem unser Herz Blut durch die Arterien pumpt, mithilfe eines Blutdruckmessgerätes ermitteln.

Beim Herzschlag unterscheidet man zwischen zwei Zuständen, die sich auch in der Messung des Blutdrucks wieder finden lassen: Die Systole beschreibt den Zustand, wenn sich das Herz zusammenzieht und Blut durch den Körper gepumpt wird. Die Diastole zeigt unser Herz im entspannten Zustand, bei dem sich die Kammern erneut mit Blut füllen. Bei einer Blutdruckmessung wollen wir sowohl den systolischen als auch den diastolischen Wert herausfinden. Jedes Mal, wenn unser Herz Blut durch unsere Arterien pumpt, wird das Blut gegen die Arterienwände gedrückt. Dies können wir als Puls wahrnehmen, indem wir z. B. zwei Finger auf unser Handgelenk legen. Unser Puls gibt an, wie oft unser Herz pro Minute schlägt.

Der Puls kann durch körperliche Aktivität erhöht werden. Wenn wir uns beispielsweise sportlich betätigen, erhöht sich der Sauerstoffbedarf in unseren Zellen. Unsere Muskeln bilden durch Zellatmung CO_2 , das abtransportiert werden muss. Durch den erhöhten Energiebedarf und die Produktion von CO_2 wird ein schnellerer Transport benötigt, weshalb unser Herz schneller pumpt. Oft spüren wir nach dem Sport das schnelle Schlagen unseres Herzens sehr deutlich.

Im Alter, bei Übergewicht oder bei einem Mangel an Bewegung kann es vorkommen, dass der Blutdruck über einen längeren Zeitraum zu hohe Werte annimmt. Durch dauerhaften Bluthochdruck werden Organe – insbesondere unser Herz – beschädigt, da es dauerhaft

auf Höchstleistung arbeiten muss. Dies kann langfristig zu einer Herzinsuffizienz führen.

Versuch

Um verschiedene Parameter zu untersuchen, die einen Einfluss auf Blutdruck und Puls haben, führten wir während des Eröffnungswochenendes einige Versuche dazu durch. Dafür teilten wir uns in Gruppen mit jeweils drei Leuten auf und untersuchten unseren Puls und unseren Blutdruck unter verschiedenen Umständen mithilfe eines elektrischen Blutdruckmessgerätes.



Abb. 4: Blutdruckmessen mit Manschette und Stethoskop

Um einen Vergleichswert zu haben, begannen wir mit beiden Werten im Ruhezustand. Anschließend beobachteten wir, welche Auswirkung verschiedenste Sportübungen, wie z. B. Treppensteigen auf unseren Körper haben oder wie die Position des Arms während der Messung die Werte beeinflusst. Die Ergebnisse des Versuches waren:

Puls: Bei einer Änderung der Armposition erhöhte sich der Puls nur minimal. Sport und Treppensteigen dagegen führten zu einer deutlichen Erhöhung im Vergleich zum Ruhepuls.

Systole: Weder bei einer Veränderung der Position noch bei sportlicher Betätigung konnten wir mit unserer Messung einen nennenswerten Unterschied der Werte erkennen.

Diastole: Die Diastole reagierte in unserem Versuch sehr deutlich auf die kleinsten Veränderungen. Hier war der Druck bei gesenktem Arm höher als bei erhobenem Arm. Auch Sport erhöhte die Werte der Diastole leicht.

In unserer Zeit in Adelsheim maßen wir unseren Blutdruck außerdem mithilfe einer Blutdruckmanschette und eines Stethoskops. Den Ablauf kennt man vielleicht von einem Arzttermin. Dabei wird die Blutdruckmanschette um den Oberarm gelegt und aufgepumpt. Dadurch werden die Arterien zusammengedrückt und der Blutfluss wird gestoppt. Nach und nach wird der Druck in der Manschette abgelassen. Sobald das Blut fließt, entstehen kleine Verwirbelungen, die durch das Stethoskop als Geräusche (die sogenannten Korotkow-Geräusche) wahrgenommen werden können. Beginn und Ende des Auftretens dieser Geräusche markieren dabei den systolischen und den diastolischen Blutdruck.

Blutzellen und Mikroskopie

KÜRSAD KUMRU

Das Blut, welches in uns allen fließt, ist wohl eine der wichtigsten Flüssigkeiten unseres Körpers. Nachdem wir nun schon besprochen haben, wie das Blut im Körper verteilt wird, bleibt noch die Frage: Woraus besteht denn dieses „flüssige Organ“?

Das Blut lässt sich im Grunde in zwei Hauptbestandteile unterteilen: Das Blutplasma, welches rund 55 % ausmacht, und die Blutkörperchen mit einem Anteil von 45 %.

Nun stellt sich wohl die Frage, was das Blutplasma ist und woraus es besteht. Es setzt sich aus 91 % Wasser, 7 % Proteinen und 2 % anderen Stoffen zusammen. Die anderen Stoffe sind größtenteils Nährstoffe, Hormone und Mineralien. Das Blutplasma dient als Transportmedium unter anderem für Glucose und Hormone, zugleich erfüllt es aber auch die Funktion eines Speicherorts für Gerinnungsfaktoren, die

bei der Hämostase, also der Blutstillung, einen integralen Bestandteil bilden.

Blutzellen

Die Blutzellen sind äußerst ungleichmäßig aufgeteilt. Rund 98 % werden nämlich von den Erythrozyten (rote Blutkörperchen) gestellt, wohingegen die Leukozyten (weiße Blutkörperchen) und Thrombozyten (Blutplättchen) die übrigen 2 % einnehmen.

Die wichtigsten Zellen des Blutes sind also die Erythrozyten, Thrombozyten, Lymphozyten, Monozyten und Granulozyten, wobei die letzten drei unter die Oberkategorie der Leukozyten fallen und selbst noch einmal unterteilt werden könnten. Sie alle drei zeichnet aus, dass ihre Zuständigkeit in der Immunabwehr liegt. Wir haben diese Zellen unter dem Mikroskop beobachtet, von dem Zeitraum des Eröffnungswochenendes bis hin zum Beginn der Akademie viel über sie gelernt und Präsentationen gestaltet. Letztendlich konnten so alle durch die Vorträge der anderen Gruppen das Wichtigste in Kürze in Erfahrung bringen. Thematisiert wurde in diesen Vorträgen Allgemeines, Funktionen und Krankheiten.

Folglich stellt sich nun die Frage nach den Funktionen der obigen Blutbestandteile. Beginnen wir mit den Erythrozyten, die den bei weitem größten Anteil an den Blutzellen einnehmen. Sie sind für den überaus wichtigen und im ganzen Körper nötigen Sauerstofftransport zuständig. Um dieser Aufgabe nachgehen zu können, bestehen sie zu einem großen Teil aus dem sauerstoffbindenden Protein Hämoglobin, welches zugleich auch CO₂ binden kann.

Die kleinsten Blutzellen sind die Thrombozyten, welche für die Blutgerinnung verantwortlich sind. Sie übernehmen hierfür die Adhäsion (Anheftung) und Aggregation (Verklumpung), sodass Blutungen gestoppt und Wunden geschlossen werden können. Hierfür sind die „von-Willebrand-Faktoren“, an denen sie sich erst anheften müssen, von großer Relevanz. Ebenso braucht es die Gerinnungskaskade, um die Thrombozyten in den aktiven Zustand zu bringen, damit sie ihrer Aufgabe nachkommen können. Unter dem Begriff „Gerinnungskaskade“

versteht man einen schon fast umständlich wirkenden Vorgang, bei welchem letztendlich ein stabiles Aggregat aus Fibrin entsteht. Die an diesem Vorgang beteiligten Eiweiße heißen Gerinnungsfaktoren (mehr dazu im Kapitel Blutgerinnung).

Nun sind die ersten beiden Vertreter der Leukozyten, nämlich die B- und T-Lymphozyten an der Reihe. Sie beide bekämpfen körperfremde, potentiell schädliche Stoffe, also Pathogene. Hierzu gehören Viren, Bakterien oder Pilze, die allesamt dem Körper schaden können. Die beiden Lymphozyten unterscheiden sich jedoch auch. So sind die T-Lymphozyten zugleich auch Regulatoren, die einer zu heftigen Reaktion des Körpers entgegenwirken und mit der Aufgabe der Erkennung von Gewebeschäden beauftragt sind. Die B-Zellen hingegen können nach Infektionen Gedächtniszellen bilden, die sich die Antigene und passende Antikörper merken, so dass gegen eine erneute Infektion schneller vorgegangen werden kann.

Die Monozyten bzw. Makrophagen gehören zu den Phagozyten, also Fresszellen. Entsprechend gehen sie auch ihrer Tätigkeit der Immunabwehr nach: Sie „fressen“ Pathogene auf und zerstören diese.

Die Funktionen der Granulozyten, die in die Neutrophilen, Eosinophilen und Basophilen unterteilt werden, sind im Grunde dieselben: Identifikation und Zerstörung körperfremder Organismen. Untereinander unterscheiden sie sich maßgeblich in der Art dieser Organismen und in ihrer Farbe, die sie nach einer Färbung zum Mikroskopieren annehmen.

Mikroskopie

Somit gelangen wir auch zum nächsten Thema: dem Mikroskopieren!

Schon während der Onlineakademie hatten wir als Medizinkurs die verschiedenen Blutzellen mitsamt ihren Aufgaben kennengelernt und über eine Internetseite auch vor den Laptops, Blutzellen unter dem Mikroskop beobachten können. Mit diesem Vorwissen konnten wir die Zeit in Adelsheim perfekt für das praktische Arbeiten nutzen. Hier galt es – nach der obligatorischen Sicherheitsbelehrung –, zunächst



Abb. 5: Mikroskopie der Blutzellen

einmal die Objektträger, auf denen sich das abgeflamte und somit sterile Blut befand, einzufärben (Abb. 6). Der Vorgang des Färbens war notwendig, um die einzelnen Zellen besser erkennen und voneinander unterscheiden zu können. Hierfür wurde zum einen die May-Grünwald-Lösung und zum anderen die Giemsa-Färbung benutzt. Je nach Beschaffenheit und pH-Wert verschiedener Zellen und deren Bestandteile wurden die Komponenten des Blutes verschieden stark blau oder rot eingefärbt, was es uns ermöglichte, die Zellen deutlich besser zu erkennen.



Abb. 6: Färbung der Blutaussstriche

Als das Mikroskopieren dann begann, fiel zunächst die unglaublich gewaltige Menge der Erythrozyten auf (Abb. 7). Auch wenn wir ihren Anteil an den Blutzellen schon kannten, war dieser Anblick dann doch überraschend.

Die kleinsten der Blutzellen, die Thrombozyten (Blutplättchen), waren erst nach starkem

Vergrößern zu erkennen. Unter dem Lichtmikroskop in Adelsheim war es so gut wie unmöglich, überhaupt welche zu erkennen. Sie gingen in der überwältigenden Anzahl der Erythrozyten regelrecht unter.

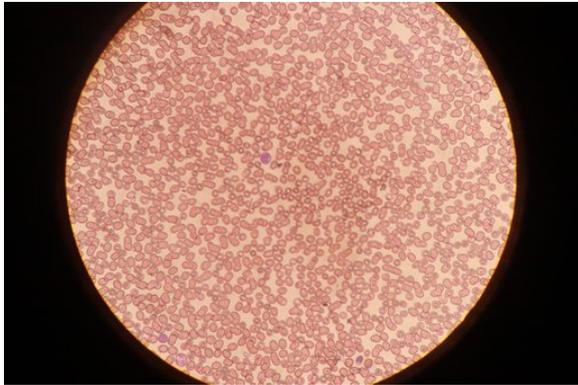


Abb. 7: Der Blutausstrich unter dem Lichtmikroskop

Bei der digitalen Mikroskopie waren auch noch Lymphozyten, Monozyten und Granulozyten zu erkennen, die man unter dem Mikroskop in Adelsheim allerdings etwas schwerer auseinanderhalten konnte.

Blutsenkung

ANNE TREIER

Eine kleine Menge an Tomatensaft, Olivenöl, Reisstärke und anderen Substanzen, und schon kann man die Blutsenkungsgeschwindigkeit (kurz auch BSG) perfekt zu Hause nachmodellieren (Abb. 8). Dies durften wir auch an unserem zweiten Akademietag online ausprobieren und haben dabei den Prozess der Trennung des Blutplasmas und der Blutzellen in Anbetracht verschiedener Krankheiten kennengelernt. Doch was ist die BSG genau und was kann sie über das Blut aussagen?

Wie schon erwähnt, kann man das Blut in zwei Bestandteile einteilen: die Blutzellen und das Blutplasma. Dabei wird die BSG unter anderem von den Blutzellen und vor allem ihrer Anzahl, Form und Gestalt beeinflusst, durch die sie sich unterschiedlich von dem Blutplasma absetzen, also nach unten sinken. Durch das Ablesen der Millimeter in einem Reagenzglas nach einer Stunde (mm/h) lässt sich feststellen, ob

dieser Vorgang verlangsamt oder zu schnell abläuft und somit beispielsweise eine Entzündung oder bösartige Erkrankung vorliegen könnte. Um jedoch das Prinzip dahinter verstehen zu können, muss man einen genaueren Blick auf die Erythrozyten werfen.

In gesundem Blut sind Erythrozyten leicht negativ geladen und haben eine bikonkave Form, um gut selbst durch die kleinsten Blutgefäße fließen zu können. Allerdings kann es vorkommen, dass diese Eigenschaften durch bestimmte Krankheiten nicht oder nur teilweise vorhanden sind, wie zum Beispiel bei Rheuma. Hierbei kommen die zwei Proteine Fibrinogen und Globulin verstärkt vor, welche wie ein Kleber wirken und demgemäß eine verstärkte Zusammenlagerung der Erythrozyten, auch unter dem Namen Erythrozytenaggregation bekannt, hervorrufen können. Die roten Blutkörperchen haben durch diese Verklumpung eine größere Masse und sinken somit schneller und besser. Dies hat zur Folge, dass die BSG erhöht ist.



Abb. 8: Blutsenkungsgeschwindigkeit im Heimlabor:

1. Blutmodell – Gesund
2. Blutmodell – Rheuma
3. Blutmodell – Leukozytose
4. Blutmodell – Sichel-Zell-Anämie

Einen gegensätzlichen Effekt können wir bei der Sichelzellenanämie beobachten. Dort haben die Erythrozyten nicht ihre klassische Form und können sich nicht mehr so gut zusammenlagern. Sie sind größer und leichter aufgrund einer sichelartigen Form und können daher nicht so schnell absinken wie ihre gesunden Pendanten,

was dementsprechend zu einer niedrigeren BSG führt. Ein weiterer Zustand, den wir nachmodelliert haben, war die Leukozytose, bei welcher die Anzahl der weißen Blutkörperchen erhöht ist. Dabei erhöhen sich die negativen Ladungen auf den Erythrozyten, was zu einer größeren Abstoßung führt und daher die BSG ebenfalls erniedrigt.

Grundsätzlich lässt sich aber sagen, dass die Untersuchung der Blutsenkung nicht zu einer genauen ursächlichen Diagnose führt, sondern in der Medizin mehr als Ausschlussverfahren oder Hinweis auf eine Krankheit genutzt wird und dementsprechend meist weitere zielführende Untersuchungen nach sich zieht.

Osmose

JULIA KEHRER

Osmose – was bedeutet das?

Osmose beschreibt den Ausgleich von Konzentrationen und ist eine Form der Diffusion (passiver Molekültransport durch Brownsche Molekularbewegung). Damit die Osmose eintritt, muss es eine selektiv permeable Membran geben, eine teildurchlässige Membran, die nur für bestimmte Stoffe, wie Wasser, aber nicht für andere Stoffe, wie Salz, durchlässig ist. Der Druck, der dabei aufgebaut wird, wird osmotischer Druck genannt. Veranschaulicht wird die Osmose in Abbildung 9.

In der rechten Hälfte befindet sich eine Lösung mit weniger Salz, in der linken Seite eine mit höherer Salzkonzentration. Die Teilchen bestreben nun den Ausgleich der Konzentration, jedoch kann nur Wasser durch die Membran hindurch gelangen. Das Wasser fließt nun vom Ort mit der niedrigeren Konzentration in Richtung des Ortes mit der höheren Konzentration, bis der Konzentrationsausgleich vorliegt. Dabei steigt der Wasserstand im linken Teil des Rohres an. Der Druck, der dabei gegenüber dem rechten Teil des Rohres entsteht, wird osmotischer Druck genannt und ist für Zellen in unserem Körper besonders wichtig.

Hierzu führten wir einen Versuch durch: Blut wurde jeweils mit einer 10 %-igen Salzlösung, mit einer 0,9 %-igen Salzlösung und mit de-

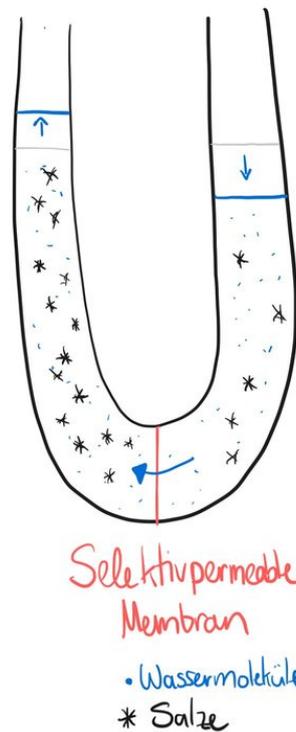


Abb. 9: Osmose durch eine selektiv permeable Membran

stilliertem Wasser verdünnt. Bei der 10 %-igen Lösung (hypertone Lösung, zu hohe Salzkonzentration) kommt es zum Schrumpfen der Zellen, da Wasser austritt. Bei 0,9 % Salz hat die Lösung den gleichen osmotischen Druck wie unsere Zellen (isoton) und die Zellen verändern sich nicht. Das destillierte Wasser ist hypoton (zu niedrige Salzkonzentration), hier dringt Wasser in die Zellen ein und es kommt zum Anschwellen und Platzen dieser. In Abbildung 10 erkennt man, dass das Blut mit der 10 %-igen Salzlösung durch die geschrumpften Zellen trüb und hell erscheint. Zwischen der 0,9 %-igen Salzlösung und dem destillierten Wasser ist nur ein leichter Farbunterschied des Blutes zu erkennen.

Zellatmung

ANNE TREIER

Wir kennen das alle: Wenn wir nicht essen, werden wir schlapp und müde, da unser Körper nicht mehr genügend Energie hat. Doch woher nimmt er diese Energie? In unserer Nahrung be-

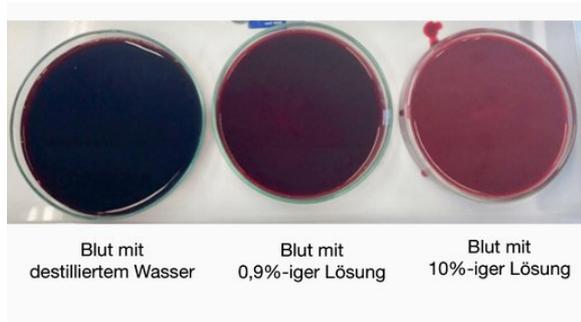


Abb. 10: Blut im Osmose-Versuch

finden sich unter anderem Kohlenhydrate und Zucker, die während der Verdauung schließlich in ihre kleinste Form, Glucose, zerteilt werden. Diese Glucose wandert mit dem Blut in die Zellen, wo zusammen mit dem eingeatmeten Sauerstoff ein wichtiger biochemischer Prozess stattfindet, aus dem wir Energie gewinnen und speichern können: die Zellatmung.

Sauerstoff und Glucose werden zu Kohlenstoffdioxid und Wasser umgewandelt, während Energie in Form von ATP (ein Energieträger namens Adenosintriphosphat) frei wird. Im Kurs hatte jeder schon einmal etwas von der Formel der Zellatmung aus dem Bio-Unterricht gehört, jedoch kannten wir nicht so genau den biochemischen Prozess, der sich dahinter verbirgt.

Durch das Protein Hämoglobin gelangt der Sauerstoff über die Kapillaren in unsere Zellen, damit in den Mitochondrien, den Kraftwerken der Zelle, die Zellatmung stattfinden kann. Hämoglobin besteht aus vier Globin-Untereinheiten mit jeweils einem Eisenion, das in der Lage ist, ein Sauerstoffmolekül zu binden und wieder abzugeben. Zusätzlich gelangt Glucose aus der Nahrung durch das Blut in die Mitochondrien, worauf der chemische Prozess für die Herstellung von ATP folgt.

Zuerst wird Glucose bei der Glykolyse in zwei Pyruvat-Moleküle gespalten, wobei zwei ATP und zwei $\text{NADH}+\text{H}^+$, die sogenannten Elektronencarrier, entstehen. Das Pyruvat in die Mitochondrien transportiert wird und dies wiederum andere chemische Prozesse auslöst, ist wichtig für den Citronensäurezyklus, der wie eine konstante Drehscheibe in den Mitochondrien funktioniert. Dabei werden zwei CO_2 -Moleküle, ein ATP, ein FADH_2 und drei $\text{NADH}+\text{H}^+$ frei und somit weitere Elektronencarrier und CO_2 ,

welches man in der Reaktionsgleichung der Zellatmung wiederfinden kann.

In der inneren Zellmembran der Mitochondrien befinden sich Proteine, die Elektronen, die die Elektronencarrier loswerden wollen, aufnehmen und weiterleiten können. Die negativen Ladungen werden von einem zum nächsten Protein weitergegeben und dadurch, dass $\text{NADH}+\text{H}^+$ seine zwei Elektronen nun abgibt, werden H^+ (Protonen) frei. Diese Protonen werden über die gleichen Proteine in den Membranzwischenraum transportiert. Da sich jetzt mehr positiv geladene Wasserstoffionen außen an der Membran befinden, baut sich ein osmotischer Druck auf – analog zu einem Pumpspeicherkraftwerk, bei dem Wasser auf einen hohen Berg gepumpt wird und somit Potential zur Energiegewinnung bringt. So haben auch die Wasserstoffionen das Bestreben, wieder in das Mitochondrieninnere zurück zu kehren, und sie gelangen dorthin durch die ATP-Synthase. Die dabei entstehende Durchflussenergie wird genutzt, um 28 ATP zu bilden. Zusammen mit Sauerstoff, zwei Wasserstoffprotonen und den Elektronen entsteht zu guter Letzt H_2O , also Wasser, was man in der Reaktionsgleichung ebenfalls ablesen kann.

Insgesamt wird bei dem Prozess der Zellatmung ein Glucosebaustein zu 30–32 ATP umgewandelt, wodurch die Zellen ihre Energie erhalten. So sieht die Reaktionsgleichung aus, bei der 32 ATP frei werden:



Zu dieser Theorieeinheit haben wir auch noch ein Experiment durchgeführt. Dabei pusteten wir mit einem Röhrchen in Rotkohl-Saft hinein. In unserer Atemluft befindet sich viel Kohlenstoffdioxid, weshalb mit dem Wasser zusammen Kohlensäure entsteht, welche den pH-Wert im Saft erniedrigt, ihn also saurer macht. Durch diesen veränderten Wert wird der Saft hellrot. Wir führten dieses Experiment nun nochmals durch, nachdem ein paar sehr Motivierte von uns Sport gemacht hatten, und konnten feststellen, dass diese Farbveränderung dann bereits nach weniger Atemzügen stattfand. Somit konnten wir die Zellatmung und den Anstieg des Kohlenstoffdioxids beim Sport sichtbar machen.



Abb. 11: Zellatmung im Eigenversuch

Blutgerinnung

GRETA KLAUSER

Die Blutgerinnung, auch Hämostase genannt, bezeichnet den Prozess der Wundschließung, bei welcher die kleinen Thrombozyten eine ganz besondere Rolle spielen.

Das Blut fließt normalerweise durch röhrenartige Gefäße, die aus verschiedenen Schichten bestehen. In einem unverletzten Blutgefäß schwimmen die Erythrozyten und Leukozyten in der Mitte des Blutstroms und die Thrombozyten an der Wand des Blutgefäßes, dem Endothel, entlang. Ist letzteres durchtrennt, kommen die Blutplättchen mit den darunter liegenden glatten Muskelzellen in Kontakt, die Kollagen beherbergen. Darauf befindet sich der Von-Willebrand-Faktor, an welchen sich die Thrombozyten bei Berührung anheften. Der folgende Prozess wird als Thrombozytenaktivierung bezeichnet und umfasst ...

1. ... die Ausschüttung von Botenstoffen zur Aktivierung weiterer Thrombozyten und

Abwehrzellen, zur Gefäßkontraktion und für verstärktes Zellwachstum an der Wunde.

2. ... die Transformation der Thrombozyten von scheibenförmig zu kugelig mit langen Fortsätzen (Pseudopodien), sodass sich ihre Oberfläche deutlich vergrößert.
3. ... die Aggregation, also das Zusammenheften, der Thrombozyten mittels Pseudopodien am Kollagen und untereinander.

Anschließend verbindet das sogenannte Fibrinogen die Thrombozyten nochmals miteinander und es entsteht ein einigermaßen stabiler weißer Thrombus, durch den das weitere Austreten von Blut gestoppt wird. Dieser Schritt nennt sich Blutstillung / primäre Hämostase und dauert ca. zwei bis vier Minuten.

Und noch andere Stoffe werden bei einer Verletzung frei: die Gewebefaktoren, welche mit den Faktoren aus dem Blut reagieren und so eine komplizierte Gerinnungskaskade anstoßen. Von diesen Faktoren gibt es die Nummern I bis XIII (VI entspricht dem aktivierten Faktor V), und sie sitzen oder schwimmen im Körper, bis sie einer nach dem anderen aktiviert werden.

Diese Kaskade erscheint auf den ersten Blick sehr komplex, ist aber wichtig, damit die Blutgerinnung in unserem Körper nur dann stattfindet, wenn sie auch benötigt wird. Am Ende der Kaskade entstehen aus Fibrinogen lange Fibrinketten, die nicht nur den weißen Thrombus stärken, sondern auch rote Blutkörperchen anheften lassen, wodurch der finale rote Thrombus entsteht. Dieser bleibt, solange die Wunde heilt. Körpereigene Gerinnungshemmer in unserem Blut sorgen währenddessen dafür, dass eine überschießende Gerinnung verhindert wird.

Ist die Wunde dann schließlich geheilt, wird das Plasminogen in Form von Plasmin aktiv und frisst die Fibrinfäden auf, sodass sich der Thrombus auflöst und die Hämostase damit erfolgreich abgeschlossen wird.

Hämophilie

GRETA KLAUSER

Eine Krankheit, bei der es in diesem System Probleme gibt, ist die Hämophilie. Sie ist eine erbliche Krankheit, bei der die Blutgerinnung

im Körper gestört ist. Diese meist bei Männern vorkommende Krankheit wird ausgelöst durch einen Fehler unserer Erbinformation auf dem X-Chromosom, weshalb den Betroffenen ein Gerinnungsfaktor fehlt oder dieser schlechter funktioniert. Dadurch ist die komplexe Gerinnungskaskade gestört und führt nur bedingt oder gar nicht zur Fibrinbildung, die für die Gerinnung aber von großer Bedeutung ist. Dabei unterscheidet man drei Varianten der Hämophilie:

Typ A: Mangel an Faktor VIII, häufigste Form

Typ B: Mangel an Faktor IX

Typ C: Mangel an Faktor XI, äußerst selten

Diese Krankheit ist auch bei der häufigsten Form noch recht selten und kann in einer weiblichen Erbfolge zunächst unentdeckt bleiben, weshalb es wichtig ist, die Symptome der Betroffenen zu erkennen. Zuerst einmal fällt auf, dass Hämophilie-Erkrankte anfälliger für Blutungen sind und diese dann auch unnatürlich lange anhalten. Bei einem schwereren Verlauf kann es auch zu ganz grundlosen Blutungen kommen, manchmal sogar im Inneren des Körpers, was für den Betroffenen sehr schmerzhaft werden kann. Besonders typisch und nicht weniger schädlich sind Gelenkblutungen, die bei Belastung recht schnell auftreten können. Hierbei fließt Blut in den Gelenkspalt, was kurzfristig für Schmerzen und beispielsweise Gehprobleme sorgt und bei Wiederholung auch den Knorpel angreift und porös werden lässt.

Hämophilie-Erkrankte, früher auch Bluter genannt, sollten daher über solche Probleme aufgeklärt werden und müssen dann ein Gespür dafür entwickeln, was sie machen können und was zu risikoreich für den Körper ist. Tatsächlich gibt es heutzutage aber auch eine Behandlungsmöglichkeit für Typ A, die Blutungen zwar nicht ganz ausschließt, aber deutlich minimiert und den Betroffenen ein recht normales Leben ermöglicht. Dabei werden dem Körper alle zwei bis vier Tage spezielle Medikamente gespritzt, die die Aufgabe des Faktors VIII übernehmen.

In unserer Online-Zeit konnten wir mit einem echten Typ A-Patienten sprechen und er meinte, dass er mit dem speziellen Medikament therapiert werde, dennoch aber sehr wachsam sei, da er besonders mit Gelenkblutungen im-

mer wieder Probleme habe. Auch bei ihm hat die Krankheit Generationen übersprungen und kam daher recht unerwartet. Er meinte, manchmal schränke es ihn natürlich schon ein, aber alles in allem habe er sich doch ganz gut mit seiner Krankheit Hämophilie arrangiert.

Blutgruppen

PAUL STEIDLE

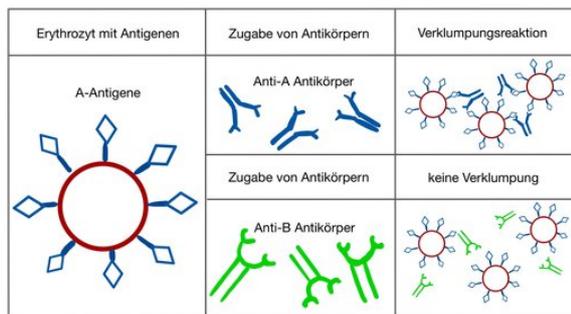
Erythrozyten spielen fast überall eine große Rolle, so auch bei den Blutgruppen. Denn eine Blutgruppe beschreibt die individuelle Zusammensetzung der Oberfläche der Erythrozyten von Wirbeltieren innerhalb eines Blutgruppensystems. Blutgruppen spielen eine ungemein wichtige Rolle bei der Transfusionsmedizin, z. B. auch bei Blutspenden. Wird ein ungeeignetes Blut transfundiert, kann es zur Verklumpung kommen und im schlimmsten Fall auch zum Tod des Patienten.

Blutgruppen werden genetisch vererbt und sind praktisch, um Verwandtschaftsverhältnisse bestimmen zu können. Insgesamt gibt es zurzeit 36 Blutgruppensysteme und es werden Tag für Tag immer mehr davon erforscht. Jedoch ist das AB0-System das bekannteste, da man beschloss, dieses System 1928 in der ganzen Welt einheitlich zu nutzen. Es wurde im Jahr 1900 von dem Wiener Arzt Karl Landsteiner beschrieben und umfasst die Blutgruppen A, B, AB und 0. Dafür erhielt Karl Landsteiner 1930 den Nobelpreis für Medizin.

Zur Bestimmung der AB0-Gruppe schauen wir uns die Antigen-Zusammensetzung auf den Erythrozyten an. Eine Blutgruppe kann jeweils entweder nur A-Antigene, nur B-Antigene, A- und B-Antigene oder gar keine Antigene auf der Oberfläche der Erythrozyten haben. Der Körper bildet gegen alles, was er nicht besitzt Antikörper. Dies sind körpereigene Abwehrstoffe, die so aufgebaut sind, dass sie körperfremde Stoffe erkennen und abwehren können, aber in der Regel nicht mit den eigenen Antigenen verklumpen.

Daraus folgt, dass die Blutgruppe A B-Antikörper besitzt, die Blutgruppe B A-Antikörper, die Blutgruppe AB keine dieser Antikörper und

die Blutgruppe 0 A- und B-Antikörper. Durch diese grundsätzliche Aufteilung kommt es nie zu einer Verklumpung. Wird bei einer Transfusion aber das falsche Blut transfundiert, kann es jedoch dazu kommen. Die Antikörper gegen nicht kompatibles Fremdblut werden beim Menschen noch während des ersten Lebensjahres gebildet.



Mit diesem Vorwissen kann man sich nun auch die Blutgruppenverträglichkeit herleiten. Um die nächsten Schritte ein wenig zu vereinfachen, gehen wir hierbei von der Spende eines Erythrozyten-Konzentrats aus. Dabei werden bei der Bluttransfusion nur die zellulären Bestandteile und keine Antikörper übertragen.

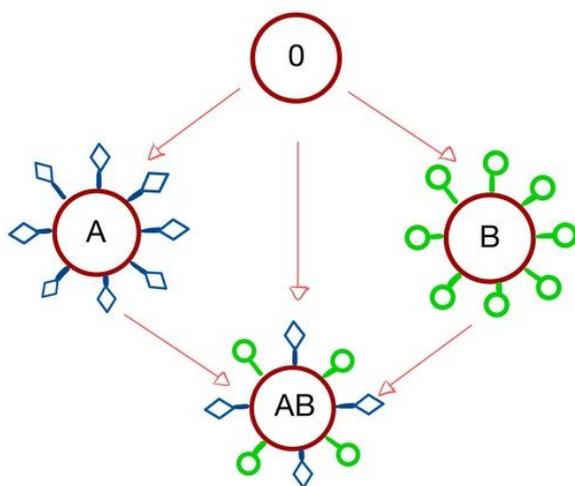


Abb. 12: Blutgruppenverträglichkeiten bei Transfusion von Erythrozytenkonzentraten

Auf Abbildung 12 fällt auf, dass die Blutgruppe 0 der Universalspender ist und somit jeder anderen Blutgruppe Blut spenden kann, dabei aber nur von der eigenen Blutgruppe Blut empfangen kann. Die Blutgruppen A und B können jeweils nur der Blutgruppe AB und ihrer eigenen Blutgruppe Blut spenden. Sie können

dabei von ihrer eigenen Blutgruppe und der Blutgruppe 0 Blut gespendet bekommen. Die Blutgruppe AB kann jedoch nur der eigenen Blutgruppe Blut spenden und ist gleichzeitig Universalempfänger.

Der Rhesus-Faktor, der ein weiteres Blutgruppensystem bildet und häufig zusammen mit dem AB0-System genannt wird, spielt bei der Transfusionsmedizin ebenfalls eine große Rolle. Der Name Rhesusfaktor kommt von den Versuchen mit Rhesusaffen, bei denen man im Jahr 1937 diesen Faktor zum ersten Mal entdeckt hat. Es gibt einige verschiedene Faktoren, die das AB0-System ergänzen können, jedoch ist vor allem der Rhesusfaktor D unter diesen medizinisch relevant.

Der Rhesusfaktor wird dominant vererbt, ca. 85 % der Bevölkerung in Deutschland sind Rhesus-positiv, 15 % Rhesus-negativ. Rhesus-positive Menschen tragen auf ihrer Erythrozyten-Oberfläche ein weiteres Antigen, das „D-Antigen“. Rhesus-negative Menschen besitzen dieses „D-Antigen“ nicht.

Die Antikörper gegen den Rhesusfaktor D werden bei Menschen ohne diesen Faktor vermehrt gebildet, wenn sie mit ihm in Berührung kommen, z. B. bei einer Geburt, wenn die Mutter Rhesus-negativ ist und das Kind aber Rhesus-positiv. Dabei könnte Blut des Kindes in den Blutkreislauf der Mutter gelangen, die den entsprechenden Antikörper dagegen bildet und die fremden Erythrozyten bekämpft. Diese Antikörper schwimmen dann im Blut der Mutter und können bei einer weiteren Geburt eines Rhesus-positiven Kindes für Probleme sorgen. Denn wenn das Mutterblut in den Kreislauf des Kindes gelangt, kommen auch die Anti-D-Antikörper in das kindliche Blut. Diese würden dann anfangen die Blutzellen des Kindes anzugreifen, da diese ja das D-Antigen auf der Oberfläche besitzen.

Um das zu verhindern, sollte man einer Rhesus-negativen Mutter kurz vor der Geburt eines Rhesus-positiven Kindes die D-Antikörper künstlich spritzen, sodass diese die Abwehr übernehmen und der Körper keine eigenen Antikörper und Gedächtniszellen bildet, denn diese würden im Vergleich zu den gespritzten, nicht einfach wieder abgebaut werden, sondern im

Blut bleiben und dem nächsten Kind möglicherweise Schaden zufügen.

Durch den Rhesusfaktor kommt man hier zu einem weiteren Faktor bei der Gruppenverträglichkeit. Zum Beispiel kann die Blutgruppe 0⁻ nur von derselben Blutgruppe Blut annehmen, nicht von der Blutgruppe 0⁺. Der Universalspender in Bezug auf den Rhesusfaktor ist somit die Blutgruppe 0⁻.

Doch wie kann man sich diese Erkenntnisse zunutze machen? – In Adelsheim konnten wir sogar einen „Mörder“ mithilfe der Zusammensetzung des Blutes der einzelnen Blutgruppen überführen. Hierbei handelte es sich selbstverständlich nicht um Humanblut. Wir konnten die „Blutüberreste“ des Täters an den Jeans des Opfers entnehmen und mithilfe der unterschiedlichen Antikörper (z. B. Anti-A), die Blutgruppe nachweisen. Da das Blut nur mit dem Anti-A-Serum verklumpte, wussten wir, dass es sich hierbei um die Blutgruppe A handelt. Die Blutgruppe des Täters konnten wir dann mit den Blutgruppen der Verdächtigen vergleichen und konnten so den Mörder schließlich „stoppen“.

Doch wodurch wird bestimmt, ob eine Person den oben angesprochenen Rhesusfaktor auf den Erythrozyten trägt oder nicht? Im folgenden Text wird dies im Rahmen der Vererbungslehre genauer erklärt.



Abb. 13: Dem Täter auf den Fersen

Vererbung

WENZEL LEPSCHY

Um das Prinzip der Vererbung zu verstehen, müssen wir uns zunächst folgendes Vorwissen

aneignen: Die Erbinformation eines jeden Menschen ist immer zweifach in Chromosomen vorhanden (einmal von der Mutter und einmal vom Vater). Auf den Chromosomen gibt es lokal Allele, die eine bestimmte Genvariante darstellen. Das Allel des Vaters und das der Mutter legen zusammen den Genotyp fest. Jedoch kann es vorkommen, dass die Erbinformation der Mutter und die des Vaters nicht übereinstimmen, das heißt: Der Genotyp ist mischerbig (Abb. 14). Falls beide Allele für eine bestimmte Erbinformation denselben Bauplan vorgeben, ist der Genotyp reinerbig.

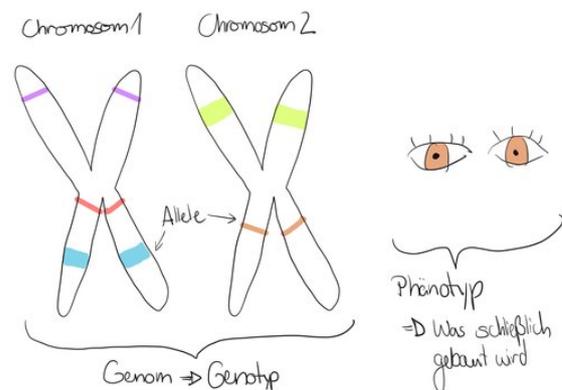


Abb. 14: Beispiel für einen mischerbigen Genotyp

Beispielsweise kann es sein, dass die DNA im Allel des Vaters vorgibt, dass die Augen des Kindes braun werden, die der Mutter aber geben die grüne Augenfarbe vor. Was passiert dann? An dieser Stelle sprechen wir vom Phänotyp. Dieser bezeichnet das Endprodukt, oder vielmehr, was nun aus der Erbinformation wirklich gebaut wird.

Da nun die Augenfarbe des Kindes nicht einmal grün und einmal braun sein kann, muss es heißen, dass sich ein Allel gegenüber dem anderen im Phänotyp (dem Endprodukt) durchsetzt. Dieses Allel ist das dominante. Das andere, welches unterdrückt wird, bezeichnet man als rezessiv. Wenn also ein Allel im Genotyp dominant ist, richtet sich der Phänotyp direkt nach der Erbinformation des dominanten Allels. Letzteres wird in Vererbungstabellen gezeigt, die die möglichen Phänotypen anhand des Genotyps zeigen. Nun wird die Vererbungstabelle zu dem vorherigen Beispiel mit den Augenfarben dargestellt.

Phänotyp (=Endprodukt)	B (braun) dominant	g (grün) rezessiv
mögliche Genotypen (mögliche Genkombinationen)	BB, Bg, gB	gg

Das folgende Beispiel handelt vom Rhesussystem, das im vorherigen Abschnitt der Blutgruppen angesprochen wurde. Das Allel mit der Erbinformation, die das D-Antigen weitergibt, ist dominant (D) gegenüber jenem, welches es nicht weitergibt (d). Das heißt, dass weder das Allel des Mannes, das weitervererbt wird, noch das der Frau das Rhesusantigen weitergeben dürfen, damit das Kind Rhesus-negativ wird. Wenn jedoch auch nur ein Allel D ist und somit das D-Antigen kodiert, wird das Kind durch dessen Dominanz Rhesus-positiv. Das ist auch der Grund, wieso viel mehr Menschen Rhesus-positiv sind, da die Wahrscheinlichkeit, dass beide Allele im Genotyp d sind, viel geringer ist.

Phänotyp	Rh+	Rh-
mögliche Genotypen	DD, Dd, dD	dd

Detektivspiel

GEORG SCHINK

Detektivarbeit

Aufgrund des Phänomens der Verklumpung einzelner Blutgruppen mit bestimmten Blutseren und Antikörpern (siehe Abschnitt zu den Blutgruppen) kann man Blutgruppen nachweisen. Dies wird auch häufig in der Kriminalistik genutzt. Wir haben dieses Wissen bereits in unserer Online-Phase erarbeitet und dazu zuhause experimentiert und konnten es so in Adelsheim anwenden, um bei einem Kriminalfall dem Täter auf die Schliche zu kommen.

Zu unserer Präsenzzeit in der Sommerakademie bauten unsere Kursleiter:innen nämlich einen kleinen Escape-Room für uns auf. Es begann damit, dass wir mit der Geschichte konfrontiert wurden, dass Thorsten von der Theater-KüA in unserem Chemielabor ermordet wurde. Auf seiner Jeanshose, die uns die



Abb. 15: Mord im Chemielabor – doch wer trägt die Schuld?

Spurensicherung glücklicherweise hinterlassen hatte, mussten wir zunächst sein Blut von den Ketchup- und Farbflecken unterscheiden, die er auf seiner Hose gesammelt hatte. Hierzu erhielten wir den Hinweis, dass an einem uns unbekanntem Ort im Chemielabor ein kleines Sprühfläschchen versteckt war.

Als wir das Sprühfläschchen fanden, konnten wir auf einem Schild, das auf der Flasche klebte, „Luminol“ lesen. Wir sprühten das Luminol auf die Flecken auf der Kleidung und sahen einen Fleck lumineszieren, und da dies nur bei dem einen Fleck der Fall war, schlossen wir, dass es sich hierbei um Blut handelte.

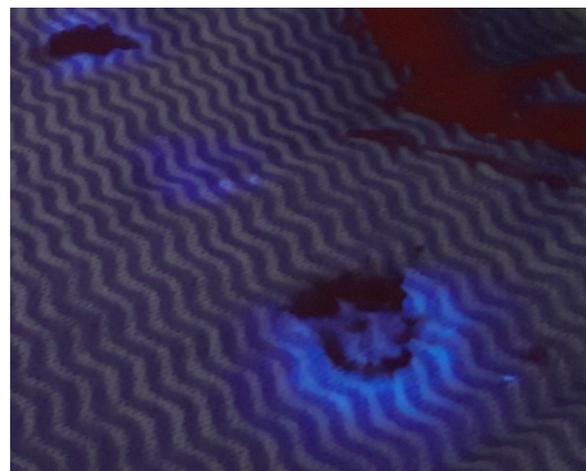


Abb. 16: Die Lumineszenz entlarvt den Blutfleck

Warum luminesziert jedoch Blut in Kombination mit Luminol?

Luminol selbst emittiert Licht in Kombination mit einem Oxidationsmittel, hierzu wird

meist Wasserstoffperoxid genutzt, dies funktioniert jedoch nur, wenn die Reaktion ausreichend schnell abläuft. Hierzu benötigt man einen Katalysator. Der Katalysator in diesem Falle ist das Eisen, welches komplex in den Erythrozyten eingelagert ist. Genauer gesagt befindet es sich in der Häm-Gruppe des Hämoglobins. Dieses Eisen reicht aus, um die Reaktionsgeschwindigkeit stark genug zu beschleunigen, dass das Luminol dabei chemoluminesziert (Abb. 16). So konnten wir also das eisenhaltige Blut vom Ketchup und der roten Farbe unterscheiden, die beide kein Eisen enthielten.

Anschließend konnten wir über die Blutgruppen eindeutig einen Täter und somit den Mörder Thorstens feststellen.

Blutzucker und Diabetes

DAVID LI, GRETA KLAUSER, JULIA KEHRER

Blutzuckerkreislauf

Unser Körper ist jeden Tag vielen Einflüssen ausgesetzt; deshalb gibt es in unserem Körper einige Regelkreise, die für ein Gleichgewicht der physiologischen Körperfunktionen (Homöostase) sorgen. So gibt es auch das Blutzuckersystem mit der Bauchspeicheldrüse, auch Pankreas genannt, die den Glucosewert im Blut überwacht und steuert.

Dazu besitzt der Körper die sogenannten „Langerhans-Inselzellen“ im Pankreas und die daran sitzenden Glut-2-Rezeptoren. Sie haben die Fähigkeit, Glucose zu erkennen. So messen sie den Blutzuckerspiegel und können korrigierende Prozesse anstoßen, sollte dieser zu hoch oder zu niedrig sein.

Essen wir beispielsweise etwas, gelangt die Nahrung als Glucose ins Blut und die Pankreaszellen registrieren dementsprechend die Menge an Zucker im Körper. Er wird mittels der Glut-2-Rezeptoren in die Zelle aufgenommen und dort über den Citronensäurezyklus, einem komplizierten Prozess, den wir im Kapitel Zellatmung bereits genauer beschrieben haben, in ATP umgewandelt, welches drei Phosphate gebunden hat, eine kleinere Energieeinheit als Glucose

bildet und deshalb für den Körper besser abrufbar ist. Dieses ATP verspermt aber auch die Kaliumkanäle der Zellen, weshalb das einfach positiv geladene Kalium innerhalb der Zelle nicht mehr nach außen diffundieren kann. Zusätzlich sorgt die Hemmung des Kanals durch ATP dafür, dass die Spannung zwischen Zellinnerem und Umgebung vermindert wird. Dadurch können sich wiederum die Calciumkanäle der Zelle öffnen und das extrazelluläre Calcium kann hineinströmen, um die Konzentration davon inner- und außerhalb der Zelle auszugleichen. Das einströmende Ca^{2+} kann nun die Vesikel, bläschenartige Strukturen mit Insulin, aktivieren. Sie bewegen sich dann zur Zellmembran, verschmelzen mit ihr und geben das gespeicherte Insulin nach außen ab.

Es wird mittels der Blutbahnen im Körper verteilt und dockt an die Körperzellen an, woraufhin es diesen ermöglicht wird, Glucose aus dem Blut aufzunehmen. Die Zellen in der Leber bekommen dabei die besondere Aufgabe, die Glucose in Glykogen umzuwandeln und zu speichern. So senkt sich der Blutzuckerspiegel wieder auf ein normales Niveau.

Der direkte Gegenspieler von Insulin ist das Glucagon. Wenn wir zum Beispiel Sport treiben, wird Glucose für die Zellatmung benötigt und verbraucht und der Blutzuckerspiegel sinkt ab. Das registriert das Pankreas und schüttet Glucagon aus. Im Gegensatz zum Insulin sorgt es dafür, dass das in der Leber gespeicherte Glykogen wieder zurück in Glucose verwandelt wird und in den Blutkreislauf gelangt. Der Blutzuckerspiegel steigt daraufhin und das Gleichgewicht ist wieder hergestellt. Diese Regulation funktioniert bei einem gesunden Menschen vollautomatisch und ohne äußere Hilfe.

Diabetes

Egal ob in der Verwandtschaft, im Freundeskreis oder im Fernsehen, viele haben vielleicht schon einmal von der mysteriösen Zuckerkrankheit gehört. Doch was ist denn überhaupt Diabetes? Wie erkennt und wie behandelt man ihn?

Bevor wir anfangen, müssen wir klarstellen, dass es zwei Arten von Diabetes gibt. Den

Diabetes Typ 1 und Typ 2. Wie bereits beschrieben stößt die Bauchspeicheldrüse, auch Pankreas genannt, Insulin dann aus, wenn der Blutzuckerspiegel zu hoch ist. Bei Diabetes Typ 1 handelt es sich um eine Autoimmunerkrankung. Das heißt, dass das körpereigene Immunsystem gegen die insulinproduzierenden Langerhans-Inselzellen vorgeht und sie zerstört. Dies führt zu einem dauerhaften Mangel an Insulin bis hin zur Einstellung der Insulinproduktion. Dadurch kann die Leber Glucose nicht mehr zu Glykogen umwandeln, weshalb der Blutzuckerspiegel dauerhaft erhöht ist. Das hat viele schwerwiegende Folgen, falls es unbehandelt bleibt, und erklärt die vielen früher rätselhaften Symptome.

Diabetes ist in Wirklichkeit nur eine Abkürzung und heißt ausgeschrieben eigentlich Diabetes Mellitus. Doch was bedeutet das? Diabetes Mellitus ist lateinisch und bedeutet so viel wie honigsüßer Durchfluss. Mit Durchfluss ist in diesem Fall Urin gemeint. Als man früher noch nicht über die modernen Blutzuckermessmethoden verfügte, testete man schlicht und einfach den Urin auf seinen Geschmack und stellte fest, dass er honigsüß schmeckte. Aber wieso ist das so? Da der Zuckergehalt im Blut zu hoch ist, versucht der Körper, Zucker über den Urin auszuscheiden. Zucker bindet Wasser, weshalb der Körper somit sehr viel Urin ausstößt. Patienten verlieren so vergleichsweise viel Wasser und verspüren daher einen starken Durst.

Ein weiteres Symptom, unter dem viele Diabetiker leiden, ist das schlechter werdende Sehvermögen. Das liegt nicht daran, dass sie kurzsichtig oder weitsichtig sind, sondern dass Wasser in die Augenlinse gelangt, da der osmotische Druck wegen des hohen Blutzuckerwertes sehr hoch ist. Somit wird mehr Wasser in die Augenlinse eingelagert, wodurch sich ihr Brechungsindex verändert. Ein weiteres wichtiges Symptom entsteht, da die Glucose ohne Insulin nicht in unsere Körperzellen aufgenommen werden kann und im Blut verweilt, weshalb sie anderswo im Körper fehlt. Sie ist der wichtigste Energielieferant unseres Körpers. Weil unser Körper Glucose in diesem Zustand nicht sinnvoll nutzen kann, greift er auf Fettreserven als Energielieferant zurück, was zu Gewichtsverlust führen kann. Dabei entstehen auch Müdigkeit,

Schwäche und Konzentrationsstörungen, da innerhalb der Zellen ein Energiemangel besteht.

Auch für Diabetes Mellitus Typ 2 kann eine bestimmte Veranlagung vererbt werden. Ob man im Laufe seines Lebens erkrankt, hängt dann wiederum von vielen Faktoren ab. Unter anderem zählen dazu Übergewicht, ungesunde Ernährung, fehlende Bewegung und wie bereits genannt auch genetische Faktoren. Beim Diabetes Typ 2 wird aber nicht die Insulinproduktion eingestellt wie beim Typ 1. Es wird hier stattdessen so viel Insulin hergestellt, dass die Körperzellen eine Insulinresistenz bilden, d. h. dass sie sich an den hohen Insulinwert im Blut gewöhnt haben und dies nicht mehr seine volle Wirkung entfalten kann. So können die Zellen in unserem Körper nicht mehr genug Glucose aus dem Blut aufnehmen. Das führt auch zu einem ständig hohen Blutzuckerwert. Dabei sind die Symptome ähnlich wie bei Diabetes Typ 1.

Dank der vielen Forschung auf diesem Gebiet gibt es heute die verschiedensten Methoden, diese Volkskrankheit zu behandeln, sodass Diabetiker ein fast normales Leben führen können. Zuerst muss man den Blutzuckerspiegel des Patienten wissen. Dafür kann man sich entweder regelmäßig in den Finger stechen und einen kleinen Tropfen Blut entnehmen (dazu später noch mehr) oder einen Sensor mit einer dünnen Nadel, die bis ins Gewebe reicht, an den Arm kleben, von dem man die Werte auf dem Handy oder mit einem Gerät ablesen kann.

Nachdem der Blutzuckerspiegel gemessen wurde, kann der Patient dann beurteilen, ob Insulin oder Glucose benötigt wird. Glucose benötigt er, wenn er z. B. Sport getrieben hat und deswegen dem Körper Energie fehlt, da die Leber das Signal nicht bekommt, Glucose auszuschütten. Insulin kann man sich entweder mit einer Insulinpumpe oder mit einem Insulinpen spritzen.

Wie auf Abb. 17 gezeigt kann man die Insulinpumpe mit sich tragen. Diese Behandlungsmethode ist besonders für Kinder geeignet, die noch nicht selbständig mit dem Insulinpen umgehen können. Beim Insulinpen handelt es sich um eine Spritze, bei der man manuell die Insulinmenge einstellen kann. Beim Diabetes Typ 2 hingegen kann es manchmal schon ausrei-

chen, einen besseren Lebensstil zu führen oder Tabletten einzunehmen, die den Blutzucker senken.

Wie man sehen kann, ist Diabetes eine ganz alltägliche Krankheit, von der etwa 8 Mio. Deutsche betroffen sind. Wenn man also morgens auf dem Weg zur Arbeit oder zur Schule so einen Knopf am Arm eines Passanten sieht, weiß man in der Zukunft, was er zu bedeuten hat.



Abb. 17: Diabetes-Patient mit Insulinpumpe³

Blutzuckermessung

Den Blutzuckerspiegel kann man mit den entsprechenden Geräten auch manuell messen. Bei der einfachsten Methode wird einem in den Finger gestochen, und das hervorquellende Blut wird von einem kleinen Gerät ausgewertet. Hierbei geht man folgendermaßen vor: Zuerst sollte man den Finger, an dem man plant, die Haut zu durchstechen, reinigen und desinfizieren. So verhindert man, dass Keime später durch die kleine Wunde eindringen können. Anschließend sticht man mit einer Stechhilfe, an deren Ende eine hauchdünne Nadel/Lanzette steckt, in die Seite eines beliebigen Fingers und drückt einen kleinen Blutropfen aus der Wunde. Dieser wird auf das untere Ende eines Teststreifens gegeben und das dazugehörige Gerät ermittelt daran die Glucosekonzentration im Blut.

Da der Blutzucker direkt mit Diabetes zusammenhängt, kann man sich diesen Wert auch zunutze machen, um herauszufinden, ob der

Körper (genügend) Insulin ausschüttet. Um nun mithilfe der Blutzucker-Messung nachvollziehen zu können, ob eine Person Diabetes hat, haben wir uns einen wissenschaftlichen Versuch erarbeitet und dabei auch das Erstellen wissenschaftlicher Protokolle geübt.

Wissenschaftliche Protokolle

Zu wissenschaftlichen Themen, wie Diabetes, kann man viele interessante Experimente machen. Doch was muss man bei der Notierung beachten? Was ist wichtig bei wissenschaftlichen Protokollen?

Zuerst müssen auf der Titelseite der Titel, die Autor:innen, das Datum und eine kurze Beschreibung des Themas genannt werden.

In der Einleitung nennt man zuerst die Problemstellung, die Fragestellung oder die Hypothese. Nun muss die Methode erläutert werden, hierzu gehört die Beschreibung der Ausführung des Versuches und die verwendeten Materialien. Nach der Nennung der Ergebnisse werden in der Diskussion Vergleiche mit Quellen und eine zusammenfassende Bewertung angestellt. Zum Schluss muss die Literatur angegeben werden, das heißt die verwendeten Quellen.



Abb. 18: Blutzuckermessung an der Fingerkuppe

Wichtig ist es außerdem, in wissenschaftlichen Versuchen Kontrollgruppen mitzumessen und mehrere Messungen anzugeben.

In unserem Test konnten wir nur zwei Personen einschließen, und daher in jeder „Gruppe“ nur eine Einfachmessung machen. Zu Beginn entnahmen wir erst einmal Kontrollwerte der Testpersonen. Person 1 (Anna, blau) war

³Abbildung: Wikipedia
(Björn Heller, CC BY-SA 2.0/de)

dabei seit ca. 10 Stunden nüchtern, Person 2 (Jana, orange) hatte kurz zuvor gefrühstückt. Anschließend nahmen beide 75 g Glucose zu sich, und wir erhoben im Zehnminutentakt die Blutzuckerwerte. Dabei kamen die Kurven in Abbildung 19 zustande.

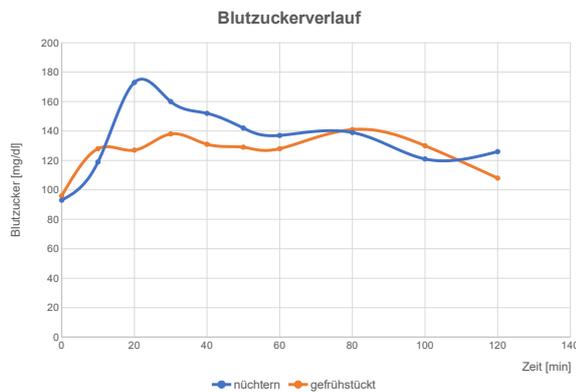


Abb. 19: Unsere Blutzuckermesswerte

Bei Person 1 kann man innerhalb der ersten 20 Minuten einen starken Anstieg erkennen, denn da die Glucose nicht weiter zerlegt werden muss, gelangt sie schnell ins Blut. Nach diesen 20 Minuten sinken die Werte jedoch wieder, erst recht schnell, dann wieder langsamer. Dieser Verlauf zeigt uns, dass die Bauchspeicheldrüse aktiv geworden ist und Insulin ausgeschüttet hat, welches nun wirkt und den Blutzuckerspiegel auf ein normales Niveau senkt.

Auch bei Person 2 lässt sich zu Beginn ein Anstieg ausmachen, allerdings ist dieser weniger hoch. Im Anschluss schwanken die Werte in moderaten Bereichen und sinken gegen Ende wieder ab. Der weniger starke Anstieg hängt vermutlich damit zusammen, dass die Person gefrühstückt hatte und dementsprechend noch Insulin von der Regulation dieser Mahlzeit im Blut war. Es dauerte also nicht so lange, bis das Insulin an den Zellen wirken und den Blutzuckerspiegel senken konnte.

Wir können hier bei beiden Personen beobachten, wie die Bauchspeicheldrüse ihrer Aufgabe nachkommt, den Blutzuckerspiegel in unserem Blut konstant zu halten, und gehen daher davon aus, dass keine unserer Probandinnen an Diabetes erkrankt ist.



Abb. 20: Messwerte müssen sorgfältig dokumentiert werden

Blutbildung und Leukämie

CELINE BENNEK

Während des Onlineunterrichts haben wir uns unter anderem auch mit dem interessanten Thema „Leukämie“ beschäftigt. Leukämie ist eine Krankheit, die umgangssprachlich auch als „Blutkrebs“ bekannt ist, und woher dieser Name stammt, haben wir unter anderem in unserem Medizinkurs erfahren.

Im Kapitel Blutsenkung haben wir uns ja schon mit der Blutsenkungsgeschwindigkeit beschäftigt. Was wir dort nicht weiter erklärt haben, ist die dritte Schicht, die sich normalerweise nur sehr schwer erkennen lässt: Zwischen den beiden Hauptschichten aus Blutzellen und Blutplasma erscheint eine feine Schicht Leukozyten, die auch als weiße Blutzellen bekannt sind.

Leukozyten, Erythrozyten und Thrombozyten entstehen im Knochenmark, und diese Blutbildung wird auch Hämatopoese genannt. „Poese“ bedeutet hier „Bildung“, in diesem Fall des Blu-

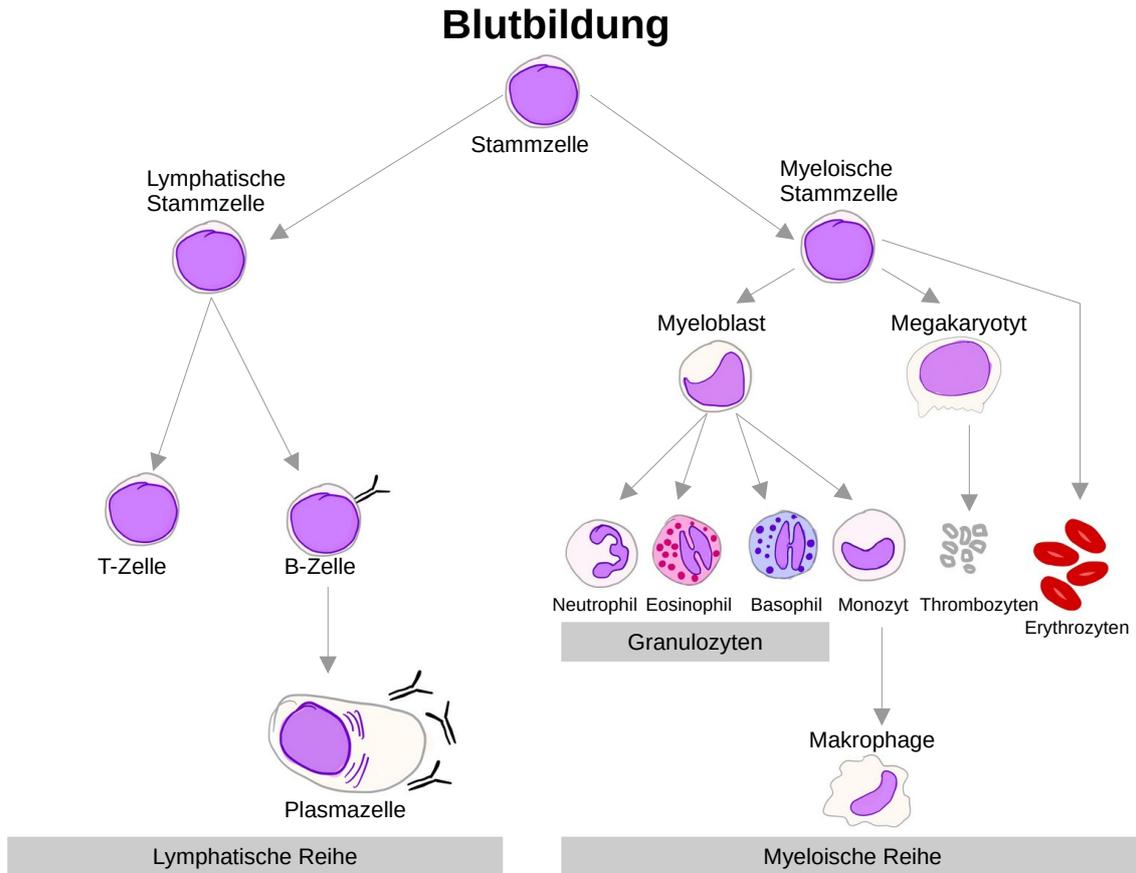


Abb. 21: Schematische Darstellung der Blutbildung

tes, Abbildung 21 zeigt die einzelnen Schritte dieser Blutbildung.

Bei der Hämatopoese bildet die Stammzelle zunächst eine lymphatische und eine myeloische Stammzelle, welche sich jeweils weiter differenzieren (sie reifen aus). In der lymphatischen Reihe entstehen die T- und die B-Zellen, wobei die B-Zelle sich im Laufe der spezifischen Immunantwort auch noch zu einer Plasmazelle umwandeln kann. In der myeloischen Reihe differenziert sich die Stammzelle zunächst zu einem Myeloblasten, zu einem Megakaryozyten und zu einem Erythrozyten. Die Erythrozyten bleiben so bestehen, doch der Myeloblast entwickelt sich zu unterschiedlichen Granulozyten und zu einem Monozyten, der sich zur Makrophage weiterentwickelt. Zuletzt gibt es noch den Megakaryozyten, der mehrere Thrombozyten abschnürt.

Doch auch zwischen der Entwicklung von einer zur nächsten Zellart gibt es immer wieder kleine Zwischenschritte. Betrachtet man zum Beispiel

die Differenzierung von dem Myeloblasten zum neutrophilen Granulozyten, so wird der Myeloblast zuerst zu einem Promyelozyten, dann zu einem Myelozyten, einem Metamyelozyten, einem stabkernigen Granulozyten, einem segmentierten Granulozyten und schlussendlich erst zu dem neutrophilen Granulozyten. Auf dieser Entwicklung nimmt das Teilungspotential der Zelle immer weiter ab, während sie jedoch immer weiter ausdifferenziert wird, was bedeutet, dass sie weiterentwickelt und sowohl strukturell als auch funktionell spezialisiert ist.

Durch das hohe Teilungspotential der Myeloblasten steigt auch das Fehlerpotential, was bedeutet, dass bei der ständigen Teilung der Zellen immer wieder Fehler auftreten. Bei der Zellteilung werden die genetischen Informationen der Ausgangszelle so aufgeteilt, dass beide Tochterzellen die identischen Erbinformationen der Ausgangszelle erhalten. Dafür muss die gesamte Information zunächst einmal kopiert werden. Dabei kommt es immer wieder

zu Fehlern in der kopierten Erbinformation. Normalerweise ist dies kein großes Problem für unseren Körper, da diese Fehler erkannt und repariert werden. Doch wenn diese fehlerhafte Zellteilung nicht erkannt wird und übermäßig zunimmt, können sich unausgereifte, entartete Leukozyten unkontrolliert vermehren. Dann spricht man von der Krankheit Leukämie. Es entstehen viel zu viele unausgereifte, funktionsuntüchtige Leukozyten, die außerdem viel Platz im Knochenmark einnehmen und so die Entstehung der Erythrozyten und Thrombozyten im Knochenmark verhindern.

Durch die Störung der Erythropoese, Thrombopoese und Leukopoese (Poese bedeutet wie schon erwähnt Bildung) kommt es zu Symptomen, die charakteristisch für Leukämie sind. Durch die Störung der Erythropoese kommt es zu einer Anämie (Blutarmut), weshalb sich Symptome wie Müdigkeit, Blässe und Kurzatmigkeit bemerkbar machen, da der Sauerstofftransport nicht mehr richtig funktionieren kann. Die Störung der Thrombopoese führt zu einer Blutungsneigung, wobei Nasenbluten, blaue Flecken, Petechien (das sind kleine stecknadelkopfgroße Einblutungen in der Haut oder Schleimhaut) und verlängerte Periodenblutungen auftreten können, weil Blutgerinnung und Blutstillung ohne funktionelle Thrombozyten nicht funktionieren können. Zuletzt wird noch durch die Störung der Leukopoese eine Infektanfälligkeit hervorgerufen, welche sich durch wiederkehrende, langanhaltende Erkältungen bemerkbar machen kann.

Es gibt verschiedene Arten der Leukämie, und zwar unterscheidet man zwischen der „Akuten Lymphatischen Leukämie“ (kurz ALL), der „Akuten Myeloischen Leukämie“ (kurz AML), der „Chronischen Lymphatischen Leukämie“ (kurz CLL) und der „Chronischen Myeloischen Leukämie“ (kurz CML). Die lymphatischen Leukämien brechen meistens in jungem Alter aus, da die B- und T- Zellen vor allem vor der Pubertät in unserem Körper reifen. Die myeloischen Leukämien dagegen entstehen durch äußere Einwirkungen wie Strahlung oder andere Giftstoffe, die die Zellteilung stören, und treten daher erst etwas später auf. Außerdem ziehen sich chronische Leukämien über einen längeren Zeitraum hing und entwickeln sich

langsam und schleichend, während sich die unreifen Leukozyten bei den akuten Leukämien explosionsartig schnell vermehren.

Glücklicherweise gibt es inzwischen Behandlungsmöglichkeiten für Leukämie. Die Leukämie kann mit einer Chemo- oder Strahlentherapie oder mit einer Stammzelltransplantation behandelt werden. Hier stehen die Heilungschancen bei einer Ersterkrankung bei 90 % und bei einer rezidivierenden (erneuten) Erkrankung bei 60 %.

Filmabend mit Popcorn und „Es war einmal . . . das Leben“

WENZEL LEPSCHY

Am Donnerstag, dem 2. September, war die Rotation, in der die verschiedenen Kurse ihre bisher gelernten Themenfelder präsentierten. Nach der anstrengenden Vorbereitung und dem positiven Feedback unserer Präsentation griffen wir am Abend etwas auf, womit wir uns schon am Eröffnungswochenende kurz beschäftigt hatten, und zwar das Schauen der beliebten Serie: Es war einmal . . . das Leben. In der Kinderserie aus den 80ern werden verschiedenste Mechanismen und Funktionen des Körpers auf bildliche und verständliche Art und Weise dargestellt. Dabei werden die Aspekte wissenschaftlich fundiert erklärt und gezeigt, sodass Jana uns ganz begeistert mehrere Folgen zeigte.

In der einen ging es um den normalen Alltag des Blutes. Während wir selbstgemachtes Popcorn aus dem uns zugeschickten Akademiekalender aßen, wurden die Erythrozyten (die roten Blutkörperchen) gezeigt, wie sie den Sauerstoff von der Lunge zu den Zellen brachten und das Kohlenstoffdioxid von den Zellen zurück zur Lunge. Bei einer kleinen Invasion von Krankheitserregern (Pathogenen) rückten schnell die Fresszellen (Makrophagen oder Phagozyten) aus und bekämpften diese, wobei bei einem größeren Infekt die Leukozyten (die weißen Blutkörperchen) aktiviert wurden und somit spezifisch gegen diese ankämpfen konnten. So kamen wir auch zur Krankheit Leukämie. Es wurde gezeigt, wie durch eine vorhin beschriebene falsche Replikation, also ein fehler-

haftes Kopieren der Erbinformation, bei der Produktion der betroffenen Knochenmarkzellen das Knochenmark plötzlich fast nur noch weiße Blutkörperchen herstellte und dadurch der Körper ein sehr großes Problem hatte. Das betroffene Kind in der Geschichte konnte jedoch dank einer Bluttransfusion und gespendeten Knochenmarkzellen des Bruders wieder genesen.

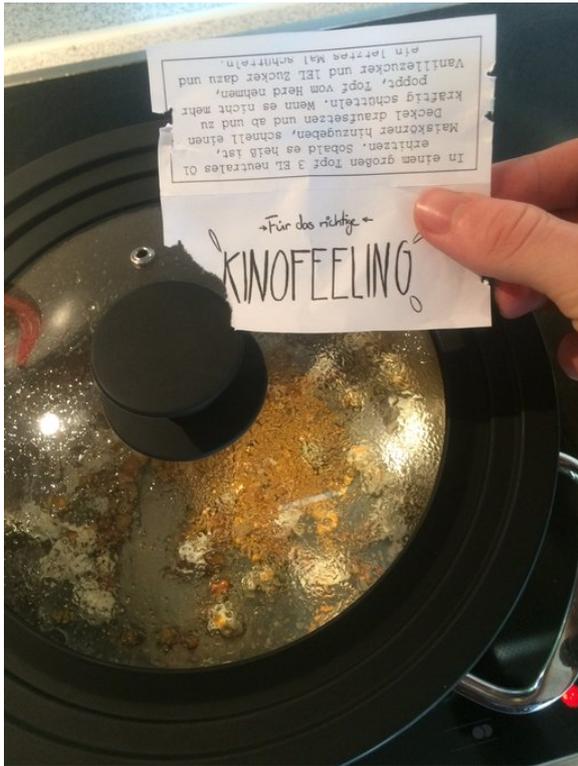


Abb. 22: Das Popcorn-Set aus dem Akademiekalender versüßte uns den Filmeabend

Während der zwei Stunden, die wir ungefähr damit verbrachten, hatten wir die Aufgabe, so viele Zellen wie möglich zu fotografieren und diese am Ende der Kursschiene mit dem wissenschaftlichen Begriff zu benennen. Nun war es ungefähr 19 Uhr, und wir verabschiedeten uns und freuten uns schon auf den bald kommenden Samstag, wo wir uns alle endlich in 3D sehen würden.

Jeopardy

JULE REICHERT

Um die gelernten Sachverhalte spielerisch anzuwenden, haben wir in der Akademiezeit das

Spiel „Jeopardy“ kennengelernt. Bei diesem Quiz geht es darum, die passende Frage auf die vorgegebene Antwort, die sich unsere Kursleiter:innen ausgedacht hatten, zu finden. Jeopardy konnte man online, aber natürlich auch vor Ort in Adelsheim spielen. Wir teilten uns in mehrere Gruppen auf, die gegeneinander spielten. Es wurde die Antwort vorgelesen, auf die wir eine passende Frage finden mussten. Die schnellste Gruppe durfte ihre Lösung sagen. In Adelsheim hatten wir sogar einen „menschlichen Buzzer“: unseren Schülermentor Leo, den man „drücken“ musste, bevor man die Lösung sagen durfte.



Abb. 23: Unser Buzzer ist bereit für die nächste Frage

Als wir das Spiel in Adelsheim spielten, war es punktetechnisch sehr knapp, und die Teams hatten alle ungefähr die gleiche Punktzahl. Es war die letzte Frage, und alle wussten, dass es darauf ankam: Das Team, das diese letzte Frage richtig beantwortet, würde das Quiz gewinnen. Es war spannend, und der ganze Kurs war hochkonzentriert. Die vorgegebene Antwort wurde vorgelesen, und noch im selben Moment stürmten alle los, um den Buzzer zu drücken.

Wie man merkt, bereitete das Quiz uns allen sehr viel Spaß, und es war eine sehr gute Methode, die Themen zu wiederholen.

Ein kreativer Einblick . . .

DAVID LI

Unser Thema dieses Jahr ist das sogenannte Blut,

viele kenn' es das ist wahr,
aber nicht (ganz) so gut/absolut ...

So wurden die anderen Kurse wachgerüttelt,
als sie an einem Donnerstagsmorgen verschlafen
vor dem Rechner saßen und sich im Plenum
versammelt hatten. Denn heute war der Tag,
an dem der Medizinkurs an der Reihe war, das
Gelernte in einem kreativen Vortrag vorzustel-
len. Trotz eines spontanen Personalschwunds,
der einen wichtigen Part übernehmen sollte,
und eines verpassten Einsatzes, den hoffentlich
niemand bemerkte, waren am Ende doch alle
ziemlich überrascht, wie gut das Ganze online
funktionierte. Denn das alles ist kein Gedicht,
wie es auf den ersten Blick aussieht. Ganz im
Gegenteil – es ist ein Beispiel der heutigen Ju-
gendkultur Deutschrap.

Als wir uns zwei Tage vorher zusammensetzten,
wusste niemand wirklich, was wir als kreative
Vorstellung machen wollten. Uns war dabei nur
eines klar, es musste etwas Einzigartiges und
wirklich Sehenswertes sein. Nach langem Grü-
beln kamen wir auf die Idee, zusammen einen
Rap vorzutragen, ja sogar zu schreiben. Das
Schwierige dabei war, dass wir möglichst viele
Fachbegriffe einbauen wollten, wobei das Ganze
Sinn ergeben und sich reimen musste. Deswe-
gen setzten wir uns in der nächsten Mittagspau-
se schon direkt hin, um diese langen komplexen
Wörter zu einem sinnvollen Gemisch zusam-
menzusetzen. Doch gegen Ende, als uns die
Reime ausgingen, bauten wir einfach ein paar
lustige Wörter ein. Das alles haben wir anschlie-
ßend zu einem Beat gerappt⁴. Wir hoffen, es
gefällt Euch:

Unser Thema dieses Jahr
ist das sogenannte Blut,
viele kenn' es, das ist wahr,
aber nicht so absolut.

Rote Blutzellen, Erys genannt,
weiße Zellen als Lymphies bekannt,
dann gibt's noch die Monozyten,
Granulozyten, Thrombozyten.

Was uns alle interessiert,
dass man hier mikroskopiert.
Blutgerinnung und Osmose,

Diabetes und Glucose.
Blutgruppen und Antikörper,
das sind unsre fachlichen Wörter.

Was bei Diabetes fehlt,
das ist das Insulin.

Das ist relevant
und ein besonderes Protein.

Dies sitzt in dem Pankreas,
wie's rauskommt, finden wir sehr krass.
Dies geschieht in Kapillaren,
da ham' wir paar' Exemplare .

Was uns alle interessiert,
dass man hier mikroskopiert.
Blutgerinnung und Osmose,
Diabetes und Glucose.
Blutgruppen und Antikörper,
das sind unsre fachlichen Wörter.

Im Mensch gibt's den Normalzustand,
das nennen wir physiologisch.
Dann seid ihr sicherlich gespannt,
das Gegenteil ist pathologisch.

Wichtig ist der Rhesus-Faktor
und das Forschen im Heim-Labor.
Und bloß nur keine Verbrennung,
sonst kommt wieder die Gerinnung.

Was uns alle interessiert,
dass man hier mikroskopiert.
Blutgerinnung und Osmose,
Diabetes und Glucose.
Blutgruppen und Antikörper,
das sind unsre fachlichen Wörter.

Wenn im Körper Antigene
hilft nur noch die Apfelcreme.
Blutsenkungsgeschwindigkeit
wird zu der Verbindlichkeit.
Allsamt BSG genannt,
ist uns allen gut bekannt.

Was uns alle interessiert,
dass man hier mikroskopiert.
Blutgerinnung und Osmose,
Diabetes und Glucose.
Blutgruppen und Antikörper,
das sind unsre fachlichen Wörter.

⁴ „Next Level“ – Freestyle Trap Beat Free Rap Hip
Hop Instrumental 2018 | SeriouzBeats #Instrumentals
– YouTube

Quellen

Artificial Heart Design Challenge: The source of this material is the TeachEngineering digital library collection at [www.TeachEngineering.org](https://www.teachengineering.org): https://www.teachengineering.org/activities/view/mis_heartbloodflow_act

Blutgruppe – Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Blutgruppe> (18. 9. 2021 10:30 Uhr)

Lehninger Biochemie, David Nelson & Michael Cox, Ausgabe 4 (2009), Springer Verlag

Beat unseres Rap: „Next Level“ – Freestyle Trap Beat Free Rap Hip Hop Instrumental 2018 | SeriouzBeats #Instrumentals – YouTube (https://www.youtube.com/watch?v=_qzo8fRwWHc)



Kurs 5 – Was ist der Sinn des Lebens?



Vorwort

FARINA GERHARZ, ALEXANDER DROB,
JULIA JAKOB, FRANKA SPECKLE

Die Frage nach dem Sinn des Lebens scheint so alt zu sein wie die Menschheit selbst. Denn nur der Mensch ist aufgrund seines Verstandes und seiner Vernunft in der Lage, über sich selbst nachzudenken. Meist jedoch stellen wir Menschen uns die Frage erst, wenn wir uns in sogenannten Sinnkrisen wiederfinden. Das heißt, ein Individuum erlebt Unglücke, Enttäuschungen oder aber auch tiefgreifende Weichenstellungen in seinem Leben und kann diese nicht in sein Konzept des Lebenssinns integrieren.

Ein wirklicher Sinn des Lebens gibt dem vernunftbegabten Wesen also Sicherheit, die es letztendlich zufrieden und glücklich werden lässt. Der eigene Sinn des Lebens stellt dem-

nach eine große Unterstützung im Umgang mit den alltäglichen Höhen und Tiefen dar. Nun befinden wir uns derzeit durch die Coronapandemie in einer Krisensituation, die diese Frage erneut hoch aktuell und brisant werden lässt. Aus diesem Grund war der Philosophie- und Germanistikkurs von Anfang an begeistert am Werk, und zusammen beschrritten wir die zwei Wege der Sinnfrage: 1. Welchen Sinn hat das Leben an sich? und 2. Welchen Sinn gebe ich meinem eigenen Leben?

Zunächst wurde das Handwerkszeug beider Teildisziplinen der Wissenschaft erlernt, um umgehend mit der Textarbeit starten zu können. Der Kurs war dabei so aufgebaut, dass er sich täglich einer neuen historischen Epoche zuwandte und sich zunächst deren Hintergründe erarbeitete. Schließlich sind auch die Autoren Kinder ihrer Zeit. Vormittags wurde es dann philosophisch. Hier wurden anspruchsvolle Tex-

te, die sich den beiden oben erwähnten Sinnfragen widmeten, bearbeitet, verstanden und im Nachhinein genauer hermeneutisch analysiert, bzw. interpretiert. Dabei entstanden immer wieder hitzige Diskussionen, in denen die Argumente der von uns behandelten Philosophen unserem kritischen Blick standhalten mussten oder aber auch völlig verworfen wurden.

Nachdem nun die Handlungsanweisungen eines sinnhaften Lebens geprüft worden waren, widmeten sich die Nachmittage zumeist der Germanistik. Hier arbeiteten sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer in Gruppen- oder auch Einzelarbeiten durch verschiedene Textsorten, wie z. B. die Parabel oder das Gedicht. Im Vordergrund stand, nach einer gründlichen Textanalyse, vor allem die sinnvolle Gestaltung des eigenen Lebens. Es wurde also genauer geschaut, welche Themen, wie z. B. Liebe, Toleranz oder auch Autoritäten, einem Leben einen Sinn geben.

Man könnte meinen, dass dies schon Herausforderung genug für unsere Schützlinge gewesen wäre, aber in diesem turbulenten Jahr mussten wir uns auch der Herausforderung der Onlineakademie stellen.

Die Technik spielte allerdings bei unseren motivierten Jungphilosophen nur eine Nebenrolle. Mit viel Humor, geistreichen Gesprächen und unserer warmherzigen Schülermentorin konnte das so berühmte Akademiefieber auch dieses Jahr wieder vollständig um sich greifen und diesen Kurs für uns unvergessen machen. Ein herzliches Dankeschön an alle unsere Teilnehmer, und Ihnen, liebe Leser, genauso viel Freude beim Entdecken unserer Ergebnisse, wie wir selbst sie erlebten.

Methodik

Die vier Säulen der Philosophie

PIA KLINGERT, LENI WIETFELD

Als Vorbereitung auf die Sommerwoche und die Kursinhalte bezüglich unseres zentralen Themas des Sinns des Lebens setzten wir uns am Eröffnungswochenende zunächst mit der philosophischen sowie der germanistischen Metho-

dik auseinander, um diese im Anschluss auf die Originaltexte anwenden zu können. Wir stützen uns bei der philosophischen Methodik auf die folgenden methodischen Aspekte:

Präzise Begriffsklärung

Um die Methode der präzisen Begriffsklärung zu erarbeiten, begannen wir mit diesem Szenario: Eine Person läuft um einen Baum herum. Den Stamm dieses Baumes umrundet gleichzeitig ein Eichhörnchen, jedoch immer genau so, dass die Person es nicht sehen kann, da sich der Stamm stets zwischen ihnen befindet. Daraus ergab sich die Frage: Hat die Person nach einer vollständigen Runde nur den Baum oder auch das Eichhörnchen umrundet? Bei unserer anschließenden Diskussion in Kleingruppen wurde schnell deutlich, dass die Antwort auf diese Frage davon abhängt, wie das Verb „umrunden“ definiert wird. Wenn dessen Bedeutung als „etwas von allen Seiten gesehen haben“ festgelegt würde, so hätte die Person das Eichhörnchen nicht umrundet, lautete die Auslegung jedoch „an jeder Seite von etwas gewesen sein“, dann sehr wohl. Es ließen sich sicherlich noch viele weitere Definitionen für diesen Begriff finden, wichtig ist jedoch die Lehre, die wir daraus zogen: Für eine Diskussion müssen Begriffe stets klar definiert sein, damit alle Diskutierenden von derselben Grundlage ausgehen und Missverständnisse vermieden werden können.

Folgerichtiges Argumentieren/ Aussagenlogik

Der nächste Aspekt der philosophischen Arbeit stellt die Methode der Aussagenlogik dar, die sich mit dem Wahrheitsgehalt von Aussagen und ihren formallogischen Beziehungen beschäftigt.

Aussagen sind sprachliche Gebilde, in denen Behauptungen aufgestellt werden, die zutreffen können oder nicht (Wahrheitsgehalt), wie beispielsweise die Aussage: „Es regnet.“ Folgende zwei Axiome gelten für jede Aussage: Das „*tertium non datur*“ („ein Drittes ist nicht gegeben“) einerseits besagt, dass Aussagen nur wahr oder falsch sein können. Es trifft demnach entweder die Aussage selbst oder ihre Ver-

neinung (Negation) zu. Nach diesem Prinzip kann die Aussage A, „Es regnet.“, zutreffen oder nicht. Trifft A nicht zu, muss $\neg A$ („Es ist nicht der Fall, dass es regnet.“) zwingend wahr sein. Hierbei ist $\neg A$ („Es ist nicht der Fall, dass es regnet.“) nicht gleichzusetzen mit einer neuen Aussage B, z. B.: „Es scheint die Sonne“.

Der Satz vom „ausgeschlossenen Widerspruch“ andererseits bezieht sich auf die Unmöglichkeit, dass sowohl eine Aussage selbst als auch ihre Verneinung zutreffen. Ein Beispiel für einen solchen Widerspruch wäre die Aussage: „Es regnet und es regnet nicht.“ Diese beiden dargestellten aussagenlogischen Axiome kommen in der Philosophie bei der Überprüfung von philosophischen Texten auf Logikfehler und Widersprüche zur Anwendung. Gerade für das logisch fehlerfreie Argumentieren ist die Einhaltung der Axiome wichtig, da Argumente, deren Zweck die Überzeugung anderer von der Richtigkeit bestimmter Inhalte ist, aus Aussagen bestehen.

Aussagenlogische Argumente, mit denen wir uns im Kurs auseinandersetzen, werden wie folgt konstruiert. In aussagenlogischer Hinsicht wird zwischen Prämissen und Konklusionen unterschieden. Prämissen innerhalb eines Arguments sind Aussagen, welche die Schlussfolgerung stützen sollen. Sie können Annahmen, Voraussetzungen oder Fakten sein. Die gezogene Konklusion wird durch die Prämissen gestützt und soll durch diese „bewiesen“ werden.

Es gibt verschiedene Arten der Schlussfolgerung, die im Folgenden als Schlussweisen bezeichnet werden. Eine Schlussweise ist die Art und Weise, wie von den Prämissen auf die Konklusion gefolgert wird. Ein gültiges, beziehungsweise ein formallogisch fehlerfreies Argument zeichnet sich dadurch aus, dass der Konklusion zuzustimmen ist, sofern die Prämissen für wahr gehalten werden. Ginge ich beispielsweise davon aus, dass mein Hund ein Tier ist und Tiere nicht sprechen können, müsste ich der Konklusion, „Mein Hund kann nicht sprechen.“, zustimmen, da andernfalls das Argument nicht gültig wäre. Grundlegend wird zwischen induktiven und deduktiven Schlussweisen unterschieden.

Bei einem induktiven Schluss garantieren die Prämissen die Wahrheit der Konklusion nicht,

sondern machen sie nur wahrscheinlicher. Induktive Schlüsse ergeben neue Einsichten ohne Wahrheitsgarantie und sind durch ihren wissenserweiternden Charakter wichtig für die Wissenschaft. So lässt sich beispielsweise in der Medizin durch das Ermitteln von Symptomen auf eine Krankheit schließen, wodurch diese behandelt werden kann. Diese Diagnose kann sich durch weitere Untersuchungen jedoch als falsch herausstellen.

Ein häufiger induktiver Schluss ist der Verallgemeinerungsschluss, bei dem von Einzelfällen auf allgemeine Gesetze als Erklärung geschlossen wird. Ein Beispiel wäre das Argument: „Dieser Rabe ist schwarz, jene Raben sind schwarz, niemand sah je einen Raben, der nicht schwarz war, folglich sind alle Raben schwarz“. Dieser Schluss ist wissenserweiternd, wäre gleichzeitig jedoch durch die Sichtung eines weißen Raben sofort widerlegt.

Eine weitere induktive Schlussweise ist das abduktive Schließen, wobei von der Wirkung auf die beste Erklärung geschlossen wird. Ein abduktiver Schluss wäre beispielsweise: „Wenn Krankheit A vorliegt, ist Symptom B zu beobachten. Symptom B liegt vor und es gibt keine bessere Erklärung als Krankheit A, folglich ist Krankheit A eine wahrscheinliche Ursache für Symptom B.“

Die Wahrscheinlichkeit der Konklusionen abduktiver Schlüsse kann durch systematisches Ausschließen alternativer Erklärungen erhöht werden.

Der induktiven Schlussweise ist die deduktive Schlussweise gegenübergestellt. Bei der deduktiven Schlussweise muss die Konklusion bei wahren Prämissen notwendig wahr sein, sie wird deshalb auch als zwingendes Schließen bezeichnet. Deduktive Schlüsse kreieren kein neues Wissen, sondern Klarheit über den Inhalt der Prämissen. Sie sind wahrheitserhaltend. Deduktive Schlüsse, die in dieser Form immer Gültigkeit besitzen, sind der sogenannte „*modus ponens*“ („setzende Schlussfigur“) und der „*modus tollens*“ („aufhebende Schlussfigur“).

Der „*modus ponens*“ beschreibt Argumente der Form „Wenn A, dann B. A ist der Fall, folglich trifft B ebenfalls zu“, wie beispielsweise der

Schluss „Wenn es regnet, trägt Martha einen Regenmantel. Es regnet gerade, folglich trägt Martha einen Regenmantel“. An dieser Stelle sei nachdrücklich darauf hingewiesen, dass in der Aussagenlogik zwischen Inhalt und Form unterschieden werden muss.

Diese Inhalte sowie auch die folgenden beziehen sich primär auf die formallogische Struktur eines Arguments und nicht auf die inhaltliche Plausibilität.

Argumente mit dem Aufbau „Wenn A, dann B. B trifft nicht zu, folglich trifft auch A nicht zu.“, werden wiederum als „*modus tollens*“ bezeichnet. Ein Beispiel hierfür wäre: „Katzen haben vier Pfoten. Lars’ Haustier hat keine vier Pfoten und ist demnach keine Katze.“

Die Gültigkeit dieser Schlussweise besteht in ihrem argumentativen Aufbau („Wenn A, dann B. B trifft nicht zu, folglich trifft auch A nicht zu.“) und ist somit aussagenlogisch fehlerfrei. Sie ist unabhängig vom Inhalt und dessen Wahrheitsgehalt, denn für A und B lassen sich beliebige Aussagen einsetzen. Wollte jemand dem obigen Argument damit widersprechen, dass Lars’ Katze ein Bein fehlen könnte, wäre die Prämisse, dass Katzen vier Pfoten haben und damit die Schlussfolgerung, dass Lars’ Haustier keine Katze sein kann, falsch. Dies betrifft allerdings den fehlerhaften Inhalt, während das Argument aufgrund seiner Form noch immer gültig ist.

Den Inhalt und seinen Wahrheitsgehalt eines Arguments beschreibt die Schlüssigkeit: Ein Argument mit gültiger Schlussweise, das ausschließlich wahre Prämissen beinhaltet, muss, irrelevant, welche Prämissen eingesetzt werden (vorausgesetzt, sie sind wahr und die Form bleibt), eine wahre Konklusion haben. Solche Argumente mit wahren Prämissen und Konklusionen sind nicht nur gültig, sondern auch schlüssig.

Die Aussagenlogik war Teil der am Eröffnungswochenende erlernten Methodik. In unserem Kurs wurde sie zum Analysieren der Argumentation/Beweisführung in philosophischen Texten genutzt und diente beispielsweise als Werkzeug, um die Gottesbeweise der Philosophen Anselm von Canterbury und Thomas von Aquin zu widerlegen.

Gedankenexperimente/Hypothetisches Denken

Zur Erarbeitung dieses methodischen Aspektes erhielten wir eine provokante Fragestellung: „Können wir ausschließen, dass wir in Wahrheit nur ein von Forschern entführtes Gehirn in einem Tank mit einer Nährlösung sind, dem über eine Art Supercomputer alle Sinnesindrücke und somit die Außenwelt simuliert wird?“ Fasziniert von einem in unserer Runde radikalen Hinterfragen der materiellen Wirklichkeit entwickelten wir rasch wilde Theorien, wie sich dieses Szenario entkräften oder beweisen ließe, und welche Folgen dieses für die menschliche Zivilisation hätte. An diesem Beispiel lässt sich gut erkennen, was das hypothetische Denken für die Philosophie als Instrument so wertvoll macht: Es ermöglicht Philosophierenden, neue Sichtweisen zu erhalten, Inhalte zu veranschaulichen, ja sogar ganze Theorien aufzubauen, diese zu erweitern oder aber auch zu kritisieren.

Hermeneutik/Faire Textinterpretation

Abschließend für die philosophische Methodik beschäftigten wir uns mit der Hermeneutik oder auch der fairen Textinterpretation, wobei wir lernten, wie an einen philosophischen Text herangegangen wird. Die Textarbeit lässt sich in fünf Schritte unterteilen: Zunächst wird der Text das erste Mal gelesen, unklare Begriffe sowie das eigentliche Thema, das Ziel und die Position des Autors werden geklärt. Anschließend wird der Text in Abschnitte geteilt, um die Argumentationsstruktur erkennbar zu machen, wobei es auch gewinnbringend sein kann, die Zusammensetzung aus Prämissen (Grundannahmen) und Konklusionen (Schlussfolgerungen) feingliedrig zu analysieren, um eventuelle aussagenlogische Fehler aufzudecken. Darauf folgend kann sodann inhaltliche oder formale Kritik formuliert werden. Daran anschließend wird die Position des Autors und dessen Argumentation verteidigt. Dieser Schritt stärkt das genaue Textverständnis und die präzise Interpretation, da eine erneute sorgfältige Auseinandersetzung mit dem Text und der Position des Autors notwendig wird. Schließlich kann eine

abschließende Wertung vorgenommen werden, in welcher sowohl gut untermauerte Thesen des Autors als auch bleibende Kritik an der Argumentation angeführt werden.

Mit diesen methodischen Aspekten gerüstet für die philosophische Textarbeit fehlte uns also nur noch die germanistische Methodik, um in unsere Akademiezeit im Sommer zu starten.

5-Schritt Lesemethode

GRETA SEYBOTH

Da wir uns neben philosophischer auch mit germanistischer Literatur beschäftigen würden, hieß es für uns, auch das methodische Handwerkszeug der Germanistik zu erarbeiten.

Zunächst sprachen wir über verschiedene Lesetechniken, die wir in unserem Alltag bereits intuitiv anwenden: so zum Beispiel ein entspannendes, überfliegendes oder selektives Lesen. Dabei klärten wir noch einmal, wie die Lesetechniken mit den Leseabsichten und der Eigenart des Lesetextes zusammenhängen und lernten gleichzeitig noch weitere Arten derselben.

Im nächsten Schritt bedienten wir uns der Fünf-Schritt-Lesemethode, wobei wir zwischen zwei Textarten unterschieden: Zum einen die Sachtexte, die uns vor allem das Wissen über die Epochenmerkmale vermittelten, zum anderen die literarischen Texte, die wir dann im weiteren Verlauf unseres Kurses untersuchen sollten.

Für die Sachtexte ergab sich daher folgende Handlungsanweisung:

1. Du überfliegst den Text und stellst fest, wovon er inhaltlich handelt.
2. Du liest den Text ein zweites Mal, achtest dabei auf die Einzelheiten und klärst unbekannte Begriffe.
3. Du gliederst den Text und unterstreichst wichtige Schlüsselwörter oder Formulierungen; mit ihrer Hilfe kannst du Abschnittsüberschriften formulieren.
4. Du fasst die wesentlichen Inhalte und die Absicht des Verfassers zusammen.
5. Du nimmst persönlich Stellung und begründest deine Wertung.

Hinsichtlich der literarischen Texte ergaben sich diese 5 Schritte:

1. Formuliere erste Eindrücke.
2. Lies genau und vertiefend und beschreibe deine Eindrücke.
3. Formuliere Überschriften zu den einzelnen Inhaltsabschnitten.
4. Ermittle die Aussageabsichten des Textes und deut ihn.
5. Nimm Stellung und werte.

Nach dem Eröffnungswochenende waren wir also gut ausgerüstet in beiden wissenschaftlichen Disziplinen und starteten dann im Sommer gleich voller Elan in die Textarbeit, deren Ergebnisse wir Ihnen im Folgenden präsentieren.

Antike

Aristoteles

LENI WIETFELD

Nachdem die am Eröffnungswochenende erlernte Methodik nun dargestellt wurde, wollen wir uns, liebe Leserinnen und Leser, den erarbeiteten Kursinhalten der Sommerakademie zuwenden. Insgesamt lässt sich der Inhalt der Sommerakademie als eine Reise durch philosophische und dazu parallele germanistische Epochen beschreiben, die wir in der Antike, einem Zeitraum von ca. 800 v. Chr. bis ca. 500 n. Chr., begannen. Innerhalb der Antike beschäftigten wir uns mit drei großen philosophischen Theorien und ihren jeweiligen Vertretern.

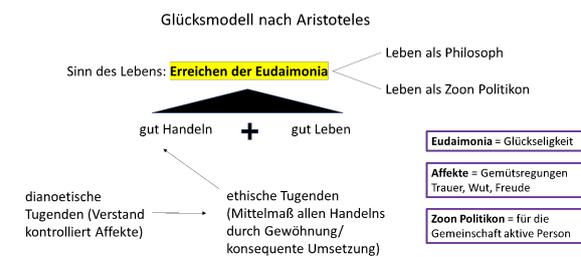
Einleitend befassten wir uns mit dem eudämonistischen Konzept des um 350 v. Chr. lebenden Philosophen Aristoteles. Aristoteles beschrieb den Menschen als Wesen mit veranlagten Möglichkeiten, sich selbst weiterzuentwickeln und intellektuell zu wachsen. Er erkannte im Menschen die Eigenschaft, sich nicht mit seinem faktischen Zustand zu begnügen, sondern stets nach mehr zu streben. Aristoteles war somit ein Teleologe, was bedeutet, dass er davon ausging, dass jede Handlung nach einem Ziel hin ausgerichtet ist. Da nun alles um eines anderen willen erstrebt werde (ein

Schüler möchte beispielsweise eine gute Note schreiben, um das Klassenziel zu erreichen, um Abitur zu machen, um ...), müsse es ein Endziel allen Handelns und Strebens geben, da das Konzept sonst ins Unendliche ginge und damit leer und sinnlos sei. Dieses Endziel müsse etwas Vollendetes, sich selbst Genügendes sein, das um seiner selbst willen angestrebt werde. Dieses Endziel wird von Aristoteles als „*Eudaimonia*“ bezeichnet. Aristoteles bezeichnet mit der „*Eudaimonia*“ kein Glücksgefühl, sondern ein insgesamt gutes und gelungenes Leben, dessen Vervollkommnung der Verwirklichung der menschlichen Natur und damit dem Glück entspricht. Den Schlüssel für das Gelingen des Lebens und damit für das Erfüllen des menschlichen Lebenssinns definiert Aristoteles im Gut-Sein, da das Streben nach Gut-Sein schon im Kleinen zu beobachten sei. So versuche beispielsweise ein Künstler, sein Gemälde gut zu zeichnen.

In seiner Glückskonzeption erläutert Aristoteles Kriterien, durch deren Einhaltung die „*Eudaimonia*“ erreichbar wird. Grundvoraussetzungen seien ein gutes Leben, mit möglichst wenigen Mängeln, die ein Hindernis für das Gut-Sein darstellen, aber vor allem das gute Handeln. Um Aristoteles' Definition von einem guten Handeln nachvollziehbar zu erläutern, muss zunächst auf seine Vorstellung von der Seele eingegangen werden. Diese besteht nach seiner Theorie aus einem vegetativen, einem affektiven und einem rationalen Teil. Pflanzen hätten ausschließlich einen vegetativen Seelenteil, der für die Grundbedürfnisse und das Überleben eines Wesens zuständig sei. Tiere besäßen zusätzlich einen affektiven Seelenteil, der durch Triebe und Gemütsregungen maßgeblich das Verhalten beeinflusse (ein Beispiel wären Hunde, die sich aus Futterneid um ihr Fressen balgen). Der Mensch sei das einzige Lebewesen, welches über alle drei Seelenteile, also neben dem vegetativen und affektiven auch über den rationalen, verfüge.

An dieser Stelle ist der Begriff der Tugend von Bedeutung, den Aristoteles als innere Einstellung beschreibt, wobei Tugenden Handlungen nach sich zögen, welche zur „*Eudaimonia*“ führen. Durch Zeit, Erfahrung und Belehrung könne der Mensch „*dianoetische*“ Tugenden (Ver-

standestugenden) anwenden, die den rationalen Seelenteil befähigten, auf den affektiven Teil einzuwirken, sodass der Mensch nicht von seinen Affekten geleitet, sondern bedacht, kontrolliert und ethisch handle. Nach Aristoteles kann eine Verhaltensweise ein zu vermeidendes Unter- oder Übermaß oder aber das ethisch korrekte Mittelmaß aufweisen. Geiz und Verschwendung seien beispielsweise Unter- und Übermaß von Freigiebigkeit. Handle ein Mensch konsequent nach dem Mittelmaß, indem er seine Affekte kontrolliere (ein Beispiel wäre ein Streit, der trotz hitziger Beteiligten nicht eskaliert, da auf Diplomatie gesetzt wird), erlange er nach Aristoteles' Theorie ethische Tugenden, deren Ausübung der Schlüssel zu gutem Handeln und damit zur „*Eudaimonia*“ sei.



Das Glücksmodell nach Aristoteles

In seiner Glückskonzeption unterschied Aristoteles zwischen drei Lebensweisen unterschiedlicher Wertigkeit: Zum einen nannte er das Genussleben (Hedonismus), dessen Glück und höchstes Gut in der Lust zu suchen sei. Aristoteles hielt diese Lebensform trotz ihrer Verbreitung für verwerflich, da ihr Reiz in oberflächlichen Genüssen stecke. Als erstrebenswert beschrieb der Philosoph dagegen das Leben als „*zoon politikon*“, als Person, die aktiv für die Gemeinschaft lebt und ihr Glück in der Ehre und Hochachtung sieht. Die Schwierigkeit dieser Lebensform ist laut Aristoteles jedoch die Vergänglichkeit von Ehre, weshalb das Leben als Philosoph vorzuziehen sei. Das Leben als Philosoph sei das Ehrenwerteste, da Verstand und Vernunft das Vornehmste im Menschen und das Glück aus der Erkenntnis das Unverfänglichste und Beständigste sei. Da für dieses erstrebenswerte Leben als Philosoph jedoch für den Menschen unerreichbare Lebensumstände von Nöten seien, sei dieses Leben in seiner Voll-

kommenheit nur den Göttern vorbehalten.

Zusammenfassend liegt der Sinn des Lebens nach Aristoteles im Erreichen der „*Eudaimonia*“ durch das Zusammenspiel eines guten Lebens und ethischen, sprich tugendhaften Handelns als Philosoph oder als „*zoon politikon*“.

Der folgende Philosoph aus der Antike, der kurz nach Aristoteles lebte und ebenfalls eine Glückskonzeption entwarf, sah den Weg zur „*Eudaimonia*“ völlig entgegen Aristoteles' Vorstellungen im Hedonismus.

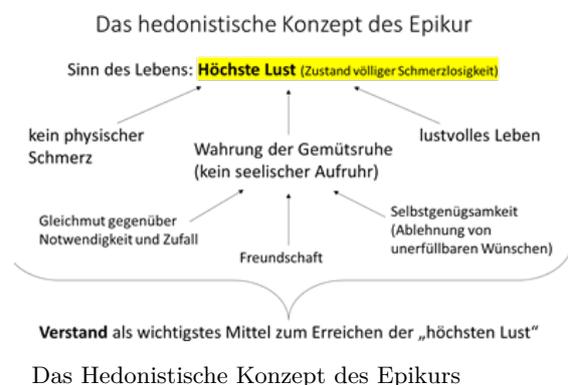
Epikur

LENI WIETFELD

Epikur war ein griechischer Philosoph der Antike, der etwa 300 v. Chr. lebte. Er beschäftigte sich ebenfalls intensiv mit dem Sinn des Lebens und dem mit ihm zur Zeit der Antike eng verbundenen Glücksbegriff. So erdachte Epikur eine Glückskonzeption, deren Sinn ein möglichst lustvolles Leben sei. Die höchste Lust definierte er als Zustand völliger Schmerzlosigkeit, welcher nach seinem Konzept das höchste zu erfahrende Glück darstelle. Eine Bedingung zum Erreichen dieses Zustandes sei das Eliminieren jeglichen physischen Schmerzes, darunter auch Mängel wie Hunger oder Durst. Zugleich bedürfe es der Freiheit von seelischem Schmerz und Aufruhr wie beispielsweise Angst, Verzweiflung oder Wut. Dies beschrieb Epikur als das Wahren der Gemütsruhe und benannte in diesem Zusammenhang drei zentrale Begriffe: die Selbstgenügsamkeit, den Gleichmut und die Freundschaft.

Die Selbstgenügsamkeit ver helfe dem Menschen zu einem Leben ohne unerfüllbare Wünsche und Bestrebungen. Epikur erklärte in diesem Zusammenhang, ein einfaches Stück Brot könne einen Menschen mit leicht erfüllbaren Bedürfnissen glücklicher machen als ein schwer zu erreichendes Festmahl einen Menschen mit vielen Begierden. Den Gleichmut benötige der Mensch, um seine Gemütsruhe nicht durch für ihn Unbeeinflussbares wie Zufälligkeiten oder Notwendigkeiten zu verlieren. So könne der Mensch beispielsweise dem Tod ohne Angst begegnen, indem er ihn als gegebene Notwendigkeit akzeptiere. Die Freundschaft weiterhin

solle als hohes Gut betrachtet werden, da durch sie Schmerz vermindert und Lust geschaffen werde. Das wichtigste Mittel zum Erreichen der höchsten Lust und das höchste Gut des Menschen ist laut Epikur die Vernunft, da sie ermöglicht abzuwägen, was Lust bereitet und wo Schmerz droht. So gebe es beispielsweise kurzfristige Lust, auf die Schmerz folgen könne oder höhere Lust, die vorangehenden Schmerz bedinge. Ein Beispiel wäre die Euphorie über den Sieg eines Marathons, welcher zu akzeptierende Anstrengung und Erschöpfung vorausgingen.



Die Motivation dazu, ein möglichst lustvolles Leben zu führen, sah Epikur im Tod als Ende des Lebens, denn innerhalb seines Konzeptes gibt es kein Leben nach dem Tod, da die Seele etwas Körpergebundenes ist, das aus kleinsten Teilchen besteht und sich nach dem Tod des Körpers zerstreut. Der Mensch müsse sich, gemäß dem hedonistischen Weltbild, keine angst-erfüllten Gedanken über den Tod machen und so seine Gemütsruhe gefährden, da der Tod eine zu akzeptierende Notwendigkeit sei, die nur im Augenblick ihres Eintretens von Bedeutung sei. Epikur drückte dies mit folgendem Zitat aus: „Für die einen ist er (der Tod) nicht da, die anderen sind für ihn nicht mehr da.“

Epikur ging davon aus, dass jeder Mensch über einen angeborenen apriorischen Gottesbegriff verfügt, und leitete daraus ab, dass es Götter geben muss, die den Menschen diese Gottesvorstellung implementiert haben. Nach Epikur sind die Götter gemäß dieser Vorstellung ewig und perfekt. Somit hätten Götter keine Schwächen, die sie am Erreichen der höchsten Lust hindern. Der Mensch müsse weder den Zorn der Götter fürchten noch auf die Hilfe der Götter

hoffen, denn als vollkommen glückliche Wesen brächten sie dem Menschen keinerlei Gefühlsregung entgegen, da dies ihre Gemütsruhe stören würde. Götter könnten folglich keine Aufgabe haben, da dies mit ihrem Sein als Wesen der höchsten Lust unvereinbar sei. Sie stellten keine Regeln auf, auf deren Einhaltung sie bestehen und somit sei ebenfalls ihre Anbetung verlorene Lebensmühe.

In Hinblick auf unser Kursthema, der Frage nach dem Sinn des Lebens, liegt die Sinnerfüllung nach Epikur in der für die Philosophie der Antike maßgeblichen Glückseligkeit („*Eudaimonia*“). Diese wird laut Epikur durch ein möglichst lustvoll gestaltetes Leben mit möglichst wenig Schmerz und in Unabhängigkeit von der Öffentlichkeit erreicht.

Eine dritte philosophische Konzeption der Antike, die ihren Schwerpunkt weniger auf die „*Eudaimonia*“ legt, ist der Stoizismus. Im Zentrum dieser Philosophie steht stattdessen die Vervollkommnung des Charakters, die sich auch in der aristotelischen Philosophie wiederfindet.

Stoa

GRETA SEYBOTH

Der Stoizismus war eine charakterorientierte Strömung in der Antike und lässt sich in drei Epochen gliedern: Die Ältere Stoa ab ca. 300 v. Chr., die Mittlere Stoa im 2. und 1. Jh. v. Chr. und die Jüngere Stoa vom 1. Jh. v. Chr. bis zum 2. Jh. n. Chr. Neben dem Aristotelismus und dem Epikureismus war der Stoizismus die dritte antike philosophische Lehre, mit der wir uns auseinandersetzten. Laut der Stoa kann nur derjenige ein glückliches Leben führen, der in allen Lebenslagen gelassen bleibt. Dabei sei es wichtig, sich niemals von Affekten hinreißen zu lassen und Gefühle mit Abstand zu betrachten, sodass sie keine Handlungen beeinflussten. Emotionen dürften also nie zum Motor von Handlungen werden. Nach dieser Vorstellung muss der Stoiker folgende charakterliche Ideale ausbilden: „Autarkie“ (Selbstgenügsamkeit) bedeutet, mit sich und seinen Verhältnissen zufrieden zu sein; „Apathie“ (Leidenschaftslosigkeit) bedeutet, negative Emotionen wie Zorn oder Neid nicht an sich heranzulassen; ge-

paart mit „Autonomie“ (Unabhängigkeit von äußerem Zwang), welche impliziert, in eigener Selbstbestimmtheit zu leben, führen diese drei Charakterideale zur „Ataraxie“ (Unerschütterlichkeit). Diese Unerschütterlichkeit gelte es zu erreichen, sodass ein Stoiker sich von nichts aus der Ruhe bringen lasse. Er ist somit „ataraktisch“.

Diese vier Charaktereigenschaften bilden die sogenannte „*vita activa*“. Doch was ist diese „*vita activa*“? Sie bezeichnet ein Leben gemäß der Natur. Mit Natur meint der Stoiker aber nicht Wald und Wiesen, sondern einen sogenannten allumfassenden Weltlogos. Der Weltlogos (*logos* = *griech. für Vernunft*) wurde als eine metaphysische Ebene in Form eines Ur-Feuers gedacht. In jedem Lebewesen sowie in jedem Gegenstand stecke ein Funke dieses Ur-Feuers, sodass metaphysisch betrachtet alles mit allem verbunden sei. Der Stoiker führe also ein Leben gemäß der Natur, indem er durch die Einsicht in die Weltvernunft (Weltlogos) sein Sein verstehe. Er erkenne alles als vernünftige Einrichtung des Weltlogos an und lebe hernach die vier idealen Charaktereigenschaften aus, sodass er in den Zustand der völligen Seelenruhe, der Ataraxie, gelange. Der Sinn des Lebens eines Stoikers ist also, ein Leben nach den vier idealen Charaktereigenschaften bzw. ein Leben gemäß der Natur zu führen. Voraussetzung ist, seine eigenen Emotionen unter Kontrolle zu haben.

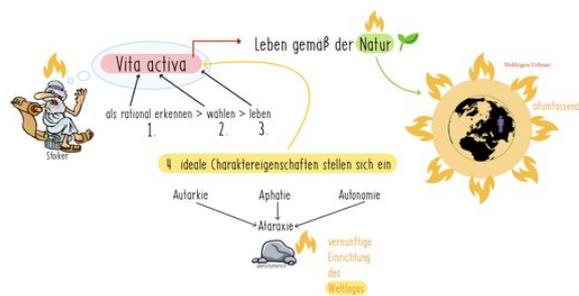


Schaubild Stoizismus

Doch während der Stoiker eben noch in Selbstbestimmtheit und völliger Ruhe lebte, sah es im Mittelalter mit dieser Autonomie ganz anders aus. Doch was rückte stattdessen in dieser Epoche in den Fokus? Um das zu beantworten, ist es notwendig, das Mittelalter zunächst historisch zu kontextualisieren.

Mittelalter

Das Mittelalter stellt das epochale Bindeglied zwischen der Antike und der Frühen Neuzeit dar und erstreckt sich von ungefähr 500 bis 1500 n. Chr. Innerhalb der Epoche des Mittelalters arbeiteten wir den Sinn des Lebens auf philosophischer Ebene und nun auch – weil es aus dem Hochmittelalter fruchtbare Texte diesbezüglich gibt – auf germanistischer Ebene heraus. Unser inhaltliches Augenmerk galt „vermeintlichen“ Gottesbeweisen und dem Minnesänger Walther von der Vogelweide.

Gesellschaftsordnung

JULIAN POSCHIK

Um die philosophischen Theorien zu begreifen, ist es notwendig, die Gesellschaftsordnung in der mittelalterlichen Epoche zu verstehen. Das Mittelalter war geprägt von einer starren Gesellschaftsordnung, der sogenannten Ständegesellschaft, welche – im damaligen Weltverständnis – Gott eingerichtet hatte und in der Gott über allem stand. Die beiden Stände Klerus und Adel genossen standesgemäße Privilegien, hatten Zugang zu Bildung (vornehmlich der Klerus) und unterdrückten aus heutiger Sicht den ungebildeten 3. Stand, der die große Mehrheit der Bevölkerung darstellte. Der gesamtgesellschaftliche Sinn des Lebens lag darin, sein eigenes Seelenheil zu kreieren, indem man seine jeweilige Aufgabe (beten, kämpfen oder arbeiten) zufriedenstellend erledigte, um dadurch eine Art „Eintrittskarte“ ins Jenseits zu erlangen.

Philosophie/Gottesbeweise

JULIAN POSCHIK

Mittelalterliche Philosophen gehörten meist dem Stand des Klerus an, also der gebildeten Elite. So wurden philosophische Texte oftmals nur von dieser kleinen Elite gelesen, wodurch es sich ergab, dass gerade diese Elite von den Gesellschaftsstrukturen im Mittelalter profitieren konnte, dadurch dass wenige Menschen die Möglichkeit hatten zu reflektieren und damit Sachverhalte zu hinterfragen.

Im frühen Mittelalter entstand die philosophische Bewegung der Patristik, die sich zur Aufgabe machte, die christliche Ordnung des Mittelalters unter Rückgriff auf die antike Philosophie zu begründen. Einer der bekanntesten Vertreter der Patristik war Aurelius Augustinus. Sein 410 n. Chr. erschienenenes Werk „*de civitate Dei*“ („Der Gottesstaat“) ist eine philosophisch-theologische Begründung der Gesellschaftsordnung des Mittelalters und eine genaue Anleitung zum Leben in der Ständegesellschaft. „*De civitate Dei*“ stellt das geistige Fundament dar, auf dem das Mittelalter die nächsten 1000 Jahre existieren sollte.

Zwischen 1000 und 1300 n. Chr. entwickelte sich die Scholastik, eine neue philosophisch-theologische Methodik, deren Vertreter sich existentiellen Fragen rational in ihrem Für und Wider widmeten. Die Scholastiker beschäftigten sich vor allem mit ontologischen Fragestellungen, d. h. mit Fragen nach der Existenz schlechthin. Dabei überlegten sich die Philosophen, ob eine Realität außerhalb der subjektiven Vorstellung des Menschen existiere und wenn ja, auf welche Weise. Um die Gesellschaftsordnung philosophisch zu begründen, war speziell die Frage nach Gottes Existenz relevant, denn auf ihr basierte das mittelalterliche Weltbild. Diese Legitimationsversuche erfolgten in philosophischen Gottesbeweisen, bei denen es nicht um Glaube oder Auslegung der Bibel ging, sondern darum, Gott rational, also mit der menschlichen Vernunft, endgültig und unwiderlegbar für alle zu beweisen. Bis heute gelang allerdings kein allgemeingültiger Gottesbeweis. Worin die beiden großen mittelalterlichen Gottesbeweise scheiterten, wird im Folgenden dargestellt.

Der ontologische Gottesbeweis – Anselm von Canterbury

JULIAN POSCHIK

Anselm von Canterbury geht bei seinem Gottesbeweis von mehreren Grundannahmen aus:

1. Canterbury definiert Gott als etwas, „über das hinaus Größeres nicht gedacht werden kann“.

2. Wenn etwas im Verstand existiert, kann auch gedacht werden, dass es in Wirklichkeit existiert.
3. Ein Sein in der Wirklichkeit steht qualitativ über einem Sein im Verstand. (Dies entspricht unserem heutigen Weltverständnis, bei dem ein Gegenstand für uns realer ist, wenn er vor uns liegt und wir ihn mit unseren Sinnen wahrnehmen, als wenn wir ihn uns nur vorstellen.)

Nun greift Canterbury die Behauptung eines Zweiflers auf, die lautet: „Gott existiert nicht.“ Wenn der Zweifler allerdings dies behauptet, dann existiert Gott als Idee, über welche er zweifelt, im Verstand des Zweiflers. Wenn also etwas, über das hinaus Größeres nicht gedacht werden kann, nur im Verstand existieren würde, dann wäre es nicht das, über das hinaus Größeres nicht gedacht werden kann (siehe 3). Gott ist aber das, über das hinaus Größeres nicht gedacht werden kann, deshalb kann er nicht nur im Verstand existieren. Das führt zu einem Paradoxon, und die Aussage „Gott existiert nicht“ ist widerlegt. Argumentationslogisch (*tertium non datur*) bleibt nur ein Folgeschluss: Gott muss existieren!

Canterburys Gottesbeweis ist ontologisch, da er sich auf die Frage der Existenz von Objekten stützt.

Wir fragten uns nun im Kurs, an welcher Stelle wir Canterburys Beweis angreifen können, um ihn zu widerlegen. Wir stellten fest, dass Canterburys Folgeschluss nicht angreifbar ist, denn Canterbury argumentiert mit aussagenlogisch gültigen Schlussweisen. Problematisch allerdings ist, dass wir – wie bei jeder Theorie – die drei Grundannahmen nicht akzeptieren müssen, sondern anzweifeln können, da sie Canterbury nicht begründet. Gleichzeitig ist Canterburys Definition von Gott willkürlich. Wir könnten alles für Gott einsetzen und die Existenz dessen anschließend mit diesem sachlogischen Schluss begründen.

Canterbury faszinierte uns im Kurs besonders, da zum einen das Herausarbeiten des Gottesbeweises aus dem Originaltext eine große Herausforderung darstellte, und wir zum anderen Spaß daran hatten, die Fehler in dieser Beweisführung zu suchen und zu entdecken.

Der kosmologische Gottesbeweis – Thomas von Aquin

JULIAN POSCHIK

Ein kosmologischer Gottesbeweis geht davon aus, dass es eine Ursache außerhalb der Welt für die Existenz der Welt geben muss. Thomas von Aquin führte fünf Ebenen der Beweisführung an, bei denen er sich immer desselben Argumentationsmusters bediente. Von Aquin schloss in seinen Beweisen von empirischen Einzelgegebenheiten auf die Gesamtheit aller Dinge, also auf eine Metaebene – seine Beweisführung ist demnach induktiv.

Exemplarisch für seine Vorgehensweise sei an dieser Stelle die erste Ebene beschrieben; die folgenden sind analog dazu zu verstehen, wobei sich lediglich der Argumentationsparameter ändert. Auf der ersten Ebene mit dem Argumentationsparameter der Bewegung („*ex parte motus*“) führte von Aquin an, dass jeder Bewegung ein sich selbst bewegender Auslöser vorgegangen sein muss, da sonst die Bewegung nicht hätte zustande kommen können. Dem bewegenden Auslöser müsse allerdings wieder ein Beweger vorausgegangen sein. Diese Kette würde ins Unendliche führen. Eine Schlussweise ins Unendliche ist argumentationslogisch allerdings unbrauchbar und wird als „*regressus ad infinitum*“ (unendlicher Rückschluss) bezeichnet. Unter Berufung auf den „*regressus ad infinitum*“ führte von Aquin einen Erstbeweger ein, den er Gott nannte.

Bei diesem kosmologischen Gottesbeweis ist aber nicht begründet, warum gerade für Gott keine weitere ins Unendliche führende Ursache oder Bewegung benötigt wird. Doch selbst wenn dies akzeptiert würde, wäre der Umstand eines Erstbewegers kein Beweis für einen metaphysischen Gott, denn von Aquin stellte keinen Zusammenhang zwischen dem Erstbeweger-Gott und gottestypischen Eigenschaften wie Allmacht oder Allwissenheit her.

Walther von der Vogelweide

JULIAN POSCHIK

Der Minnesänger Walther von der Vogelweide lebte um das Jahr 1200 und gehört damit

in die literarische Epoche des Hohen Mittelalters. Nun waren nicht mehr nur Geistliche die Autoren deutschsprachiger Literatur. Walther von der Vogelweide gilt als der erste Autor, der seinen Lebensunterhalt als Schriftsteller verdiente.

Wir beschäftigten uns mit seinem Reichston „Ich saz ûf eime Steine“. Darin übt Walther vor allem Gesellschaftskritik und beschreibt, wie sich ein lyrisches Ich in der Natur in Denkerpose begibt, um über einen Leitfaden für ein glückliches Leben nachzudenken. Dadurch skizziert er, was für ihn der Sinn des Lebens in der mittelalterlichen Gesellschaft sei, nämlich Besitz, Ehre und die Gnade Gottes – zu erwerben und zu vereinen.

Um diesen Sinn des Lebens zu erfüllen, müssen laut Walther zwei Dinge gegeben sein: Friede und Recht. In seinem Werk bemerkt Walther aber, dass diese nicht gegeben seien, sondern zu seiner Zeit Untreue und Gewalt vorherrsche, denn ein Konflikt zwischen den beiden Königen Otto dem IV. von Braunschweig und Philipp von Schwaben, die beide Anspruch auf den Thron erhoben, spaltete im Hochmittelalter die Macht im Reich, bestimmte das öffentliche Leben, und Gewalttaten waren allgegenwärtig. Schlussfolgernd fordert Walther eine schnelle Lösung des Konfliktes um die Führung im Reich, wodurch Friede und Recht wieder einkehren sollten. Somit lässt sich auch hier erkennen, wie tief verankert das mittelalterliche Weltbild der Ständegesellschaft in den Autoren dieser Zeit war.

Anschließend übertrugen wir im Kurs Walthers Feststellungen auf die Gegenwart und überlegten uns, welche drei Dinge in der heutigen Gesellschaft vergleichbar seien mit Besitz, Ehre und der Gnade Gottes und vereint werden sollten, um gut zu leben. Es entstanden modernisierte Versionen seines Werkes und eine rege Diskussion über Vorschläge, wie zum Beispiel:

soziale Verantwortung
 persönliche Integrität
 Verzicht auf dogmatische Intoleranz

Vorschläge für Besitz, Ehre und Gottes Gnade

Akzeptanz eines Selbst
 Vernunft
 Vertrauen

Vorschläge für sinnvolle Dinge des Lebens

demokratische Grundrechte
 Anerkennung der Menschenrechte
 Gleichheit vor dem Gesetz

Vorschläge für Friede und Recht

Der philosophische Diskurs über eine Existenz der Realität und die individuelle Sinnsuche auf germanistischer Ebene setzten sich in den folgenden Epochen fort, zunächst in der Frühen Neuzeit.

Frühe Neuzeit – 19. Jh.

In der Epoche der Frühen Neuzeit stiegen wir auf philosophischer Ebene ein mit den Erkenntnistheorien des Rationalismus und Empirismus, bevor wir uns auf germanistischer Ebene in der literarischen Epoche des Barock wiederfanden. Anschließend setzten wir unsere Reise durch die Zeit mit der Aufklärung fort, um schließlich für die Frühe Neuzeit abschließend die literarischen Epochen der Romantik und des Sturm und Drangs zu behandeln.

Empirismus/Rationalismus

PIA KLINGERT

Unseren Beginn in der neuen Epoche bildete also die damalige Gegenüberstellung der zwei Erkenntnistheorien des Empirismus und Rationalismus auf philosophischer Ebene, die beide das Erlangen wahrer Erkenntnis zum Ziel hatten. Zunächst betrachteten wir den Rationalismus, den wir uns anhand eines Textauszuges der „*Meditationes*“ von René Descartes erarbeiteten. Der Rationalismus sucht wahre

Erkenntnis rein aus dem Verstand, der Logik zu erschließen, da er Sinneswahrnehmungen als potentiell trügerisch einstuft. Diese Herangehensweise wird als „*apriorisch*“ bezeichnet. Ein Beispiel hierfür sind mathematische Gleichungen wie $2 + 2 = 4$, für deren Aufstellung keine Beobachtung der Außenwelt nötig ist. René Descartes selbst bedient sich der Methode des radikalen Skeptizismus: Durch das Anzweifeln des Wahrheitsgehalts aller von ihm wahrgenommenen Sinneseindrücke gelangt er zu dem Schluss, dass das Einzige, dessen er sich absolut sicher sein könne, die eigene Existenz sei. Dieser Feststellung entstammt sein berühmtes Zitat „Ich denke, also bin ich“. Von diesem Punkt aus beginnt sich Descartes anhand logischer Schlussfolgerungen die Welt zu erschließen. Er teilt diese in zwei Kategorien ein: die „*res cogitans*“, eine aktive, „denkende Sache“ – er selbst als „denkendes Ding“ – und die „*res extensae*“ – passive „ausgedehnte Dinge“, alles Übrige, Materielle. Alles von ihm Wahrgenommene, sogar sämtliche Lebewesen, sind für Descartes also erst einmal nur passive, d. h. wahrnehmbare Objekte. Woher aber stammt diese vermeintlich gesicherte „*res cogitans*“? Um das zu erklären, greift Descartes auf Gott zurück, da es ihm unlogisch erscheint, als einzige „*res cogitans*“ zu existieren. Gott habe bei der Einrichtung der Welt mehrere „*res cogitantes*“ erschaffen; damit lässt sich in Descartes' System auch die Existenz anderer Menschen erklären.

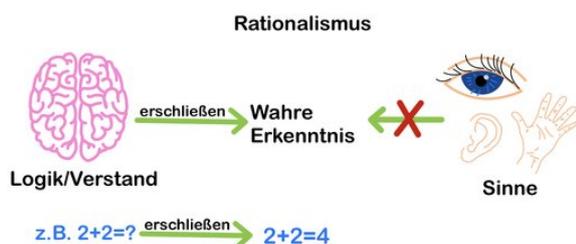


Schaubild Rationalismus

Der Empirismus bildet das Gegenstück zum Rationalismus. So geht er davon aus, dass der Mensch als „*tabula rasa*“ (unbeschriebene Tafel) auf die Welt komme und erst im Laufe seines Lebens durch Sinneseindrücke und Wahrnehmung der Außenwelt „beschrieben“ werde. John Locke, einer der bekanntesten Empiristen, beschrieb die Theorie in folgendem Zitat:

„Nichts ist im Verstand, was nicht vorher in den Sinnen war“. Erkenntnis kann laut dieser Theorie also ausschließlich aus der Sinneserfahrung und der Beobachtung erlangt werden. Diese Herangehensweise wird als „*aposteriorisch*“ bezeichnet. Beispielsweise würde ein Empirist aus der Beobachtung mehrerer weißer Schwäne schlussfolgern, dass alle Schwäne weiß sein müssen. An diesem Beispiel zeichnet sich bereits die Schwachstelle des Empirismus ab: Empirische Erkenntnisse können stets durch einzelne Gegenbeispiele widerlegt werden, da die Schlussweise induktiv ist. Wir erarbeiteten uns diese Erkenntnistheorie im Kurs anhand der Theorie von David Hume. Die Philosophen der frühen Neuzeit hatten also das Erlangen wahrer Erkenntnis zum Ziel, welches sie auf diametral entgegengesetzten Wegen verfolgten.

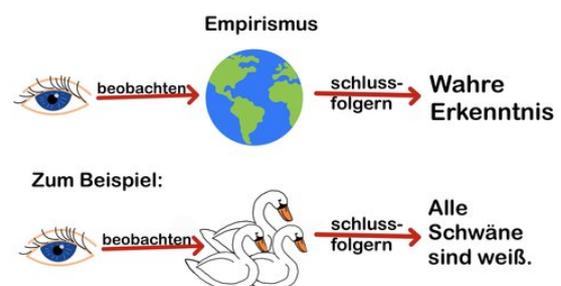


Schaubild Empirismus

Nachdem wir uns also mit der Gegenüberstellung der beiden Erkenntnistheorien des Empirismus und Rationalismus beschäftigt hatten, wandten wir uns dem zeitlichen Pendant auf germanistischer Ebene zu: Der Epoche des Barock und der darin enthaltenen Spaltung zwischen den beiden Lebenskonzepten „*Memento mori*“ und „*Carpe diem*“.

Barock

CHRIS DOBERER

Der Barock stellt eine Literaturepoche dar, welche sich vom 17. Jh. bis in den Anfang des 18. Jh. erstreckte. Gekennzeichnet wurde die Literatur dieser Epoche vor allem durch die Geschehnisse des Dreißigjährigen Krieges (1618–1648). So sah sich der Mensch zu dieser Zeit stets den Schrecken des Krieges und dessen verheerenden Folgen ausgesetzt. Diese aufzehren-

den Ereignisse verarbeiteten die Autoren der genannten Epoche u. a. in Form von Gedichten. Aus den von uns behandelten Gedichten „Es ist alles eitel“ von Andreas Gryphius und „Carpe diem“ von Martin Opitz ließen sich drei Leitbegriffe der Epoche ableiten: „Vanitas“, „Memento mori“ und „Carpe diem“. „Vanitas“ stellt eine Art Erkenntnis dar, und „Memento mori“ sowie „Carpe diem“, lassen sich als Lebensgefühl der Zeit identifizieren, deren Gegensätzlichkeit durch die Autoren innerhalb ihrer Werke durch die explizite Verwendung von Antithesen, also inhaltlicher Gegensätze, hervorgehoben wurden. Im Folgenden werden diese drei wohl eher unbekannteren Begriffe nun etwas näher erläutert, um das Leben der damaligen Zeit etwas verständlicher zu machen und somit die Verbindung zu unserem Kursthema, dem Sinn des Lebens, zu verdeutlichen.

„Vanitas“

Unter dem Begriff „Vanitas“ (lat. „Nichtigkeit, Eitelkeit“) lässt sich die zu der Zeit durch den Krieg erschlossene Erkenntnis verstehen, dass alles Irdische vergänglich sei. Somit habe der Mensch keine Gewalt über das eigene Leben und den unaufhaltsamen Tod und könne die Vergänglichkeit nicht aufhalten. Der Schriftsteller Andreas Gryphius verdeutlichte diese angesprochene Vergänglichkeit in seinem Sonett „Es ist alles eitel“ aus dem Jahr 1663. In diesem Sonett spricht Gryphius schon im ersten Vers über die „Vanitas“. Er behauptet nämlich, dass überall auf Erden nur Vergängliches zu sehen sei. Diese Behauptung untermauert er mit mehreren antithetischen Beispielen, so z. B.: „Was itzund prächtig blüht, soll bald zertreten werden.“

„Memento mori“

Eine der damaligen Handlungsoptionen stellt die Sentenz „Memento mori“ (lat. „Sei dir der Sterblichkeit bewusst“ oder „Bedenke, dass du sterben wirst“) zusammenfassend dar. Im Fokus des individuellen Lebens stand die Gottesfurcht und das Bemühen um den Eintritt ins Jenseits nach dem Tod. Auch diesem Gedanken widmete sich Andreas Gryphius und stellt

ihn in „Es ist alles eitel“, wie oben beschrieben dar. Das Thema „Memento mori“ wird vor allem in den letzten beiden Strophen des Sonetts als Schlussfolgerung der „Vanitas“ verdeutlicht. Durch die Aufzählung der „Nichtigkeit, [...] Schatten, Staub und Wind“, welche der Mensch als einzig wichtige Dinge sehe, bezieht Gryphius den „Vanitasgedanken“ auf den Menschen und weist auf, dass all diese Dinge nach dem Leben des Menschen ebenfalls zerfallen seien und somit nicht den Mittelpunkt des menschlichen Lebens darstellen sollten. Der letzte Vers „Noch will, was ewig ist, kein einig Mensch betrachten“ (einig = einzig) gibt also die Antwort auf seine zuvor im Gedicht selbst formulierte Frage, wie der Mensch bei all der Vergänglichkeit weiterhin bestehen könne. Die Konsequenz, die der Mensch daraus ziehen könne, sollte der Bezug oder die Orientierung auf das Ewige, also Gott und das Jenseits sein.

„Carpe diem“

Die zweite Handlungsoption, mit der die damaligen Menschen auf die Erkenntnis „Vanitas“ reagierten, nennt sich „Carpe diem“ (lat. „Nutze den Tag.“). Der wesentliche Appell des darunter zu verstehenden Gedanken ruft die Menschen auf, in der Gegenwart zu leben und das „Jetzt“ zu genießen. Ein Ausschnitt aus dem Gedicht „Carpe Diem“, geschrieben von Martin Opitz aus dem Jahre 1624, „Hola, Junger, geh' und frage wo der beste Trunck mag seyn, nimb den Krug, und fülle Wein“, zeigt genau diesen Aufruf, Spaß zu haben. Das Genießen und Erfreuen an schönen Dingen wie die Natur, dem leiblichen Wohl oder Menschen, die einen glücklich machen, stehen im Vordergrund. Das Gedicht von Opitz ließ sich gut an der Gegenwart reflektieren, da das lyrische Ich den „Carpe diem“-Gedanken anhand seines Alltags verdeutlicht. Schlussendlich wird die Botschaft übermittelt, dass der Mensch aufhören sollte, das Leben wie im „Memento mori“-Gedanken geringzuschätzen und jeden Moment mit allen Sinnen genießen sollte, denn der Tod ist unausweichlich.

Durch die Erarbeitung dieser bedeutsamen Leitbegriffe und der Auseinandersetzung mit denselben – „Memento mori“ und „Carpe

diem“ – erhielten wir die Möglichkeit, daraus weitere Erkenntnisse für uns zu gewinnen. Die Epoche des Barock und deren Literatur war durch ihren prägenden Charakter für unser Kursthema unglaublich gewinnbringend. Gerade die Literaten hatten eine Art Erfüllung des Lebens oder gar Sinn des Lebens im Fokus, sodass in der Zeit des Barock der Sinn vieler Menschen ein Leben als eine der beiden Reaktionen auf die Erkenntnis „*Vanitas*“ war. Und dies zeigt auf, welch großes Erkenntnispotential solche Ereignisse wie Kriege oder Krisen haben können, um sich die Frage nach einem sinnvollen Handeln während seines Lebens überhaupt zu stellen. Aber es führt einem dennoch vor Augen, wie auch solche negativen Einschnitte unser Befinden beeinflussen und wie wichtig es ist, diese zu erkennen und konstruktiv zu bewältigen.

Sturm und Drang

VICTORIA KALIG

Im Verlauf der Akademiezeit behandelten wir nach dem Barock zwei weitere Epochen der Germanistik. Bemerkenswert sind hierbei die feinen Gemeinsamkeiten zur Philosophie und ihre inhaltliche Nähe zu derselben, wie beispielsweise die Sichtweise auf den Sinn des Lebens, der im Kurs erarbeitet werden sollte, oder den Mitteln, um diesen zu erreichen. Wie bei den beiden Erkenntnistheorien lässt sich auch zwischen dem Sturm und Drang und der Romantik eine Ambivalenz erkennen.

Die Literaturepoche des Sturm und Drang weist in ihrer Denkweise deutliche Ähnlichkeiten zur geistesgeschichtlichen Epoche der Aufklärung auf. Dies ist nicht verwunderlich, da der Sturm und Drang heutzutage als Ergänzung zur Aufklärung angesehen wird. Ergänzung insofern, dass beiden Epochen der Schlüsselbegriff der Vernunft und das anthropozentrische Weltbild zugrunde liegt. Die Aufklärung betont allerdings den Verstand, während der Sturm und Drang die Leidenschaft in sein Zentrum rückt.

Die Literatur erfuhr im Sturm und Drang einen regelrechten Durchbruch, da das Lesen immer populärer wurde und Bücher einfacher erhält-

lich waren. Deshalb konnten vielfältige Aspekte der Zeit effektiv in Werken von beispielsweise Schiller, Goethe oder Herder verwendet und bekannt gemacht werden. Eine ausdrucksstarke Sprache für das Darstellen der Emotionen und neuer Gedanken, oft kombiniert mit Provokationen und Sarkasmus, kam dabei zum Einsatz, um gerade die oben erwähnte Leidenschaft darstellen zu können.

Der Sturm und Drang war eine sehr emotionale Epoche – ein Wirrwarr aus Gefühlen und Gegenbewegungen, die sich auf vielerlei Weise zu entfalten suchten. Zentral war jedoch die Beibehaltung der aufklärerischen Gedanken, so beispielsweise der des anthropozentrischen Weltbilds, die sich auch in den damaligen „Genies“ widerspiegelten. Genies repräsentierten Personen, die sich selbst reflektierten und in den Mittelpunkt stellten sowie nach ihren eigenen Regeln lebten. In dem Individualgenie vereinigte sich die eigene schöpferische Kraft, die keinen Regeln der Gesellschaft, sondern einzig den eigenen Empfindungen gehorchte. Betont wurde demnach sehr oft das „Herz“. Sehr deutlich zeigt sich der Geniekult in Goethes Gedicht „Prometheus“, das 1774 verfasst wurde.

Goethes Werk thematisiert die Figur des Prometheus, ein wütender Titan, der sich von Zeus im Stich gelassen und vergessen fühlt. Er prangert dessen Rücksichtslosigkeit und Ignoranz an, fordert ferner, dass sich das Individuum von den Göttern abwenden sollte; er ist unabhängig, rebellisch und leidenschaftlich – typische Eigenschaften damaliger Genies.

Zur Analyse des Verhältnisses zwischen Zeus und Prometheus entwarfen wir ein Schaubild, durch das deutlich werden sollte, dass dem traditionellen Bild einer Überordnung der Götter über den Menschen in dieser Epoche eine klare Absage erteilt wurde. Das Lyrische Ich sieht sich auf derselben Ebene wie die Götter, was ebenso ein sehr prägender neuer Gedanke der Genies war. Anstatt den „höheren Gewalten“ untergeordnet zu sein, sollte sich der Mensch von diesen abwenden und frei machen.

Anhand Goethes Werk „Prometheus“ lässt sich demnach sehr gut der damalige Sinn des Lebens herausarbeiten, den die Stürmer und Dränger vordergründig vertraten: Der Mensch soll sich

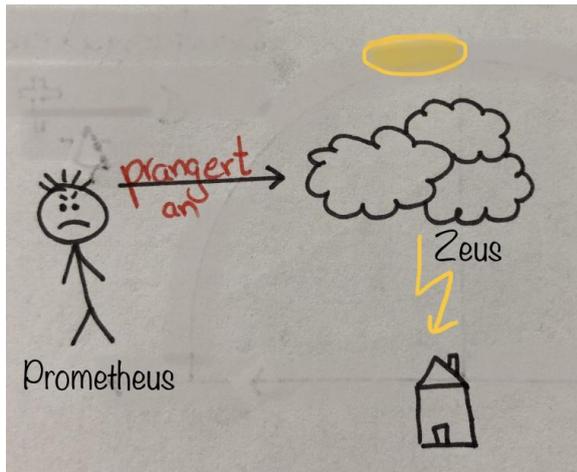


Schaubild Prometheus

von Autoritäten lösen, die aufklärerischen Gedanken beibehalten und starke Emotionen ausleben. Durch die oben dargelegten Erkenntnisse konnten wir diese zum einen historisch besser einordnen, zum anderen aber auch neue Denkanstöße, wie das Hinterfragen bereits gegebener Weltbilder gewinnen. Im Hinblick auf unser Kursthema stellten wir uns abschließend unseren Autoritäten und verfassten dazu ein Parallelgedicht.

Romantik

VICTORIA KALIG

Im Gegensatz dazu steht die zeitlich spätere Literaturepoche der Romantik. Anhand mehrerer Zitate fassten wir epochentypische Merkmale zusammen, wie beispielsweise die Idealisierung von Musik und Märchen, die Verklärung der kindlichen Einfachheit, die eine gewisse Naivität implizierte, und ebenso die Abwendung von der rational erfassbaren Außenwelt. Letztgenannter Aspekt stellte mitunter den größten Unterschied zum Sturm und Drang dar. Denn wo die Stürmer und Dränger die Vernunft als wichtigen Schlüsselpunkt für das Abwenden von Autoritäten und somit als essenzielles Instrument, um den Sinn des Lebens zu erreichen, ansahen, kehrten sich die Romantiker von ebendieser ab, um eine ideale Welt zu schaffen. Große Gefühle wie Liebe und Verlangen erlebten dahingegen vermehrt literarische Aufmerksamkeit.

Ausschnitte aus der Novelle „Aus dem Leben eines Taugenichts“ von Joseph von Eichendorff,

die in der Epoche der Romantik entstand, untersuchten wir sorgfältig, um die dargelegten Epochenmerkmale genau herauszufiltern. Protagonist der Geschichte ist der Taugenichts, der ein fast schon naives Vertrauen in die große, weite Welt hegt, als er von seinem Vater aufgrund seiner angeblichen Faulheit fortgeschickt wird.

Dies sieht er allerdings nicht negativ oder als Kritik. Im Gegenteil: Er macht sich frohgemut auf, um frei umherzuwandern. Im Taugenichts vereinen sich die oben genannten Epochenmerkmale: Er wandert als prototypischer Romantiker umher, geht keiner regelmäßigen Tätigkeit nach, ist kindlich naiv und deshalb sorglos, optimistisch und voller Gottvertrauen. Außerdem wird sein Bezug zur Natur erkennbar, da diese mehrmalig beschrieben wird. Während seiner Reise verliebt er sich in eine schöne Dame, über die jedoch nicht viel bekanntgegeben wird. Seine Liebe wird nur in Form von Sehnsucht, tagträumerischen Ideen und völliger Hingabe thematisiert. In dieser typisch romantischen Liebe ist der Taugenichts sehr schüchtern, betrachtet die Dame nur aus der Ferne, was ein formelhaftes Aussehen inkludiert, und möchte sie mithilfe von kleinen Geschenken beeindrucken.

Nachdem wir uns ausführlich mit dem Gedicht und der Novelle beschäftigt und verstanden hatten, was die Menschen zu diesen Zeiten bewegte, stellten wir uns jeweils die Frage, ob diese Themen auch heute noch aktuell sind und unserem Leben einen Sinn verleihen könnten. Die Romantiker sahen weitestgehend ihren Sinn darin, sich von der Aufklärung abzuwenden und sich den für sie wichtigen Elementen im Leben zu widmen. Eines dieser Elemente war beispielsweise die Liebe, die ausgelebt werden sollte. Dazu haben wir uns über das Zitat „Da, wo Liebe ist, ist der Sinn des Lebens erfüllt“ von Bonhoeffer im Diskurs ausgetauscht.

Aufklärung

VICTORIA KALIG, ALEXANDER FARBER

Die vorangegangenen Denkmuster der Epoche des Sturm und Drang hatten bereits darauf aufmerksam gemacht, dass der Mensch vermehrt

vernunftbasierten Denkmustern folgt. Die Hinwendung zu den letztgenannten wird als „Zeit der Aufklärung“ bezeichnet. Diese höchst einflussreiche geistesgeschichtliche Epoche ist von etwa 1715 bis 1790 einzuordnen und ihr Hauptgedanke wird durch den Leitspruch bis in die heutige Zeit von Immanuel Kant deutlich: „*Sapere Aude!*“ – „Habe Mut, dich deines eigenen Verstandes zu bedienen!“ Hiermit wird ein deutlicher Paradigmenwechsel nach Jahrhunderten eingeleitet, in denen die Kirche die Hoheit über die Denkmodelle innehatte. Was ist aber mit diesem Zitat genau gemeint?

Kant und seine Mitstreiter luden hier die denkenden Menschen dazu ein, den von der Kirche vorgegebenen Rahmen mutig zu überprüfen, sich selbst ihres Verstandes zu bedienen und dabei auch Neues zu versuchen. Dadurch eröffneten sich nicht nur neue Denkmöglichkeiten für das Individuum, sondern auch innerhalb wissenschaftlicher Disziplinen konnte eine Aufbruchsstimmung vernommen werden, da zum einen die Menschen nun den Mut fanden, kirchliche Dogmen in Frage zu stellen, und zum anderen wissenschaftliche Erkenntnisse in ihrer Letztbegründung nicht theologisch fundiert wurden. Das theozentrische Weltbild wandelte sich mehr in ein anthropologisches Weltbild, weil das rationale Denken die Grenzen der Vorstellung um ein Vielfaches erweiterte. So lässt sich auch der Umschwung des geozentrischen Weltbilds der Kirche zu dem heliozentrischen erklären. Der Mensch versuchte, sich mittels seiner Vernunft die Strukturen der irdischen Welt zu erklären.

Dabei ist es wichtig anzumerken, dass die Religion keineswegs in den Hintergrund rückte, sondern nur nicht mehr die bisherige Präsenz in den Theorien der Philosophen dieser Zeit einnahm. An dieser Stelle seien einige bekannte Philosophen der philosophischen Aufklärung genannt: Descartes, Locke, Voltaire und auch Immanuel Kant, mit dessen Theorie zum Sinn des Lebens wir uns beschäftigten.

Laut Kant leben Menschen in einer „selbstverschuldeten Unmündigkeit“ – was genau ist aber damit gemeint? Kant behauptete, Unmündigkeit sei das Unvermögen, sich seines Verstandes ohne Leitung eines anderen zu bedienen. Wie

genau sich Kant vorstellte, dass ein Mensch in Mündigkeit agiert, kann nur verständlich werden, wenn dazu vier Kriterien erläutert werden: Verstand, Mut, Freiheit und Vernunft. Der Verstand liefere Begriffe, die wiederum Strukturen liefern und damit ein Einordnungssystem bilden. Er bilde hier die Basis, die dem aufgeklärten Menschen ermögliche, so zu argumentieren, dass der neue, eher rationale Ansatz in der Argumentation gegen die Vertreter des theozentrischen Weltbilds aufgebaut werden könne.

Der Verstand ermöglicht dabei Kants andere Faktoren. Mut spielt für Kant eine essenzielle Rolle, da er für das Befreien aus der eigenen Unmündigkeit aufgebracht werden muss. Die Freiheit ist nach Kant eine Nicht-Existenz von Einschränkungen, die die Grundlage bildet, um die Vernunft überhaupt gebrauchen zu können. Freiheit müsse gegeben sein, um sowohl den Mut als auch die Vernunft aufbringen zu können, und sei somit ein grundlegendes Kriterium. Die eben genannte Vernunft stellt für Kant ein weiteres eigenständiges Instrument der Aktivierung des Verstandes dar. Nach ihm ist die Vernunft ein Beurteilungsinstrument, das Handlungen und Charaktereigenschaften wertet und in moralisch oder unmoralisch differenziert. Jedoch müsse vor dem Einsatz der Vernunft der Verstand bereits mehrere Kategorien geschaffen haben, um die Vernunft nach diesen Vorgaben werten zu lassen.

Diese vier Kriterien seien die Grundvoraussetzung des Mündigseins, die Kant vom Menschen fordert, da im mittelalterlichen Weltbild Strukturen gegeben waren, die diese Mündigkeit blockierten. Zusammenfassend lässt sich aus dem Vorangegangenen formulieren, dass der Mensch selbst denken und reflektieren, seine eigenen Urteile fällen und sich von externen Dogmen befreien, aber auch seinen Überzeugungen entsprechend handeln solle. Dabei gelingt das laut Kant nur wenigen Menschen, weil es verführerisch und bequem ist, sich auf bereits gegebene Fakten zu verlassen und die Verantwortung oder wichtige Entscheidungen anderen zu überlassen, jedoch stehen diese Faulheit und Bequemlichkeit dem autonomen Denken im Weg.

Kant fordert den Menschen dazu auf, autonom zu denken und sich von Dogmen und Regeln der

Kirche zu befreien. Er propagiert als Sinn des Lebens das Prinzip der menschlichen Autonomie und der damit einhergehenden Mündigkeit gegen die Willkür des absolutistischen Staates.

Nathan der Weise

VICTORIA KALIG

Ein typisches Drama der Aufklärung ist „Nathan der Weise“, das Gotthold Ephraim Lessing 1779 veröffentlichte. Das fünfaktige Werk stellt primär den Toleranzgedanken bezüglich der drei monotheistischen Religionen – das Judentum, das Christentum und der Islam – in den Mittelpunkt und liefert deshalb eine wichtige Idee der Aufklärung, es vermittelt also ein philosophisches Prinzip.

Es handelt von dem namensgebenden Juden Nathan, der zurück nach Jerusalem kehrt, in dem sich drei Weltreligionen zu behaupten suchen. Nathan erfährt, dass seine Tochter Recha von einem Tempelherrn vor dem Feuertod gerettet wurde, und bewegt ihn dazu, den Dank seiner Tochter entgegenzunehmen. Es stellt sich heraus, dass eben dieser Tempelherr sein Leben der unerwarteten Begnadigung des muslimischen Sultans Saladin verdankt, weil letzterer in dem jungen Mann eine Ähnlichkeit zu seinem verstorbenen Bruder bemerkte.

Unterdessen verliebt sich der Tempelherr in Nathans Tochter Recha und begehrt sie zur Frau, jedoch verweigert ihm Nathan dies. Es stellt sich heraus, dass Nathans Tochter, ohne es zu wissen, Christin und gar nicht seine Tochter ist. Außerdem erkennt Nathan nach einigen Hinweisen in dem Tempelherrn ihren Bruder, und der Sultan Saladin stellt fest, dass der Tempelherr der Sohn seines verstorbenen Bruders ist. Fünf Menschen – mit gänzlich unterschiedlicher Religionszugehörigkeit – erkennen, dass sie eine Familie sind.

Innerhalb der Handlung unterzieht der Sultan Saladin Nathans vielgepriesene Weisheit einer Prüfung und fragt, welche der drei großen Religionen, die christliche, jüdische oder islamische, eigentlich die wahre sei. Nathan antwortet mit der für das Werk bekannten Ringparabel. Nach dieser besaß ein König einen Ring, der die Eigenschaft hat, „vor Gott und Menschen ange-

nehm zu machen“. Dieser Ring wurde laut der Parabel seit Jahrhunderten vererbt, bis er auf einen König traf, der drei Söhne besaß und zwei Duplikate anfertigen ließ, weil er alle drei gleich liebte. Jeder der drei Söhne habe also einen Ring erhalten. Kurz darauf sei der König verstorben. Wie die Parabel weiter berichtet, kam heraus, dass drei identische Ringe vorhanden waren und die Brüder darüber in Streit gerieten. Ein hinzugezogener Richter sollte daraufhin den wahren Ring ausfindig machen, jedoch sehe sich dieser dazu außerstande, und der wahre Ring bleibe unerkannt. Allerdings rate er den Söhnen, jeweils an seinen eigenen Ring als den wahren zu glauben und ein rechtschaffenes, vorurteilsfreies Leben zu führen.

In der Ringparabel, die wir analysierten und deuteten, wird ein Toleranzgedanke behandelt. Jeder Ring stehe dabei für eine der drei monotheistischen Weltreligionen und der Streit der Brüder für die Konflikte zwischen den Glaubensrichtungen. Diese Konflikte sind nach Nathan (oder nach Lessing) unsinnig, da alle drei Religionen zunächst gleichwertig sind, weil sie demselben Ursprung entstammen. Die Frage nach dem wahren Ring, bzw. der wahren Religion stelle sich daher nicht mehr, wenn sie den Maximen Toleranz und Nächstenliebe entsprechen.

Lessings Werk liegt also der aufklärerische Gedanke zugrunde, dass religiöses Verhalten nicht an eine konkrete positive Religion gebunden ist, sondern aus vernunftgemäßem, humanem Verhalten entsteht. Eine Aufhebung des Absolutheitsanspruches der Religion ist nach dem aufgeklärten Menschen eines der Mittel, die zu einem sinnvollen Leben führen können.

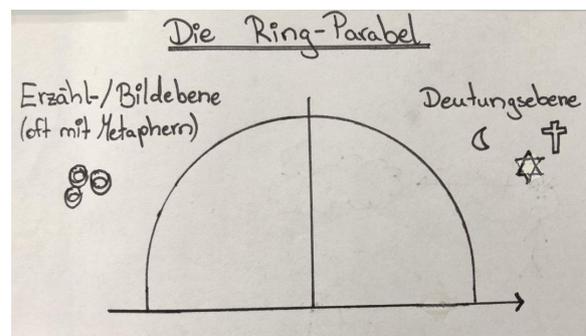


Schaubild Ringparabel

Neuere Geschichte

In der abschließenden Sequenz über die Epoche der neueren Geschichte setzten wir uns mit der Philosophie des 19. Jahrhunderts auseinander und taten dies anhand der Philosophen Arthur Schopenhauer, Karl Marx und Friedrich Nietzsche. Auf germanistischer Ebene betrachteten wir die Epoche des Expressionismus.

Schopenhauer

PIA KLINGERT

Den Einstieg in diese Zeit bildeten die Überlegungen Schopenhauers. Um dessen Thesen zum Sinn des Lebens zu verstehen, beschäftigten wir uns zunächst mit seiner irrational-metaphysischen Theorie zum Aufbau der Welt.

Schopenhauer geht von einem Dualismus zweier Ebenen aus: Die erste Ebene sei der sogenannte „Wille“, eine irrational-metaphysische Instanz, die hinter allem Wahrnehmbaren vermutet werde, wobei sie weder Zeit noch Raum noch Kausalität unterliege. Dieser Wille habe einzig das Ziel, sich zu objektivieren, das heißt zum Objekt zu werden. Genau das geschehe auf völlig irrationale Weise, in der zweiten, der wahrnehmbaren Ebene – die Ebene, die Schopenhauer „Vorstellung“ nennt.

Laut ihm sind nämlich alle Objekte, die in dieser existieren und vom Menschen wahrgenommen werden können, nichts anderes als verschiedene Objektivierungen des metaphysischen Willens in unterschiedlich komplexen Stufen, begonnen bei den Naturkräften, über den Stein, den Baum und das Tier bis hin zum Menschen, der die höchste Stufe der Objektivierungen darstellt. Der Name „Vorstellung“ rührt daher, dass nach seiner Theorie für jedes erkennende Wesen alle anderen sowie alles andere nur in der eigenen Vorstellung existieren, also vom Bewusstsein des jeweiligen Individuums abhängig erscheinen.

Erkenne der Mensch nun aber den oben beschriebenen Aufbau der Welt – somit das Prinzip allen Seins –, so ziehe das eine Konsequenz auf ethischer Ebene nach sich: „*Tat tvam asi*“ – „das bist du“. „*Tat tvam asi*“ ist eine aus

dem Buddhismus stammende Sentenz, die eine derartige Erkenntnis bezeichnet, dass metaphysisch betrachtet alles ein und dasselbe – nämlich Wille – ist. Statt jedes Individuum gesondert als Wesen und „Nicht-Ich“ zu betrachten, sehe der Erkennende die metaphysische Einheit aller Existenz. Es finde also eine vollständige Identifikation mit dem Gegenüber statt, wodurch sich nun eine weitere Konsequenz ergebe: Wenn das Gegenüber metaphysisch gesehen dasselbe sei wie das eigene Ich, sei auch das Leid des Gegenübers das eigene Leid. Daraus folge das Mitleid mit dem anderen als metaphysisches „Mit-Leiden“, was bei Schopenhauer also nicht mit dem Mitleid unseres alltäglichen Sprachgebrauchs gleichzusetzen ist. Die logische Schlussfolgerung daraus sei schließlich, dem Gegenüber und somit sich selbst so wenig Leid wie möglich zuzufügen: „Schade niemandem, hilf sogar allen so viel du kannst“, lautet ein bekanntes Zitat Schopenhauers diesbezüglich.

Aus der Erkenntnis des Dualismus der Ebenen folge also die vollständige Identifikation mit dem Gegenüber, die dann wiederum zur Aufhebung des Egoismus und stattdessen zu Mitleid, also – bei Schopenhauer – zu moralischen Handlungen führe. Als Fazit lässt sich bezüglich unseres Kursthemas folglich formulieren: Schopenhauers Sinn des Lebens ist ein durch metaphysische Erkenntnis bedingtes mitleidiges, moralisches Handeln.

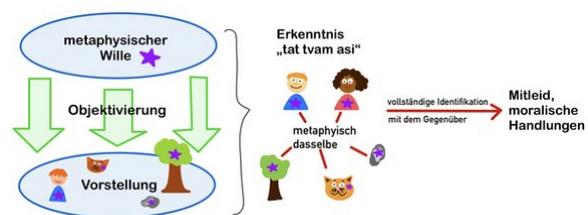


Schaubild zu Schopenhauers Theorie

Nachdem wir also Schopenhauers Ausführungen hinreichend durchschaut hatten, wandten wir uns einem Denker zu, dessen Theorien nur wenige Jahrzehnte später begannen, die Welt zu verändern und ganze Staatsformen und Strukturen diverser Länder neu zu prägen: Karl Marx.

Marxismus

LENI WIETFELD

Der Marxismus ist eine ökonomische Philosophie, die auf Karl Marx und Friedrich Engels, zwei Philosophen des 19. Jahrhunderts, zurückgeht. Im Zuge der sich zu ihren Lebzeiten abspielenden Industrialisierung, bei der die Manufaktur zunehmend durch Maschinen und Fabrikarbeit ersetzt wurde, kritisierten Marx und Engels die Spaltung der Gesellschaft in Klassen und die Zentralisierung des Kapitals auf die einflussreichsten Klassen. So gab es die Unternehmer (Bourgeoisie), die immer mehr Wohlstand anhäuften, während sie die Arbeiterklasse (Proletariat) ausbeuteten, welches unter oft menschenunwürdigen Bedingungen in den Fabriken schuftete und kaum genügend Lohn zum Überleben erhielt.

Laut Marx und Engels Stufenmodell ist die Geschichte der Menschheit geprägt von hierarchischen Gesellschaftsordnungen, in der eine wohlhabende Herrscherklasse zu ihren Gunsten unterdrückt und ausbeutet. So habe sich die Menschheit von der Urgesellschaft des Tauschhandels über die Sklavenhaltergesellschaft weiter über den Feudalismus bis hin zum Kapitalismus entwickelt. Der Marxismus beschreibt, dass Machtverhältnisse und Klassen aus den Produktionsverhältnissen in Fabriken entstünden. Nach Marx sind diese Produktionsverhältnisse veränderlich und in ständiger Entwicklung, da die Klassen konkurrieren, unterdrücken und ausbeuten, bis es zur Revolution durch die Beherrschten kommt. Dies bezeichnete Marx als einen immerwährenden „Klassenkampf“.

Um diesen Klassenkampf zu beenden und eine gerechte Verteilung des Wohlstandes zu erreichen, bedarf es nach Marx und Engels einer klassenlosen Gesellschaft ohne Hierarchie. Da die Unternehmer Profit aus dem System schlügen und somit kein Interesse an Veränderung hätten, müsse sich das Proletariat gegen die ausbeutenden Produktionsverhältnisse auflehnen und die herrschende Klasse stürzen. Auf diesen Umsturz solle die Diktatur des Proletariats (Sozialismus) folgen, die sich schließlich zum Ideal der klassenlosen Gesellschaft (Kommunismus) weiterentwickle.



Stufenmodell nach Marx und Engels

Grundlegend für die Marxsche Kritik an den Lebensverhältnissen ist der Einfluss von Religion. Religion sowie das Bewusstsein und die Vorstellung des Menschen von sich und seiner Umwelt basieren gemäß des Marxschen Weltbildes auf gesellschaftlicher Realität. Da sich diese gesellschaftliche Realität, also die Klassen und ökonomischen Verhältnisse, verändere, sei auch die Religion dieser Wandlung unterworfen. Sie hat nach dem Marxismus keinen Absolutheitsanspruch, da sie menschengemacht und veränderlich ist.

Stattdessen bezeichnete Engels sie als „Opium des Volkes“. Damit ist gemeint, dass die Religion als allgemeine Theorie und Rechtfertigung der Welt, aus der sie entsteht („geistiges Aroma“), eine Illusion des Glücks und der Richtigkeit erschaffe, indem sie menschengeschaffene Verhältnisse auf metaphysischer Ebene absegne. So diene die Religion einer Epoche den Mächtigen dieser Zeit als Machtwerkzeug, da sie den Menschen leichter kontrollieren lasse (Engels beschreibt die Religion als Blume, die die Ketten des Menschen schmückt und ihn so vom Zerschlagen dieser Ketten abhält.). Der Marxismus fordert daher die Abkehr von der Religion und der ihr verschuldeten Selbstentfremdung und stattdessen die Nutzung des eigenen Verstandes zur Selbstfindung und zur Reflexion der Umstände, in denen der Mensch lebt, da der Mensch nur so das Streben nach einer Umwandlung der Gesellschaft hin zur Klassenlosigkeit entwickeln könne.

Die Theorie des Marxismus sieht ein Problem im menschlichen Streben nach Kapital, da dies zur Bildung neuer Klassen führe. Der Mensch solle dieses Streben ablegen und stattdessen in Identifikation mit seiner Arbeit und dem

Produkt leben und im Eigeninteresse durch seine Fähigkeiten einen gesellschaftlichen Beitrag leisten.

Zusammenfassend und in Bezug auf unser Kursthema ist das Ziel des Lebens nach dem Marxismus die Abwendung von der Religion als Werkzeug der Mächtigen, die Abkehr von deren kapitalistischer Herrschaft und die Identifikation des Arbeitenden mit dem Produkt seiner Arbeit, um so eine klassenlose Gesellschaft zu schaffen.

Marx kritisches Denken und seine revolutionären Gedanken finden sich bei einem seiner jüngeren Zeitgenossen Friedrich Nietzsche wieder, welcher den aufklärerischen Gedanken in seiner Philosophie aufgreift und zum autonomen Denken und Handeln aufruft.

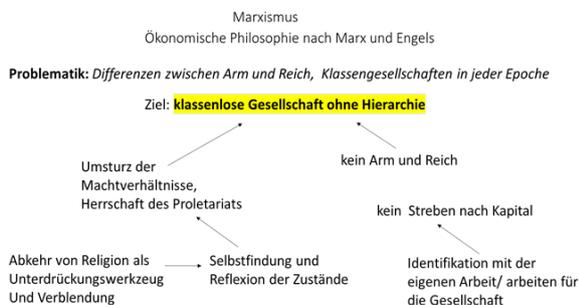


Schaubild zu Marxismus

Nietzsche

FABIAN HUBACH

Friedrich Nietzsche wurde 1844 in der Nähe von Leipzig geboren und war Philologe und Philosoph.

Nach seinem Studium der klassischen Philologie rief man ihn 1869 an die Universität von Bern. Nietzsche agierte als Philosoph überwiegend auf dem Themengebiet der *Anthropologie*, das heißt der Disziplin, die sich mit dem Menschen und dessen Entwicklung beschäftigt. So stellte Nietzsche bei seiner etymologisch-genealogischen Analyse des Menschen einen natürlichen Willen zu Selbsterhaltung als Grundlage allen Handelns fest und behauptete, ebendieser „Wille zur Macht“ sei bei jedem Lebewesen festzustellen. Diesem Willen seien zudem klare Ziele vorangestellt: „Selbsterhaltung, Steigerung von Lebensgefühl und -fähigkeit und der Gewinn von Stärke oder Macht.“

Auf dieser Grundlage baute Nietzsche seine „Umwertung aller Werte“ auf. Werte waren für Nietzsche relativ und stets perspektivisch von den aktuellen Herrschaftsverhältnissen abhängig. So stellte er radikal alle Werte in Frage, nach denen ein jeder handelt.

Er teilte beispielsweise die Begriffe „gut“ und „böse“ nur nach der Sinnhaftigkeit einer Handlung in Bezug auf den Willen zur Macht ein. „Was ist gut? Alles, was das Gefühl der Macht, den Willen zur Macht, die Macht selbst im Menschen erhöhe. Was ist schlecht? Alles, was aus der Schwäche stammt.“ (F. Nietzsche, *Der Antichrist*, Vorwort, 2) Auch verurteilte er den Niedergang der Werte, den er in der Gesellschaft einerseits durch die Inhaltsleere des Wahrheitsbegriffs und andererseits durch den vermehrten Wegfall von Gottesglauben als Sinn des Lebens zu vernehmen glaubte.

In solch radikalem Hinterfragen von allen Werten und dem Aufbauen eines eigenen Wertekatalogs bestand für Nietzsche auch der Sinn des Lebens. Nur, wer sich von allen bekannten menschlichen Werten befreie und nach dem eigenen Wertekatalog lebe, könne zum Idealmenschen – Nietzsche nannte diesen Zustand auch Übermensch, einen Zustand oberhalb allem Menschlichen – werden und so aus dem ewigen Kreislauf des Seins ausbrechen. „*Die ewige Sanduhr des Daseins wird immer wieder umgedreht – und du mit ihr, Stäubchen vom Staube*“ (F. Nietzsche, *Die fröhliche Wissenschaft*, Buch IV, 341). Um die Entwicklung zum idealen menschlichen Zustand zu verdeutlichen, stellte Nietzsche ein Gleichnis anhand von drei Tieren auf: Zuerst gleiche der Geist des Menschen einem Kamel, er stellte für Nietzsche die niederste Lebensform dar, da er auf dieser Ebene nur folgsam Befehlen und Dogmen folge und die eigene Lage oder die Ideologien, die ihn beeinflussen – bei Nietzsche durch einen Drachen dargestellt – nicht zu erkennen vermöge. Dieses Kamel entwickle sich dann zu einem Löwen weiter, der schon imstande sei, den Drachen wahrzunehmen und subjektive Wünsche zu formulieren. Jedoch könne der Löwe noch nicht konstruktiv gegen Dogmen und Ideologien Widerstand leisten. Für ihn haben wir im Kurs die Worte „*ich will*“ formuliert.

Zuletzt entwickle sich der Löwe dann zu einem Kind, dieses habe den Drachen – die Darstellung tausend Jahre alter Werte – besiegt und könne nun mit kindlicher Unschuld eigene Werte errichten. Das Kind steht symbolisch für einen Neustart, seine Worte von uns lauteten „*ich tue*“. Den schlimmsten Inhalt dieses Drachen stellte für Nietzsche das Mitleid dar, wie es vom Christentum definiert wurde. Besonders das Mitleid halte den Mächtigen nur in seiner Entwicklung zum Idealmenschen ab, indem er Zeit für Hilfe „verschwende“. Hier brachte Nietzsche auch den Begriff der „Werteperversiön“ auf. Nietzsche bezeichnete den Willen zur Macht als das Natürliche und stellte diesem die christliche Lehre als Unnatürliches gegenüber. Das Natürliche kenne keine moralischen Wertevorstellungen, es werde nur durch den Willen zur Macht gesteuert. Dem Schwachen wohne aber auch der Wille zur Macht inne, und so versuche er diesen durch das Erfinden von Werten wie „gut“ und „böse“ auszuleben.

Und so werde dann der „Natürlich-Starke“ der Böse und der „Natürlich-Schwächere“ aufgrund seiner mitleidigen Wesensart der Gute.

Friedrich Nietzsche postuliert also gemäß dem Willen zur Macht die völlige Befreiung von allen Dogmen und Werten und das Errichten eigener Werte als Schritte der menschlichen Entwicklung zu seiner besten Form. Nur so könne das wiederkehrende Rad des Seins durchbrochen und damit der Sinn des Lebens erreicht werden. Bald nach Friedrich Nietzsches Tod wird auf literarischer Ebene die Epoche des Expressionismus angeordnet, über die im Folgenden berichtet wird.

Expressionismus

JASPER ZINK

Der Expressionismus war eine literarische Epoche des ausgehenden 19. und beginnenden 20. Jahrhunderts, welche unter anderem von den Eindrücken der Industrialisierung geprägt wurde. Die Entwicklung von anonymen Großstädten führte dazu, dass Menschen nicht mehr als Individuen anerkannt wurden, sondern in der Masse namenloser Arbeitskräfte untergingen. Hier wurde der Begriff der Enthumanisie-

rung, des Verlustes der menschlichen Identität geprägt. Die Menschen wurden sowohl an ihrem Arbeitsplatz – in von Maschinen dominierten Fabriken – als auch in ihrer großstädtischen Lebensweise mehr und mehr von natürlichen Prozessen entfremdet. Dies weckte in den Autoren des Expressionismus das Anliegen, oben genannte Entfremdung zu thematisieren, auf die Enthumanisierung aufmerksam zu machen und die stattfindende Entwicklung zu kritisieren.

In dem Bedürfnis, die Entmenschlichung zu beschreiben und vor ihren Auswirkungen zu warnen, ist in der expressionistischen Literatur der Ausdruck von Gefühlen wichtig. Während in der Romantik Gefühle der innigen Naturverbundenheit und Harmonie hervorgehoben werden, drücken expressionistische Texte Gefühle aus, die in der Entfremdung entstehen und die empfundene Bedrohung beschreiben. Hier werden Angst, Ausweglosigkeit und Kontrollverlust veranschaulicht.

Wir haben zu dieser Epoche im Kurs Kafkas „Kleine Fabel“ behandelt: Kafka lässt in seiner Fabel zunächst die Maus sprechen, die ihren Weg am Anfang voll Angst vor der Weite der Welt beginnt; beidseits erscheinende Mauern geben ihr zunächst Sicherheit, eilen aber so rasch aufeinander zu, dass sie den Weg der Maus beängstigend schnell begrenzen und einengen, bis sie schließlich ausweglos im letzten erreichten Raum auf eine Falle zuläuft. Am Ende lässt Kafka der Maus den Ratschlag zur Umkehr durch eine Katze vermitteln, wobei Letztere die Maus frisst.

So kurz der Text auch ist, vermittelt er doch intensiv negative Gefühle. Ausdrücklich ist am Anfang des Textes die Angst der Maus vor der Weite der Welt benannt. Im Bild der aufeinander zueilenden Mauern wandelt sich die angsteinflößende Weite in eine zunehmend beängstigende Enge; die Darstellung rasch wachsender Begrenzungen wirkt alpträumerhaft. Die Hilflosigkeit der Maus wird am Ende zur Ausweglosigkeit gesteigert, indem ihr nur noch zwei Optionen bleiben: Entweder ein Weiterlaufen in die Falle oder das Umkehren, wobei sie aber die gleichen Ängste erneut erfahren müsste. Letztendlich findet sie so oder so durch die

Katze den Tod. Der Rat der Katze, die Lauf- richtung zu ändern, wirkt daher voller Hohn, was die Not der ihrem Schicksal hilflos ausgelie- ferten, verängstigten Maus nur noch verstärkt.

Fabeln sind Texte, deren Aussagen auf mensche- liche Lebensweisen übertragen werden können. Durch diesen bewegenden Text einer Parabel sahen wir uns aufgefordert, Kafkas „kleine Fa- bel“ in Bezug zum Menschen zu setzen. Wie die Maus zu Beginn des Textes Angst in der Weite der Welt empfindet, so können Ungewiss- heit und nicht überschaubare Möglichkeiten zu Beginn des Lebens Menschen verängstigen. Mit Entscheidungen, die jeder für sich trifft, legt sich jeder einzelne fest und verliert Freiräume. Was zunächst Sicherheit zu geben verspricht, engt ein und bekommt hierbei eine eigene Dy- namik der zunehmenden Einschränkung. Letzt- lich bleibt in diesem vorgestellten Lebensweg nur die ausweglose Gewissheit auf den Tod am Ende des Lebens.

Hier stellte sich schnell die Frage, welche Mög- lichkeiten wir im Kurs sahen, die die Maus hät- te ergreifen können, um der Ausweglosigkeit zu entfliehen. Sie hätte die Mauern erkennen können, nicht einfach auf vorgegebenem Weg weiter rennen sollen, vielmehr früher, in größe- rer Gelassenheit, Gestaltungschancen suchen und wahrnehmen sollen. Im gemeinsamen Ge- spräch setzten wir uns letztendlich mit unseren persönlichen „Mauern“ auseinander, die uns in unserem Leben in gewisse Richtungen len- ken. Das können zum Beispiel unsere Familien, Freunde, Lehrer und andere uns nahestehende Personen sein, die unsere Entwicklung prägen und Einfluss auf unsere Zukunft nehmen, zum Beispiel auch, indem sie festlegen, was gut, rich- tig und anerkannt beziehungsweise was falsch ist. Dies kann uns Sicherheit geben, uns aber auch einschränken. So weist die Lektüre der „Kleinen Fabel“ vor dem Hintergrund unseres Kursthemas auf eine mögliche Deutung des Sinns des Lebens hin, in dem wir aufgefordert sind, Mauern zu erkennen, Begrenzungen nicht unhinterfragt einfach hinzunehmen, nach Ge- staltungsmöglichkeiten zu suchen und den Mut zu haben, eingeschlagene Wege auch einmal zurückzugehen, ungeachtet dessen, was andere von einem erwarten oder über einen denken.

Hiermit endet die Zusammenfassung unserer inhaltlichen Arbeit im Kurs und wir hoffen, wir konnten Ihnen einen guten Einblick in die Themen geben, mit denen wir uns während unserer Akademiezeit befassten.

Fazit

CHRIS DOBERER

Was ist der Sinn des Lebens? Jedes Individuum beschäftigte sich vermutlich schon in irgendei- ner Weise mit dieser Frage. Jedoch scheint sie umso komplexer, je intensiver sich der Mensch mit ihr auseinandersetzt. Doch was wäre ein Leben nur mit Fragen, auf die es konkrete Ant- worten gibt? Die Vorstellung davon scheint ent- spannt und das Abbild eines „leichten“ Lebens zu sein, dies jedoch genügt nicht immer und kann Unzufriedenheit bewirken. Daher setzen sich Menschen Zeit ihres Lebens mit existentiellen Fragen ihres Seins auseinander, auch wenn diese Fragen manchmal ängstigen können, da mögliche Antworten erschauern lassen, weil sich der Mensch mit diesen nicht identifizieren möchte. Somit steckt in uns allen ein Philo- soph. Und dieser philosophische Drang in uns setzt sich mit genau solchen Fragen wie der un- seres Kursthemas nach dem Sinn des Lebens, auseinander.

Das Philosophieren ist kein neuer Trend und genauso nichts Antikes oder etwas Nebensäch- liches – zu philosophieren ist allgegenwärtig. Noch mehr: Zu philosophieren hilft uns als Menschen in vielen Situationen und bringt uns im Leben weiter – es bereichert auf unterschied- liche Weise. Die Philosophie ermöglicht es uns, Themen, Handlungen anderer oder Probleme in der heutigen Welt aus verschiedensten Per- spektiven zu betrachten, Orientierung in solch komplexen Zusammenhängen zu geben, die uns wiederum das Entscheiden erleichtert. Die Phi- losophie fordert uns heraus, kompromisslos bis zum Ursprung eines Problems oder einer Frage vorzudringen und die „Wahrheit“ zu suchen. Allerdings beanspruchen einige Fragen weitaus mehr Zeit, als eine Person in ihrem normalen Alltag aufbringen kann. Um diesbezüglich ak- tive Zeit aufzuwenden und die grundlegenden Fragen des Lebens zu ergründen, entschlossen

wir Kursteilnehmer uns dazu, am Philosophie-/Germanistikurs der Akademie teilzunehmen.

So sollte es also sein: Kein geringeres Thema als die Frage nach dem Sinn des Lebens beschäftigte uns angehende Philosophen nun zwei Wochen lang. Dieses Thema gibt vielfältig Anlass zu Diskussionen und beinhaltet im weitesten Sinne die Frage nach einer zweckgerichteten Bedeutung des Lebens an sich. Die Frage wird meist als Suche nach einem bestimmten Zweck, Ziel, einem gewissen Wert oder der Bedeutung des Lebens verstanden.

Und auf diese Suche begaben sich bereits sehr viele große Denker der Geschichte und schlussendlich auch wir. Angefangen in der Antike bei den Konzepten des Glücks bis hin in die frühe Neuzeit zu den Weltbildern von Schopenhauer und Nietzsche suchten wir nach „unserem“ Sinn des Lebens. All die verschiedenen und hoch erkenntnisreichen Einblicke in die philosophischen und literarischen Texte, die Sie, liebe Leserinnen und Leser, durch diesen Kursbericht ebenfalls ansatzweise erhielten, vermittelten uns einen kleinen Ausschnitt der Denkweisen über den Sinn des Lebens der jeweiligen Epoche, wobei wir diese Erkenntnisse an der Gegenwart maßen, diskutierten und auch kritisierten. Wir mussten also zunächst die Argumente und Sichtweisen der Autoren herausfiltern, diese auf ihre Aktualität prüfen und letztendlich unsere eigene Vorstellung zum Sinn des Lebens korrigieren, erweitern oder „verteidigen“.

Jede dieser neuen Erkenntnisse und auch jede Theorie, die wir als mögliche Antwort auf die Frage nach dem Sinn des Lebens analysierten, beschäftigte uns daher noch über die Kursschienen hinaus und lässt uns heute noch mit Sicht auf den Alltag und unser eigenes Leben und Handeln nachdenken. Denn solche Theorien großer Philosophen beeinflussen das alltägliche, meist unüberlegte und automatisierte Handeln, indem sie neue Ansichten, wie zum Beispiel Aristoteles die Vernunft, hervorheben und mit diesen Überlegungen versuchen, ein „glückliches“ Leben anzusteuern.

Wir waren uns als Kurs bereits am Anfang der Akademie ziemlich sicher und nahmen auch mit der Erwartung an dieser teil, dass es keine absolut allgemeingültige Antwort auf die Frage

geben wird. Dennoch hinterließ das Brainstormen in der ersten Kursschiene den Eindruck, wie schön es für manche Individuen doch wäre, gäbe es diese eine Antwort darauf. Für viele Menschen wäre es ein Halt, eine Art Navigationssystem oder gar ein „Sinn-Kompass“. Hier wurde schon deutlich, wie bewegend diese Frage doch auch schon für uns Jugendliche ist. Gerade diese Diskrepanz zu wissen, dass es vielleicht keine Antwort auf diese Frage gibt, aber dennoch gerne einen Fahrplan für die Zukunft erhalten zu wollen, machte den Kurs so spannend. Letztendlich können wir nun sagen, dass diese Frage zwar nicht direkt und allgemeingültig beantwortet werden kann, es somit aber dennoch nicht sinnlos ist, sich damit auseinanderzusetzen. Ganz im Gegenteil, der Beantwortung dieser Frage können wir uns nun mit vielen, neuen und großartigen Gedanken bzw. Perspektiven widmen. Dabei muss sich jeder seine eigene Haltung dazu bilden und durch die Einblicke, die der Kurs uns ermöglichte, kamen wir dem Ganzen ein gewaltiges Stück näher.

Es ist schwierig, alle gewonnenen Eindrücke konkret wiederzugeben. Nun lässt sich jedoch sagen, dass sich unser Horizont durch die verschieden obengenannten Perspektiven essenziell erweiterte, wir dadurch reflektierter durch das Leben gehen und uns das Abwägen von Entscheidungen weitaus leichter fällt. Besonders nahmen uns Ideen wie die der Dominanz der Vernunft über die Affekte, Entscheidungen nicht von Emotionen abhängig zu machen und das Hinterfragen von Autoritäten und Dogmen, die uns in Zukunft oft begegnen werden, mit.

Dies sind jedoch noch lange nicht alle Themen, an deren Bereicherung wir uns erfreuen. Neben den Kursinhalten lernten wir ebenfalls wunderbare Menschen kennen und nutzten auch deren Meinungen als weitere Lichtblicke, indem sie unseren Blickwinkel auf so manche Ansichten veränderte. Und genau diese Offenheit gegenüber der einzelnen Denkweisen aller Kursteilnehmer, die sich gemeinsam durch die doch recht komplexen Texte kämpften, der Erkenntnisgewinn für jeden Einzelnen und das Gefühl, dem eigentlichen Leben ein Stück näher gekommen zu sein, machte diesen Kurs so unglaublich erfolgreich. Ich hoffe, Sie, liebe Leserinnen und

Leser, konnten aus dieser Dokumentation ebenfalls gewinnbringende Erkenntnisse ziehen und sind nun ebenfalls daran interessiert, wie denn Ihr eigener Sinn des Lebens aussehen könnte. Doch vergessen Sie nicht: Die Suche nach dem Sinn des Lebens wird wohl nie enden, das genau ist das Spannende daran.

Unser Kurs

Jasper

#bester Lachflashverursacher
#wunderbare Ausdrucksweise, freundlich und rücksichtsvoll
#findet uns nicht witzig – seine Witze kann man aber auch nicht einholen
#hat immer den richtigen Spruch bereit
#findet das Essen in Ochsenhausen genauso gut
#Pfadfinder!
#wilde Zitate, trockener Humor
#wortgewandt
#beste Kommentare über Informatiker
#wurde zum Vegetarier

Hannah

#mag Igel und Otter
#wilder Style, wilde Zeichnungen
#Klimaaktivistin Nr. 1
#klettert gerne mal auf Sachen
#brachte jeden weiter, schicke Socken, steht ebenfalls dafür ein, was sie glaubt (bemerkenswert)
#Verfechterin der „:D“- und „:)“-Smileys
#tolle Chucks!

Alex/Sascha

#hat ein breites Wissen, das er in wunderbarer Weise teilt
#Seki, die Bazooka
#starker Vertreter der Farbe rosa
#die Tanz KüA kommt
#Mitglied des Kreiselschwurs
#schwarze Präsi als Einziger!
#hat leider TikTok
#gute Zitate auf Lager
#der, der am nächsten am Stoizismus dran ist
#kann von unserem Kursleiter nicht gelesen werden, aber von uns schon))
#Serienbestechung

Victoria

#sehr redegewandt
#zurückhaltend, sehr freundlich und hilfsbereit, später kaufe ich gerne ihre Bücher!
#ausgleichender Einfluss
#Mitglied des Kreiselschwurs
#erst still und dann einfach nur noch wow
#Schreibtalent
#Team Freitag-Abend-Discord :)
#war auch bei FFF Stuttgart

Pia

#rettet eines Tages unsere Welt und unser Klima!
#tipptopp, spitze, großartig, fantastisch, grandios
#unglaublich motivierend im Alltag wegen weltverbessernder Projekte
#tritt ein für das, was sie glaubt, bemerkenswert, immer positiv
#es gelingt uns!
#genervt von Wildhüten, aber unglaublich stoisch geblieben an dem Abend
#poetische Ader, mit der sie Gedichte gegen SUVs verfasst
#beherrscht die Superlative am Besten
#politisch immer up to date
#ad-hominem
#bei Begeisterung und richtigem Thema ein einziger Redeschwall
#sehr guter Büchergeschmack

Julian

#schafft es irgendwie immer, alle mitzunehmen und jede Aussage perfekt zu differenzieren
#in jeder Lebenslage motivierend, rücksichtsvoll
#sehr guter Gesprächspartner, wenn es um die Politik geht
#nur so lange ruhig und gelassen, bis er Imposter wird oder der Akademiepulli rosa sein soll
#immer motiviert und allzeit bereit, das System zu kritisieren
#alles ist ein Anlass zu philosophieren
#hält die Gruppe zusammen
#Vollzeitrebell, für Gerechtigkeit für sich und vor allem auch für andere
#hört nur moralisch vertretbaren Rap
#FFF, Top Demonstranten-Mobilisator

#Sport am Morgen (wenn's joggen ist, ist's großartig)
 #Baum im Raum
 #Tschulijän
 #Foto-KüA
 #Beste Late-Night Discord-Gespräche

Greta

#rettete uns alle bei der Präsi
 #viel zu sportmotiviert (hat sogar mich überredet mitzumachen)
 #treue rosa Mitverfechterin
 #Königin der Visualisierungen und Sicherungen
 #fragt genau das, was alle wissen wollen
 #Instaposing-Star
 #Expertin in lyrischen Stilmitteln
 #konnte beim Pulli zwar nicht die Farbe retten, dafür das grandiose Motiv
 #grätö
 #Künstlerin mit tollen Grafiken
 #hat leider TikTok
 #Mitglied des Kreiselschwurs
 #genervt von Wildhüten, bereut die Fehlwahl
 #Designerin des Pullis!

Chris

#der, der selbst im tiefsten Winter eine kurze Hose trägt und nur wegen der Mücken eine lange anzieht
 #unser Gentleman
 #wenn es um die Hinrichtung von Werwölfen und Impostern geht, versteht er keinen Spaß, Moralprediger
 #super positiv und freundlich, sehr schöne Handschrift
 #lässt immer den anderen den Vortritt, extrem rücksichtsvoll
 #Wird eines Tages als Profirapper Millionär
 #Profi-Formatierer
 #1a Wildhüter
 #bei nächster Tischtennis-WM auf Eurosport, aber auf keiner Steinplatte – dafür ist er sich ja zu fein
 #kam Strong Nation am Anfang albern vor
 #Technik-Experte, Held der Gruppenarbeiten
 #plant ein Philosophiestudium, um das Leben durchzuspielen, hat Leben durchgespielt
 #dachte wie ich auch, dass wir in die Stadt fahren (dachten alle)

#wenn wir eine Verbrecherbande wären, wäre er derjenige, der die Computerangelegenheiten regelt.

Leni

#Talent in irgendwie einfach allem
 #unerschöpfliche Konzentration, sich neben den Kursinhalten noch mit „Gotteswahn“ zusätzliche Expertise zu verschaffen.
 #beste Gastgeberin der Welt
 #wurde zur Vegetarierin
 #tolles Fototalent
 #beste Fahrgemeinschaftlerin
 #wurde bei der Foto-KüA missioniert

Fabian

#spricht fließend Latein, hat auf alles eine Antwort und zu allem eine Meinung
 #Held sämtlicher Gruppenarbeiten
 #Poet allererster Klasse
 #irgendwo in einer Schublade versteckt er einen Plan, die Welt zu retten
 #hört gefühlt die ganze Zeit Musik
 #Nietzsche
 #wurde zum Vegetarier
 #besonnen
 #unglaublich inspirierende Gedanken
 #Meister der Rhetorik

Kursleiter Alex

#Genitiv-Liebhaber
 #siehe Rap
 #wenn das 2 ist, dann ist das ...?
 #wie heißt die 0 mit Gürtel ...?
 #unglaublich faszinierende Weltansichten
 #ein Wort von ihm und die gute Laune ist da
 #ein System muss tiefgehend verstanden werden, um es zu verändern
 #flachste Flachwitze aller Zeiten aber trotzdem irgendwie lustig
 #wir werden seine philosophische Theorie des funkensprühenden Idealismus groß rausbringen
 #Handlungsspielraum, Gewissen, etc.

Kursleiterin Farina

#Ausgleich zu Alex
 #Konjunktivprofi
 #wir drücken die Daumen für den neuen Job
 #behält den Überblick
 #technisch immer eine Hilfe

#immer besonnen und vorausschauend
#hält Alex im Zaum
#verhinderte Katastrophe wegen zu viel Quatsch des anderen Kursleiters

Julia Jakob

#inspirierender Kleidungsstil
#rettete unseren Germanistikeil
#vielen Dank für deine Hilfe!
#brachte uns Gedichtinterpretationen nahe
#drei Jahre Deutschunterricht in zwei Stunden

Franka

#schöne Gespräche bei den Feedbackrunden
#war immer am Einsammeln von Feedback
#war nicht immer am Essen!
#unser statistisches Amt
#kocht den besten Tee

Insider

Zitate à la Jasper:

Jasper: „Ich glaube . . . , das ist fies.“ (Der Philokurs macht sich darüber lustig, dass die Informatiker nicht die Tische zusammenschieben dürfen.)

Jasper: „Ich bin aufgestanden und habe gemittagstückt.“

Jasper: „Hört an unsre Bässe und ich erzähl’ was über die heilige Messe.“ (Jasper beim Rap-Schreiben)

Jasper: „Du hast es im Urin.“ (Jasper in der Präsvorbereitung zu Fabian oder Julian)

Jasper: „Fabian ist kein Urin. Chris ist im Urin.“

Jasper: „Das war ein Strecken und Gähnen. Ein Strähnen.“ (Jaspers Fazit zum Präsentationsstag) „Oder sollen wir besser Fazen sagen?“

Jasper: „Sonst redet einfach über E-Autos.“ (Jasper auf die Frage, was wir tun sollten, wenn uns in der Fragerunde keine Antwort einfiel.)

Jasper: „Ludwigshafen ist blöd.“ – „Apache kommt da her.“ – „Ja, eben.“

Jasper: „Ich vertraue dir nie wieder, auch im echten Leben nicht!“ (Jasper zu Julian beim Among-Us spielen.)

Jasper: „Wenn Gift abläuft . . . wird es dann noch giftiger oder weniger giftig?“

Bei einer abendlichen Runde Wahrheit oder Pflicht kamen folgende Sätze zustande:

Frage: Wen findest du in der Runde am schönsten? – „Ja ist ja klar, dass die Antwort Jasper ist, und zwar bei jedem Einzelnen von euch.“

Frage: Wenn ihr einen Abend mit irgendeiner Persönlichkeit verbringen könntet, welche würdet ihr wählen? – „Gott“ – Jasper

Jasper: „Ich finde, Lügen ist das witzige an Wahrheit oder Pflicht.“

Unser Kommentar zu Philowitzen: Alex: „Niveau sieht nur von unten aus wie Arroganz.“

Das Werwolfspiel war zwar allgemein im Kurs beliebt, sobald jedoch die Nacht ihr Ende fand und die Abstimmung anstand, begann Chris Moralreden zu predigen.

Die Anklage stellte sich als schwierig heraus, denn es ist moralisch doch nicht korrekt, jemanden unbegründet anzuklagen, nicht wahr?

Der Philokurs gründete in Adelsheim außerdem eine erfolgreiche Sekte zur Verehrung eines kursexternen Akademieteilnehmers.

Der Antrag, die Sport-KüA in Philokurs umzubennen, wurde abgelehnt, trotz der offensichtlichen philosophischen Überbevölkerung.

Alex: „Wenn das zwei ist, ist das vier.“

Nach drei Tagen Gruppenkuscheln gelang dem Philokurs auch endlich das Umdrehen des To-desteppichs.

Es gelingt uns! Nur nicht die Durchsetzung des pinken Pullis (was nur Julian freut) – trotz der stoischen Beobachter in den Sitzungen.

Neue biologische Kenntnisse über Kleinbären wurden ebenfalls erlangt.

Canterbury hat uns geistig so auf die Palme gebracht, dass Chris beschloss, Einhörner für wahr zu halten.

Trotz des Kampfes gegen ein Spotifylogo lieferte der Philokurs spotyfiwürdigen Inhalt als Musikproduzent.

Ausschnitt aus unserem ersten Rap:

Epi: „Ja ich bin Epikur, und ich zerstöre euch heute, wer kommt da denn hergerannt, das sind nicht meine Leute.“

Seki: „Ja, ich heiß Seneca, auch metaphysische Bazooka, und gegen euch zu rappen, ist süß wie Hanuta!“

Ari: „Bin Aristoteles, der einzig wahre Philosoph, Bei meinen hohen Theorien versteht ihr nur Hauptbahnhof.“

Wir tranken (fast) immer alle Getränke aus! Beim Frühstück, Mittagessen und Abendessen. Und danach räumten wir sogar noch das Geschirr der Informatiker auf.

Zink-Hubisches Wörterbuch:

Rassismus – priorisierende anthropologische Taxonomie

Tiefsinnige Erkenntnisse bei der Zeichnen-KüA: Der Mensch ist „unfrei in Freiheit“

Lieblingsworte: ad-hominem und stoisch

Hassworte: Leute und man

Fuchs-Emoji 🦊

Während der 2 Wochen Adelsheim wurden wir alle höchstmotivierte funkensprühende Idealisten.

Alle am ersten Tag zu Kursleitern: „Sie ... ähhhh, sorry, du ...“

Alle am letzten Tag: „Oh, gibt es das Wort ‚Sie‘? Was sind Autoritäten?“

„Wir fahren in die Stadt!“ (Das dachten zumindest alle.)

„Das war jetzt ein Affekt!“

Pia: „Ihr werdet jetzt alle Vegetarier“.

Nach der Akademie: +3 Vegetarier

Alex zu Alex: „Ich kann dich nicht lesen! Das ist sehr beeindruckend.“

Und noch viele, viele Insider, Anekdoten und mehr ...

Ausschnitt aus dem zweiten Rap:

„Und unser Kurs ist ein DREAMTEAM!“

Kurs 6 – Wie kommt die Sonne in die Steckdose?



Vorwort

MELISSA BAUER

Die Sonne ist die Grundlage und das Tor jeden Lebens. Aus diesem Grund konnten wir im Physikkurs 2021 nicht nur Photovoltaik und nachhaltige Energiegewinnungsmethoden entdecken, sondern vor allem jeder Einzelne sich selbst. Die Leidenschaft zum Entdecken war für uns der Schlüssel, der uns den Weg erleuchtete, welcher „Wissenschaft“. Als es nämlich Probleme regnete, spannten wir alle gemeinsam unseren großen Akademie-Regenschirm auf. Jeder von uns war Lehrer und Schüler zugleich, da wir alle ein Puzzleteil zu unserem „Großen Ganzen“ beitragen konnten. Da wir uns die Frage stellten, wie wir die Welt retten können, haben wir uns für die Akademie viel vorgenommen. Ist die Energie der Sonne der

Schlüssel zu all unseren Problemen? Braucht es mehr als das? Was können WIR tun?

Nach zwei Wochenenden und zwei Wochen Sommerakademie dürfen wir uns nun freuen, endlich unsere Doku in den Händen zu halten. Wir als Kursleiter möchten uns herzlich für die Zeit, die wir mit Euch verbringen durften, bedanken. Diese Dokumentation ist nicht nur Zeugnis unserer gemeinsamen Gedanken und Träume, sondern auch unser „Lichtblick“ in Eure Zukunft.

Wir sind stolz auf Euch, denn wir wissen, dass Ihr weiter lernen und lehren werdet. Die meisten Eurer künftigen Entdeckungen warten noch auf Euch, und wir sind dankbar, dass wir mit Euch einen großen Schritt machen konnten. Wir sind uns sicher, dass auch Ihr die Welt eines Tages ein kleines Stückchen besser ma-

chen werdet. Denn wir haben uns gemeinsam gefragt, wie wir die Welt retten können, und wir alle werden nie aufgeben, auch wenn es mal regnet.

Einleitung

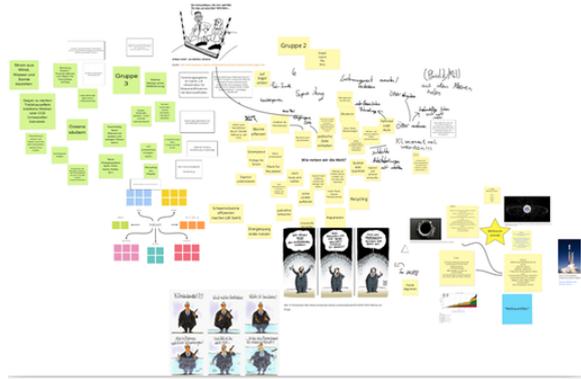
FELIX PLACKERT UND JOCHEN REDER

„Wie kommt die Sonne in die Steckdose?“ war unsere Ausgangsfrage, als wir mit der Planung des Physikkurses begannen. Wir wollten Fragen nachhaltiger Energiewirtschaft behandeln und dabei die effiziente Nutzung der Sonnenenergie in den Mittelpunkt unserer Entdeckungsreise stellen. Da die diesjährige Junior Akademie in hybrider Form stattfand, überlegten wir, wie wir es schaffen können, 12 Jugendliche, die sich vorher nicht kannten, schon am Eröffnungswochenende zu einer intensiven Zusammenarbeit zu bringen. Nach einer ersten Vorstellungsrunde stellten wir den Teilnehmerinnen und Teilnehmern ohne weitere Erläuterung oder etwaige Vorgaben die Frage „Wie retten wir die Welt?“. In Vierergruppen entwickelten die Jugendlichen Lösungsvorschläge. Wir waren uns nicht sicher, ob wir mit einer derartig offenen Frage unsere Kursteilnehmerinnen und Teilnehmer nicht ziemlich ratlos sich selbst überließen.

Was dann geschah, hatten wir so nicht erwartet: Jede der Gruppen fand Ansätze, was dringend geschehen muss. Von der Frage der Nahrungsbeschaffung der Weltbevölkerung, der Problematik der Konsum- und Wegwerfgesellschaft, der Müllverwertung auf der Erde und dem Einsammeln von Weltraumschrott bis zur drängenden Frage, wie man die Erderwärmung aufhalten könnte, wurde ein unglaubliches Brainstorming gestartet. Auf dem gemeinsamen Miroboard entwickelte sich vor unseren Augen eine Mindmap, auf der ständig neue Zusammenhänge strukturiert wurden.

In der anschließenden Diskussion wurde uns klar, dass wir mit dieser Gruppe eine spannende Akademie erleben werden.

Wir merkten schnell, dass wir unser Thema „Sonnenenergie“ in einem größeren Zusammenhang bearbeiten mussten. Am letzten Tag des



Screenshot von unserem Miroboard, auf dem man kaum mehr etwas erkennen kann: Im Kurs kamen sehr viele Ideen zusammen.

Eröffnungswochenendes wählten die Jugendlichen in Zweiertteams Referatsthemen, die sie während des Sommers teilweise noch modifizierten.

Die ersten beiden Tage der Sommerakademie waren daher vollständig von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern selbst gestaltet. Von der Frage, in welcher Form in der Sonne Energie freigesetzt wird, bei uns ankommt und wie sie zu uns transportiert wird, dem Welle-Teilchen-Dualismus, der Frage, was eigentlich Quantenobjekte sind, und bis zu den Grundlagen der Halbleitertechnik mit einem Ausblick auf ganz neuartige Solarzellen wurden Vorträge gehalten und in der Gruppe diskutiert.

In den vier Tagen, in denen wir in Adelsheim vor Ort waren, konnten wir uns endlich „live und in Farbe“ kennenlernen, unterhalten und gemeinsam experimentieren, basteln und wieder beobachten, dass sich großartige Teams zusammengefunden haben, die sich sicherlich auch in Zukunft um die Weltrettung kümmern werden.

In den folgenden Kapiteln werden die Früchte unserer Arbeit dargestellt. Wir wünschen den Lesenden viel Vergnügen dabei.

Unser Kurs

Anton war immer freundlich und man konnte sich immer auf ihn verlassen. Er lockerte die Atmosphäre immer auf und hatte super Ideen. Im Tischtennis war er ein schwerer Gegner und es machte sehr viel Spaß ge-

gen ihn zu spielen oder sich mit ihm zu unterhalten. Im Orchester, als er Trompete spielte, genoss es jeder ihm zuzuhören. Mach auf jeden Fall so weiter!

Laura diskutierte voller Begeisterung und hinterfragte oft auf Basis ihrer physikalischen Vorkenntnisse Gelerntes. Sie ist sehr hilfsbereit und hat auf alles eine passende „wissenschaftliche“ Antwort: 42! Im Kurs arbeitet sie sehr zielorientiert und lockerte die Atmosphäre durch viele berühmte Zitate auf. Ihr rhetorisches Können und ihre Spontanität zeigte sie unter anderem in der (Impro-)Theater-KüA.

Vera brachte den Kurs durch ihre engagierte, aufmerksame und zuverlässige Art voran. Mit ihren gezielten Fragen bereicherte sie den Kurs. Dank ihrer Kreativität und Geschicklichkeit zeichnete sie das Motiv für das Kurs-Shirt und setzte dabei unsere Ideen perfekt um. Durch ihren ausgeglichenen und zuverlässigen Charakter war sie stets der Ruhepol des Kurses. Vera ist mit ihrer großzügigen Hilfsbereitschaft immer zur Stelle.

Franzi hat sich während der Kurszeit gut eingebracht, war produktiv und für Sachen zu begeistern; man hat sich aber auch außerhalb der Kurszeit bei ihr wohlfühlt, weil sie ein sozialer, sympathischer, nicht verurteilender und offener Mensch ist. Ihre soziale Ader hatte aber auch Nachteile (für sie), so kam sie aufgrund des langen Frühstückens ihrer Mitmenschen zu spät. Ehre, dass sie nicht gestresst hat.

Pia, ein absolut freeeeshes Mensch, stand immer 45 Minuten früher auf und nahm den ganzen Stress und das Zuspätkommen in Kauf, um morgens noch eine kleine Sporteinheit einzuschieben. Aber mit Sport war es nach 30 Minuten nicht zu Ende ... Ihre Bauchmuskulatur muss äußerst beeindruckend sein, so viel wie sie gelacht hat. Auch uns brachte sie immer zum Lachen. Diese Heldentat vollbrachte sie mit den amüsanten Storys aus ihrem Leben und später auch mit der Aussage, sie habe eigentlich nichts gecheckt ... Trotzdem gab sie immer Input, vor allem bei kreativen Aufgaben.

Julia-Elodies treuer Begleiter war stets ihre Kamera. Ob digital oder analog, immer war eine griffbereit, um unsere besondere Zeit in Adelsheim festzuhalten. Sie ist eine super nette und coole Person, mit der man immer lachen kann. Ihr besonderes Engagement zeigte sie auch in ihrer eigenen KüA: Fotografie. Nicht nur auf Film konnte Julia alle begeistern, denn vor allem mit ihren außergewöhnlichen Hobbys wie dem Fahren von Oldtimern und dem Segelfliegen sorgte sie für tollen Gesprächsstoff auf der Wanderung. Auch sportlich war Julia sehr engagiert, denn sie vertrat zusammen mit Finn G. und Pia tagtäglich die Physiker an der Front des Morgensports.

Emma hat immer einen lustigen Spruch parat. Dadurch hatten wir vor allem in der Zeit in Adelsheim sehr viel zu lachen. Falls Emma mal nichts mehr zu sagen wusste, füllte sie die Gesprächslücken mit dem Wort „entspannt“. Weniger entspannt war das Essen für sie, da sie sehr lange brauchte und die Essenszeit nur knapp für sie reichte. Im Kurs hat sich Emma vor allem bei sozialen Aspekten eingebracht, wie zum Beispiel, wenn es darum ging, wie wir die Welt retten können. Sie nahm begeistert an der Theater-KüA teil und verstand sich mit allen gut. Dadurch war die Zeit mit ihr sehr „entspannt“.

Finn R. ist eine tolle Person und man konnte sich auf ihn verlassen und er half jedem sehr gut. Mit seinem lockeren und coolem Schwäbisch heiterte er immer alle auf. Wenn man mal keinen Nachtisch essen konnte, war er stets direkt zur Stelle um ihn zu essen. Er hatte immer sehr gute Ideen und war mit Lars das perfekte Programmierduo für den Arduino. Es war immer schön, sich mit ihm zu unterhalten und seine Leidenschaft zum Motorsport und RC zu teilen.

Finn G. steckte uns alle immer mit seinem herzhaften Lachen, vor allem über unsere vielen Insider, an. Er brachte sich gut in unseren Kurs ein, erzählte oft spannende Geschichten und sorgte durch seinen geselligen Charakter in jeder erdenklichen Situation für gute Stimmung. Außerdem ist

er sehr sportlich, was sich aber nicht nur beim Tischtennispielen mit seinem Handy zeigte, sondern auch bei den häufigen Besuchen der Sport-KüA.

Lars ist kein lauter, extrovertierter Mensch, aber ein entspannter Zeitgenosse. Als wichtiger Teil der Gruppe blieb er nicht immer in einer Untergruppe, sondern machte mal was mit der einen und mal was mit einer anderen Person. Beim Programmieren und bei den Arbeitsaufträgen dachte er logisch und hinterfragte das ein oder andere, so trug er viel zum Ganzen bei.

David ist der aufmerksame Freund, der einem zur Seite steht und sofort hilft. Er brachte viele neue, innovative Ideen und Bemerkungen mit ein oder diskutierte gerne bei unseren Themen mit. Auch, wenn er nicht immer der Lauteste war, war er ein wichtiger Bestandteil des Kurses, der gut aufpasste und im richtigen Moment immer das passende sagte. Neben dem Kurs konnte er ebenfalls einwandfrei Tischtennis spielen oder man redete mal wieder über Rennserien und deren Ergebnisse wie der Extreme E oder der Formel 1.

Vincent kam schon beim ersten Kennenlernen direkt sympathisch rüber und es war sofort klar, dass man mit ihm viel Spaß haben kann. Und so kam es auch. Egal ob schwarze Löcher mit deren Gegenteil, den weißen Erhebungen, dem Suizidgitter am Gebäude LSZU2 oder bei tiefgründigen Philowitzen im Plenum, mit Vincent hatte man definitiv immer einen Grund zum Lachen. Während der Arbeit im Kurs war er stets top motiviert und man konnte sich immer auf ihn verlassen. Mit voller Begeisterung spielte er auch Tischtennis und veranstaltete eine erfolgreiche Volleyball-KüA.

Melissa war die hilfsbereite, inspirierende und einfühlsame Schülermentorin des Physikurses. Uns alle steckte sie mit ihrer elektrisierenden Motivation an. Sie sorgte durch ihre lustigen Ideen wie zum Beispiel dem Jeopardy Quiz für viel Abwechslung an den langen und anstrengenden Tagen und die „Zwangspausen“ wurden dank ihr auch immer beachtet. Ihre vielen Erfahrungen,

die sie unter anderem in zwei Physik-Olympiaden sammelte, gab sie an uns weiter und Melissa war immer um unser Wohlergehen besorgt.

Felix half unserem Kurs nicht nur durch sein konstruktives Feedback bei allen Präsentationen, sondern er konnte auch jedes physikalische Thema super anschaulich erklären. Als z. B. ein Problem in einem Experiment gelöst werden musste, arbeitete er unermüdlich, bis der Fehler gefunden war. Auch uns ermutigte er, nicht sofort aufzugeben, wenn etwas nicht funktionierte. Seine Motivation zeigte sich schon frühmorgens beim gemeinsamen Joggen sowie in der 3D-KüA, in der er uns beibrachte, wie man mit dem Programm Blender arbeiten kann. Stets war er hilfsbereit und freundlich zu allen. Mit der Quantenshow begeisterten uns Felix und Jochen, die uns die skurrile Quantenwelt ein bisschen näherbrachten.

Jochen war mal wieder bei einer seiner „allerletzten Akademien“ dabei. Er leitete unseren Kurs zusammen mit Felix und Melissa und hatte selbst sehr viel Spaß daran wenn wir (und er) etwas nicht verstanden und er an der Lösung des Rätsels mitarbeitete. Er war immer sehr gelassen und ging alles ruhig an. Auch bereitete er mit Felix eine sehr gelungene Quantenshow vor, außerdem betonte er sehr häufig, dass wir sehr gut mitmachen würden und er uns super fände, auch wenn das nicht heiße, dass seine früheren Kurse schlecht waren. Einige seiner besten Sprüche waren „Warum ist das so?“ und „Aber so ist das Leben, es kostet Zeit.“

Bevor es los geht, unsere Top-42 Insider

Schwarze Löcher in den „gefrorenen“ Erbsen, Weiße Erhebungen *hust hust Berge* und Graue Ebenen als Realität

Werkzeuge und Argumentation (und das Küüüüchenmesser)

Schrödingers Tischtennisplatte

Wir sind entspannt ... und cool!

Wie ist Teig definiert? Ist Rührei Teig?

42 ist die Antwort auf alles! #per anhalter durch die galaxis – 21 ist nur die halbe Wahrheit – stimmt

Ein Philosoph, der Treppen steigt, während er über philosophische Dinge nachdenkt

Suizidgitter am LSZU2

Die Mathematiker wollen uns ihren Nachtsch andrehen.

Siri wird von der Mafia bedroht.

Zwangspauuuuse!!

Mathematiker sind unsere Knechte.

Wenn es krabbelt, ist es Bio, wenn es stinkt, ist es Chemie, wenn es nicht funktioniert, ist es Physik – stimmt leider ...

Grundlagen

Unsere Sonne

PIA SCHILDE, FRANZISKA WOLZ

Die Sonne hat einen Durchmesser von ca. 1,4 Millionen Kilometern. Dieser ist ca. 109 mal so groß wie der der Erde. Besser vorstellen kann man sich das Größenverhältnis von Sonne und Erde, wenn man sich einen Basketball im Vergleich zu einer Linse vor Augen führt. Der Maßstab ist dabei ungefähr 1 : 6,5 Milliarden.



Größenvergleich: Die Sonne ist im Vergleich zur Erde so groß wie ein Basketball gegenüber einer Linse.

Die Sonne ist ca. 4,7 Milliarden Jahre alt und der Abstand zwischen Sonne und Erde beträgt 8 Lichtminuten. Das bedeutet, dass das Licht von der Sonne zur Erde 8 Minuten braucht.

Die Sonne besteht teilweise aus Plasma. Als Plasma bezeichnet man ein Teilchengemisch aus Elektronen, Atomen, etc. Plasma wird auch als der 4. Aggregatzustand bezeichnet, weil es entsteht, wenn man Gas noch weiter erhitzt. Für Plasma gibt es einen eigenen Bereich in der Physik, die sogenannte Plasmaphysik. Diese beschäftigt sich mit Kernfusion, die von allen Sternen betrieben wird.

In der Sonne findet stetig Kernfusion statt. Kernfusion bedeutet, dass zwei Atomkerne zu einem neuen Atomkern verschmelzen. In der Sonne verschmelzen zwei Wasserstoffkerne zu einem Heliumkern, wodurch Masse verloren geht und sehr viel Energie freigesetzt wird. Diese Energie ermöglicht das Leben auf der Erde. In der Plasmaphysik wird versucht, auf der Erde Kernfusion zu betreiben, um die Energieprobleme der Menschen zu lösen. Dies war bisher allerdings erfolglos.

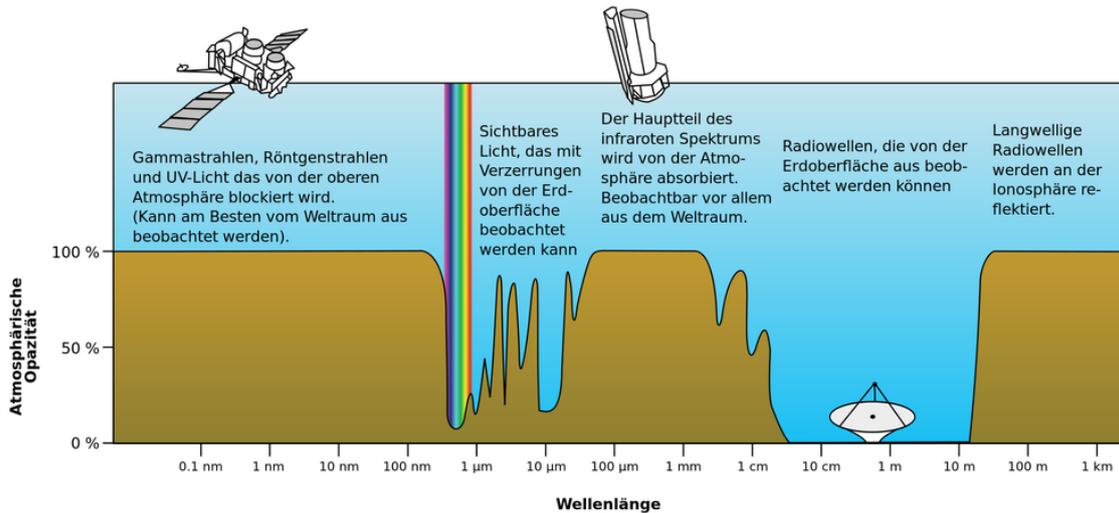
Was kommt von der Sonne bei uns an?

LARS HECKER

Das breite Spektrum der Strahlung, mit der die Sonne die Erde „unter Beschuss nimmt“ besteht nicht nur aus nützlicher Strahlung (wie z. B. Licht), sondern zum Teil auch aus für uns ungesunder Strahlung (z. B. Gamma-Strahlung). Aber die Erde ist nicht umsonst der einzige Planet, von dem wir wissen, dass darauf Leben existiert ...

Als erstes Beispiel, wie Strahlung abgehalten werden kann, kann Licht genannt werden: Wenn ein Gegenstand zwischen der Lichtquelle und unserem Auge ist „verschwindet“ die „Licht-Strahlung“. Die Sonne ist auch eine Lichtquelle, wenn sich zwischen ihr und uns eine Wolke befindet, so sehen wir sie nicht mehr. Außerdem verteilt sich nahe der Pole, wo der Einfallswinkel der Sonne geringer ist, das Licht auf eine größere Fläche. Selbiges passiert teilweise auch mit den anderen Arten von Strahlung.

Da wäre erstens die ganze Bandbreite an elektromagnetischer Strahlung (dazu gehört auch sichtbares Licht). Wenn die elektromagnetische Strahlung in die Atmosphäre eintritt wird sie abhängig von ihrer Wellenlänge und dem aktu-



Das Spektrum der elektromagnetischen Strahlung und die Absorption in der Atmosphäre¹

ellen „Wetter“ von verschiedenen Teilchen in der Atmosphäre reflektiert, gestreut oder absorbiert. Die meiste elektromagnetische Strahlung wird vollständig absorbiert. Nur im Bereich des sichtbaren und „leicht infraroten“ Lichts und dem Bereich der Radiostrahlung ist die Atmosphäre durchlässig.

Als zweites ist der Sonnenwind zu nennen. Diese Art von Strahlung besteht aus Protonen, Neutronen, Helium-4-Kernen und Atomkernen von weiteren Elementen. Die Masse, die die Sonne jede Sekunde abstrahlt, beträgt etwa 1.000.000 Tonnen. Davon trifft aber nur ein sehr kleiner Teil die Erde. Dieser Teil des Sonnenwindes wird unter normalen Verhältnissen ganz vom Erdmagnetfeld zu den Polen abgelenkt, wo er in einer mehr oder weniger komplizierten Reaktion die Polarlichter erzeugt. Kommt es jedoch zu sogenannten Sonnenstürmen oder -eruptionen, wobei die Sonne noch mehr Masse abstrahlt, so kann es sein, dass das Erdmagnetfeld nicht mehr den ganzen Sonnenwind abschirmen kann, dann gibt es je nach Größe des Sturmes größere oder kleinere Auswirkungen in der Nähe der Pole, dazu zählt z. B. das „Durchschmoren“ von Stromleitungen.

Die letzte Strahlung ist die Neutrinostrahlung. Sie ist noch nicht vollständig erforscht, aber über sie lässt sich sagen, dass die Neutrinos im

Kern der Sonne „auf die Reise gesandt“ werden, da sie aber kaum mit Materie in Wechselwirkung treten, ist es nur mit speziellen Messgeräten möglich, sie überhaupt zu bemerken. Infolge dessen spielen sie für Solarzellen eine eher geringe Rolle.

Photoeffekt und Welle-Teilchen-Dualismus

VERA BERTSCH, JULIA-ELODIE BOLLER

„Montag, Mittwoch und Freitag ist das Licht eine Welle, Dienstag, Donnerstag und Samstag ist es ein Teilchen und am Sonntag ruht es.“ – Roman Sexl.

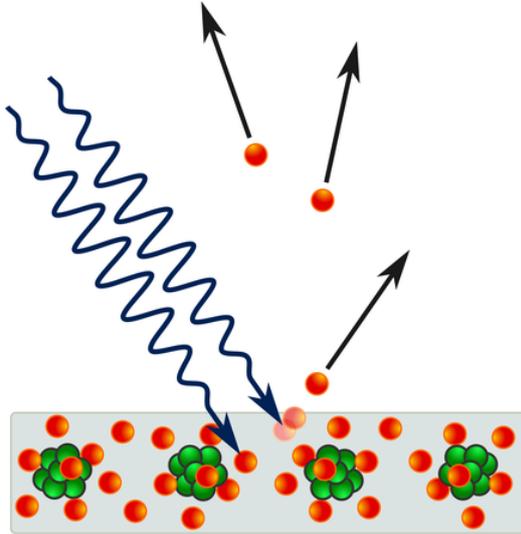
Damit lässt sich das Dilemma des Welle-Teilchen-Dualismus, welches bis heute von Wissenschaftlern untersucht wird, sehr gut beschreiben. Das Problem besteht darin, dass man manche Experimente mit Licht wie auch mit Elektronenstrahlung eher mit dem Wellenmodell und manche eher mit dem Teilchenmodell erklärt werden können. Um dies genauer zu verstehen, wird nun als erstes der photoelektrische Effekt erklärt.

Der photoelektrische Effekt wurde im 19. Jahrhundert von Alexandre Edmond Becquerel entdeckt. Seitdem wurde er systematisch untersucht. Eine quantentechnische Deutung erfolgte 1905 von Albert Einstein.

Im Allgemeinen beschreibt der Photoeffekt das

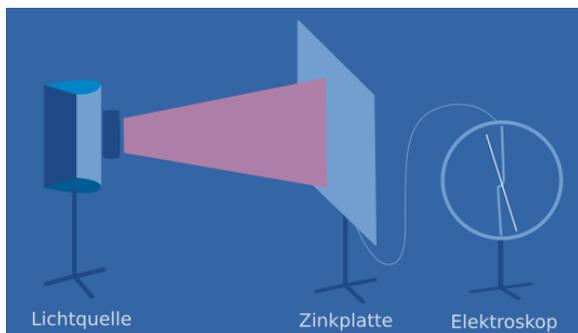
¹Abbildung: Wikimedia (Originalbild: NASA, SVG: Wikimedia-User Mysid/Ariser, als gemeinfrei gekennzeichnet)

Herauslösen von Elektronen aus einem Metall durch Photonen, also durch Bestrahlung mit Licht. Um eine allgemein gültige Formel aufzustellen, wurden verschiedene Experimente durchgeführt.



Photonen treffen auf Atome und schlagen Elektronen heraus.²

Der sogenannte Versuch von Hallwachs besteht darin, einen negativ geladenen Stab zu einer Zinkplatte zu führen.



Schematische Darstellung des Hallwachsversuchs.³

Da die Elektronen den Ladungsunterschied ausgleichen wollen, springen sie auf die Platte über. Ein Elektrometer zeigt den daraus resultierenden Elektronenüberschuss an. Als nächstes wird eine Quecksilberdampfampe, die sowohl sichtbares als auch ultraviolettes Licht aussendet, eingeschaltet. Man kann beobachten, dass der Ausschlag des Elektroskops abnimmt, weil Elektronen aus der Platte gelöst werden.

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

³Abbildung: Serlo-Lernplattform (CC BY-SA 4.0)

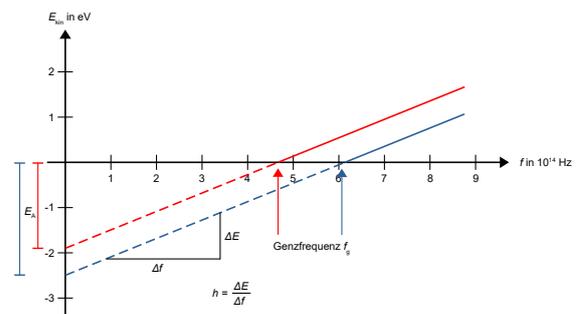
Eine Erweiterung des eben erklärten Versuchs ist das Aufstellen einer Plexiglasscheibe zwischen der Lampe und der Zinkplatte. Wenn die Lampe nun eingeschaltet wird, ist kein Ausschlag zu sehen, da die Plexiglasscheibe hochenergetische UV-Strahlen herausfiltert. Folglich besitzt das sichtbare Licht nicht genügend Energie, um die Elektronen zu bewegen.

Aus diesem Versuch lässt sich schließen, dass eine bestimmte Arbeit bzw. Menge an Energie, die als Austrittsarbeit oder Ablöseenergie bezeichnet wird, nötig ist, um ein Elektron aus einem Metall zu lösen.

$$E_{kin} = E_{Ph} - E_A$$

Dies bedeutet, dass die kinetische Energie E_{kin} des Elektrons gleich der um die Ablöseenergie E_A verringerte Energie des Photons E_{Ph} ist.

Ein weiteres Experiment besteht darin, eine Caesium-Kathode, eine negativ geladene Elektrode, mit farbigem Licht zu bestrahlen. Dadurch werden Elektronen aus der Kathode gelöst, die zur Anode wandern. Es fließt Strom, der mit einem Amperemeter gemessen wird. Nun wird eine regelbare Gegenspannung angeschlossen. Daraufhin nimmt die Stromstärke ab, wobei die Abnahme von der Frequenz (Farbe) des Lichts und der angelegten Gegenspannung abhängt.



Photoeffekt bei verschiedenen Materialien

Aus diesem Versuch lässt sich schließen, dass die kinetische Energie eines Elektrons von der Frequenz des Lichts abhängt.

Zusammen mit $E_{kin} = E_{Ph} - E_A$ ergibt sich: $E_{Ph} = h \cdot f$. Dabei ist:

h : Plancksches Wirkungsquantum
 $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$

f : Frequenz

Werden die Messwerte der kinetischen Energie E_{kin} gegen die Frequenz f aufgetragen, so ergeben sich Geraden, deren E_{kin} -Achsenabschnitt der Ablösearbeit entspricht und deren Steigung das Plancksche Wirkungsquantum $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ J s angibt.

Es gilt:

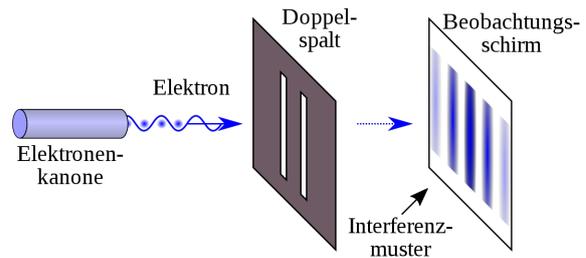
$$E_{kin} = h \cdot f - E_A,$$

Unterhalb der sogenannten Grenzfrequenz f_g ist auch bei gesteigerter Intensität der Strahlung kein Photoeffekt zu erwarten, was im Diagramm durch die gestrichelten Linien dargestellt wird. Aufgrund dieser Tatsache ergibt sich ein Problem, welches der Überlegung zugrunde liegt, ob Licht eine Welle oder ein Teilchen ist.

Um die Problematik des Welle-Teilchen-Dualismus zu verstehen, muss zunächst geklärt werden, was die Begriffe „Welle“ und „Teilchen“ in der klassischen Physik eigentlich genau bedeuten. Teilchen, die sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit bewegen, haben kinetische Energie, die von ihrer Masse und der Geschwindigkeit abhängt. Wellen hingegen breiten sich im Raum aus und transportieren Energie, aber keine Masse. Bei Wellen gibt es Interferenzerscheinungen: Die Wellen verstärken sich bzw. schwächen sich ab. Besonders deutlich sieht man das zum Beispiel, wenn zwei Steine ins Wasser fallen und die dabei entstandenen kreisförmigen Wellen sich überlagern.

Isaac Newton entwickelte die im 17. und 18. Jahrhundert vorherrschende Korpustheorie, die besagt, dass das Licht aus Korpuskeln (Teilchen) besteht. Der erste Versuch, der diese Theorie erschütterte, war der bekannte Versuch vom Doppelspalt, der erstmals 1802 von Thomas Young durchgeführt wurde. Bei diesem wird Licht durch zwei schmale Spalte in einer Blende auf einen Schirm geschickt.

Nun kann man theoretische Überlegungen aufstellen, wie das Licht sich bei diesem Versuch verhalten müsste, wenn es ein Teilchenstrom bzw. eine Welle wäre.



Schematische Darstellung des klassischen Doppelspaltversuchs⁴

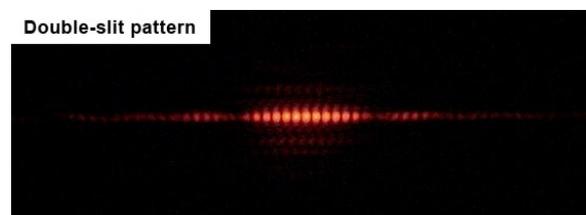
Hypothese 1: Licht ist ein Teilchenstrom

In diesem Fall würden alle Teilchen, die auf die Blende treffen, dort abprallen, und die Teilchen, die durch die Spalte gelangen, fliegen von da aus geradeaus auf den Schirm. Man würde also zwei schmale, helle Striche auf dem Schirm sehen.

Hypothese 2: Licht ist eine Welle

Die beiden Spalte würden das Licht in zwei Wellen aufteilen, die sich von dort aus im Raum ausbreiten. Auf dem Schirm kommt es dann zur Interferenz: Wo ein Maximum der einen Welle auf ein Maximum der anderen Welle trifft, da verstärken sie sich gegenseitig, und wo ein Maximum auf ein Minimum trifft, da löschen sie sich aus. Man würde also mehrere helle und dunkle Striche auf dem Schirm erkennen.

Die Beobachtungen, die Thomas Young damals machte, ergaben, dass sich das Licht in diesem Fall wie eine klassische Welle verhielt. Auf dem Schirm war deutlich ein Interferenzmuster erkennbar.



Ergebnis eines Doppelspaltversuchs.⁵

Damit gewann auf einmal die Wellentheorie, die Christiaan Huygens schon zur Zeit Newtons aufgestellt hatte, wieder an Bedeutung. Diese

⁴Abbildung: Wikimedia (Johannes Kalliauer, als gemeinfrei gekennzeichnet)

⁵Abbildung: Wikimedia, Ausschnitt (Wikimedia-User Jordgette, CC BY-SA 3.0)

brachte aber auch schon wieder ein Problem mit sich: die Suche nach dem Übertragungsmedium für Licht. Von anderen klassischen Wellen, wie z. B. Schall, wusste man, dass sie sich nur über ein Medium ausbreiten können, indem sie dieses in Schwingung versetzen. Licht hingegen kann sich auch im All über weite Strecken ausbreiten, wo es, wie wir heute wissen, ein Vakuum gibt. Das wird dadurch erklärt, dass Lichtwellen völlig anders funktionieren, als die Wellen, die man bisher kannte. Sie bestehen aus einem elektrischen Feld und einem Magnetfeld, die sich die ganze Zeit gegenseitig erzeugen. Dieses Phänomen kennt man vielleicht vom Transformator, nur das man bei diesem noch einen Eisenkern benötigt, der für Licht nicht gebraucht wird. Aus diesem Grund wird Licht auch als elektromagnetische Welle bezeichnet. Weitere elektromagnetische Wellen sind Röntgenstrahlen, Radiowellen und Mikrowellen. Auch diese bestehen aus einem Magnetfeld und einem elektrischen Feld, die sich gegenseitig erzeugen und dabei ohne Träger mit Lichtgeschwindigkeit fortbewegen, nur haben sie eine andere Frequenz als das für uns sichtbare Licht.

Nun waren also hundert Jahre lang alle mehr oder weniger damit zufrieden, dass das Licht sich wie eine Welle verhält. Doch das sollte sich ändern, als Albert Einstein 1905 zu einer neuen Deutung des Photoeffekts kam, für die er dann schließlich auch seinen Nobelpreis erhielt. Aus den Experimenten von Becquerel schloss er, dass das Licht aus einzelnen Energieportionen bestehen musste, die er Lichtquanten oder auch Photonen nannte. Licht mit einer höheren Frequenz enthält demzufolge energiereichere Lichtquanten und ist deshalb in der Lage, eine hohe Ablöseenergie zu überwinden, während eine erhöhte Lichtintensität nichts an der Energie der einzelnen Quanten ändert. Damit erklärte er, warum bei zu geringer Frequenz kein Photoeffekt stattfindet, selbst wenn man die Intensität des Lichts erhöht. Diese These unterstützte später Arthur Compton, indem er näher untersuchte, was beim Photoeffekt mit den gestoßenen Elektronen passierte und wie das Licht sich verhält, nachdem es Elektronen aus einem Stoff herausgeschlagen hat. Er folgte aus seinen Beobachtungen, dass das Licht

einen Impuls auf das Elektron übertragen hat. Damit widerlegte er erneut die Wellentheorie, denn Wellen in der klassischen Physik können keine Masse und somit auch keinen Impuls haben.

Einstein und Compton behaupteten damit aber nicht, dass das Licht deshalb eindeutig ein Teilchenstrom sein musste, denn sie beriefen sich durchaus auch auf frühere Erkenntnisse wie die von Thomas Young.

Es entstand also eine neue Theorie, die auch einen ganz neuen Bereich der Physik eröffnete: die Quantenphysik. Im Gegensatz zur klassischen Physik unterteilt man dort nicht mehr in Welle und Teilchen, sondern man betrachtet sogenannte Quantenobjekte. Diese verhalten sich in manchen Experimenten wie klassische Teilchen und in anderen wie klassische Wellen, sind aber weder das eine noch das andere. Zu diesen Quantenobjekten zählen außer den Photonen, aus denen das Licht besteht, auch Elektronen und sogar Atome und Moleküle.

Momentan wird noch immer am Welle-Teilchen-Dualismus und dem Doppelspaltexperiment geforscht. Erst im September 2021 haben Thai Huyn Yoon und Minhaeng Cho eine neue Erkenntnis gewonnen: Ob das Lichtquant eher Welle oder eher Teilchen ist, hänge angeblich von der Quelle des Lichts ab. Aber dies ist eine andere Geschichte.

Die Quantenshow

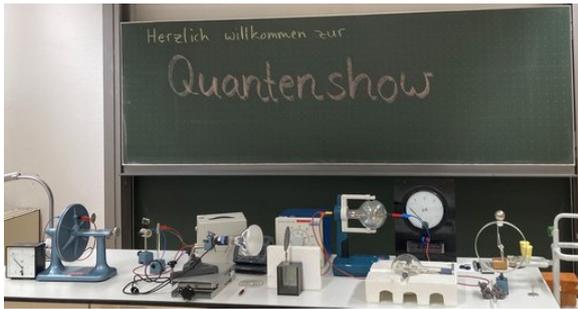
LAURA-FRANZISKA HEINTZ, EMMA WEIB

Folgende Experimente wurden uns während der Quantenshow gezeigt:

- „Interferenzmuster-Spalt-Gedöns“ bzw. die Interferenzmuster von Einzel- und Doppelspalt
- Elektroskop
- Plattenkondensator
- Funktionsweise des Kathodenstrahloszilloskop
- Nachweis Photoeffekt (mit einer UV-Lampe, die hochenergetische Strahlen versendet)

Skurrile Quantenwelt!

Während der Präsenzzeit in Adelsheim sprachen wir nicht nur über E-Lehre und Solarzellen, sondern machten auch, in Form der sogenannten Quantenshow, einige interessante Experimente zu Licht, Ladungen und technischen Funktionsweisen. Das klassische Einstiegsexperiment zur E-Lehre fehlte natürlich nicht: Der Nachweis von Ladung mit dem Elektroskop ist nun einmal grundlegend.



Der Tisch im Hörsaal steht voller Experimente rund zum Thema Quantenphysik.

Erläuterung des Experiments: Man nehme ein Elektroskop, einen PVC-Stab und ein Katzenfell (obviously am besten ganz frisch und blutig, Spaß) und reibe das Katzenfell an dem PVC-Stab. Dieser wird dann an den „Teller“ des Elektroskops gehalten, das zu sehende Phänomen ist erstaunlich. Der Zeiger dreht sich ohne sichtbaren Antrieb in die Waagerechte, bestätigt jedoch die Annahme, dass Ladungen existieren und sich die Gleichnamigen unter ihnen abstoßen (wir mögen auch die ganzen anderen Lauras und Emmas auf diesem Planeten nicht, aber no offence).

Neben dem Elektroskop setzten wir uns auch z. B. mit den Spektralstreifen, mit deren Hilfe man die Wellenlänge von Licht bestimmen kann auseinander. Die Interferenzmuster, die wir vom Welle-Teilchen-Dualismus kennen, wurden uns ebenfalls anhand von Einzel- und Doppelspalten gezeigt. Uns wurde die Funktionsweise des Kathodenstrahloszilloskops bzw. des Röhrenfernsehers erklärt. Ein großer Plattenkondensator, an den ein Voltmeter angeschlossen war, wurde aufgeladen. Dabei war die elektrische Feldstärke konstant. Als der Kondensator auseinandergezogen wurde, nahm die Spannung zu. Dieses Experiment zeigt den Zusammenhang zwischen angelegter Spannung und Plattenabstand beim Plattenkondensator.

Hierbei sind wir in viele Gebiete der Physik eingetaucht, gewählt wurden die Versuche anhand unseres Themas, unserer Präsentationen innerhalb des Kurses und der Fragen des Quiz „Jeopardy“.

Jeopardy

EMMA WEIB, JULIA-ELODIE BOLLER

Optik	Mechanik	E-Lehre	Thermodynamik	Atomphysik
100	100	100	100	100
200	200	200	200	200
300	300	300	300	300
400	400	400	400	400
500	500	500	500	500

Grundbild von Jeopardy

„Quiz für den besten Physikkurs der Welt“ – Eigenlob in diesen Text zu schreiben, ist ganz schwierig, aber aller Anfang ist schwer.

Während der Online- und Präsenzzeit in Adelsheim haben wir das Quiz „Jeopardy“ gespielt, welches unsere Schülermentorin Melissa erstellte. Dafür wurde der Kurs in zwei Gruppen aufgeteilt. Man hat abwechselnd zu verschiedenen Themen und Schwierigkeitsgraden Fragen, ohne sie im Voraus zu kennen, gewählt. Wenn die Fragen korrekt beantwortet wurden, erhielt die Gruppe die angegebene Punktzahl. Bei den Themen drehte sich natürlich alles um Physik. Die Themen Optik und Mechanik waren bereits allen geläufig, während E-Lehre, Thermodynamik und Atomphysik teilweise komplett unbekannt waren.

Hier einige Beispiele für Fragen:

Atomphysik: 100

Nenne drei Bestandteile von Atomen.

→ schallendes, überlegenes Lachen der Gruppen

Antwort: Elektronen, Protonen, Neutronen

Thermodynamik: 200

Nenne drei Einheiten für die Temperatur.

→ Achtung! Köpfe runter! Antwort wie aus der Pistole geschossen

Antwort: Kelvin, °Celsius, °Fahrenheit

E-Lehre: 300

Was versteht man unter dem glühelektrischen Effekt?

→ komplette Verzweiflung und Vorwürfe an Melissa, sie solle doch eine so schwierige Frage nicht zu den 300er-Fragen schreiben

Antwort: Der glühelektrische Effekt ist das Phänomen, dass eine glühende Metall- oder Halbleiteroberfläche Elektronen emittiert (abgibt).

Optik: 400

Nenne drei Unterschiede zwischen Photonen und Elektronen.

→ eine ausartende Diskussion innerhalb der Gruppe über den dritten Unterschied

Antwort: Ladung, Masse, Geschwindigkeit

Mechanik: 500

Warum ist die Massenerhaltung kein Erhaltungssatz im klassischen Sinne?

→ angenommene Erklärungsversuche

Antwort: Masse bleibt nicht zwangsläufig erhalten, da sie in Energie umgewandelt werden kann, das passiert z. B. in der Sonne (gemäß der berühmten Formel $E = mc^2$)

Finalfrage

Wie heißen die zwei Kirchhoffschen Gesetze?

→ absolute Enttäuschung der Kursleiter, wie konnten wir das nur vergessen?

Antwort: Knotenregel und Maschenregel

Manchmal wurde Unwissen bedauert und unerwartetes Wissen bewundert. Eine Gruppe kam auch mit Raten ganz gut zurecht.

Jedoch führten beide Gruppen zielorientierte und kreative Diskussionen von großem Ausmaß. Große Rivalitäten spalteten den Physikkurs. Die Versager, die mit dem kleinstmöglichen Abstand von 100 Punkten verloren, waren in ihrem Stolz zutiefst gekränkt und hatten mit Minderwertigkeitskomplexen zu kämpfen. Der Kurs fand nie wieder zusammen. Dies war die tragische *hust hust Geschichte unseres Jeopardy-Quiz.

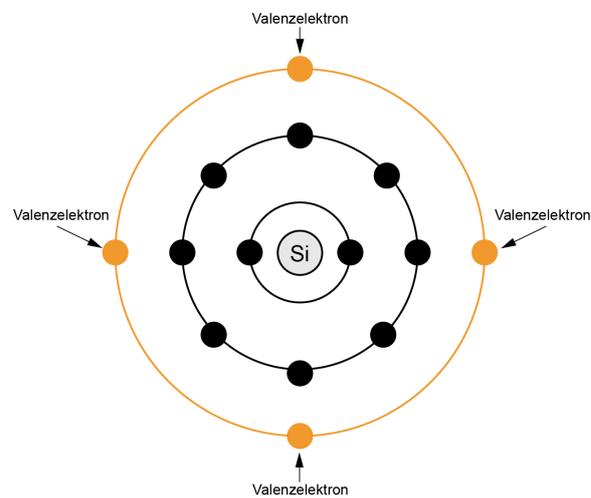
P.S.: Und wer es bei dem *hust hust noch nicht verstanden hat, der möge sich zu Herzen nehmen, dass der Text nicht ganz ernst zu nehmen war.

Vom Halbleiter zum Solartracker

Halbleiter

VINCENT TRÖGER

In der Elektrotechnik werden normale Leiter (oft Kupferkabel) und Halbleiter genutzt. Diese Halbleiter bestehen hauptsächlich aus dem festen Halbmetall Silizium und können abhängig von der Temperatur Strom mehr, weniger oder gar nicht leiten (Isolator). In der Eigenleitung im Siliziumkristall bilden die jeweils vier Valenzelektronen der Atome Elektronenpaarbindungen, sodass der günstige Zustand mit zusammen immer acht Valenzelektronen erreicht wird.

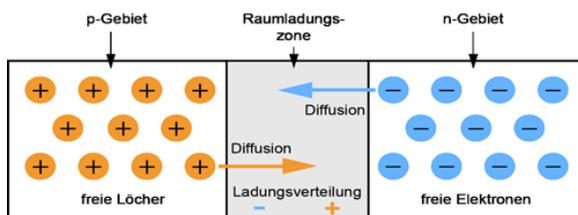


Aufbau eines Silizium-Atoms⁶

Manche Elektronen bewegen sich jedoch und springen aus ihrer Bindung heraus, sie werden nun ein freies, negatives Elektron und hinterlassen ein positiv geladenes Loch. Die freien Ladungsträger können sich nun bewegen und auch wieder neutralisieren (Rekombinationen), sprich sie befinden sich nicht nur in den Valenzbändern der Atomhülle, sondern gehen auch in das Leitungsband und wieder zurück. Die Rede ist hier von dem Bändermodell, welches die Aufenthaltsorte von Elektronen in Bereichen/Ebenen beschreibt. Durch das Anlegen einer äußeren Spannung wandern durch ständige Rekombinationen die Löcher zum Minuspol und die Elektronen zum Pluspol. Mit dieser Anziehung wird Stromfluss ermöglicht.

⁶Abbildung: Enargus (CC BY-SA 3.0 DE)

Durch gezielte Verunreinigung mit Fremdatomen kann man Halbleiter positiv oder negativ dotieren und damit die Leitfähigkeit steuern. Erzeugt wird ein Elektronenmangel durch Elemente mit nur drei Valenzelektronen und ein Elektronenüberschuss durch Elemente mit fünf Valenzelektronen. Diese p- und n-Dotierungen können auch kombiniert werden, dann hat man einen p-n-Übergang. An der Grenzschicht bewegen sich die freien Ladungsträger aufeinander zu und neutralisieren sich (Diffusion aufgrund ständigen Zitterbewegungen). Dadurch entsteht nur erst einmal eine Raumladungszone oder auch Sperrzone genannt mit nur noch festen, durch die Ionisierung unterschiedlich geladenen Atomrümpfen (Atome ohne freie Ladungsträger). Ein elektrisches Feld mit einer Diffusionsspannung ist nun vorhanden, welches die freien Ladungsträger abstößt und dadurch den Stromfluss verhindert.



Vereinfachte, schematische Darstellung des Grenzübergangs⁷

Wenn jedoch eine Spannung angelegt wird, kann die Sperrzone entweder vergrößert oder verkleinert bzw. sogar komplett aufgehoben werden, je nachdem, ob die Ladungsverteilung durch gegenteilige Polung ausgeglichen oder verstärkt wird. Die Durchlass- bzw. Sperrrichtung fungiert also im Prinzip als eine Art Ventil.

Diese Eigenschaft machen sich Dioden, die ein wichtiges elektrisches Bauteil für viele Schaltungen sind, zunutze. Ab einer gewissen Schwellspannung leiten sie Strom, jedoch nur in Durchlassrichtung. Es gibt verschiedene Arten von Dioden, z. B. die Schottky- oder Leuchtdiode welche unterschiedliche Eigenschaften und damit auch spezielle Funktionen haben. Auf jeden Fall begegnen uns im Alltag die LEDs und in nahezu jedem elektrischen Gerät Zener-Dioden (meist für Gleichrichtung von Strom).

⁷Abbildung: Enargus (CC BY-SA 3.0 DE)

p-n-Übergänge werden übrigens auch in Transistoren oder konventionellen Solarzellen genutzt. Halbleiter, unabhängig von ihren interessanten Leitvorgängen, sind folglich sehr wichtig für die Elektrotechnik.

Andere Arten von Solarzellen vs. konventionelle Solarzelle

LAURA-FRANZISKA HEINTZ,
JULIA-ELODIE BOLLER

Status quo: die konventionelle Solarzelle

Die konventionelle Solarzelle, die die meisten kennen und die auf vielen Dächern vorzufinden ist, ist die Silizium-Solarzelle. Sie beruht auf dem Prinzip des photovoltaischen Effekts. Durch p- und n-Dotierung der Siliziumschichten gelangen Ladungsträger zum Verbraucher.

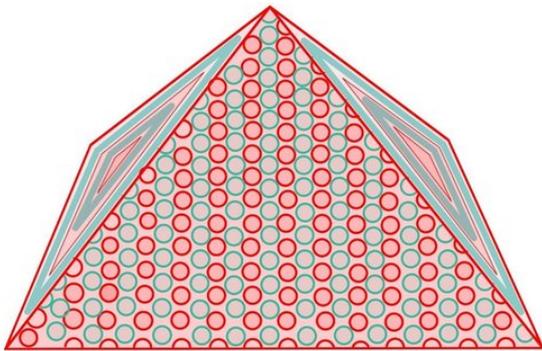
Res futurae: Quantenpunkt-Solarzelle

Bevor wir uns der Funktionsweise der Quantenpunkt-Solarzelle widmen, werden wir zuerst klären, was Quantenpunkte eigentlich sind. Quantenpunkte, auch Quantum Dots (QD) genannt, sind eine nanoskopische Materialstruktur, in der zwischen 1000 und 10.000 Atome pyramidenartig angehäuft sind. Sie bestehen meistens aus Halbleitermaterial und sind 5 bis 20 nm groß. Das ist zur Vorstellung ein Haardurchmesser geteilt durch 1000. Ein Atom ist zum Vergleich 0,1 bis 0,5 nm groß.

Bei Verkleinerung von Stoffen auf Nanoebene ändert sich das Verhältnis von Oberfläche zu Volumen. Sie haben im Verhältnis zum Volumen eine riesige Oberfläche. Die Stoffeigenschaften ändern sich folglich auch, z. B. sinkt die Schmelztemperatur oder die Farbe ändert sich. Quantenpunkte verhalten sich ähnlich wie Atome, sie sind aber in Form, Größe und Anzahl der enthaltenen Elektronen beeinflussbar. Man kann sich sozusagen seinen eigenen Quantenpunkt maßschneidern, was sich in der Herstellung zu Nutze gemacht wird.

Es gibt mehrere Methoden zur Herstellung, welche sehr billig sind. Eine Methode ist die Epitaxie.

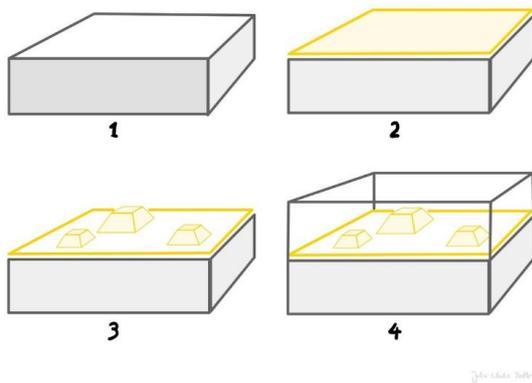
Quantenpunkt



Pyramidenförmiger Aufbau eines Quantenpunktes, Zeichnung von Julia-Elodie

In einer Epitaxie-Anlage werden bei Temperaturen von einigen hundert Grad Celsius die einzelnen Bestandteile in molekularer Form auf die Basis geleitet, welche aus einem Halbleitermaterial wie z. B. Silizium besteht, geleitet. Das Molekül zerfällt bei der hohen Temperatur der Basis in einen gasförmigen Bestandteil und in Atome, welche sich an die Oberfläche anlagern und eine chemische Bindung eingehen. Die neuen Atome übernehmen dabei die Kristallstruktur der Unterlage und setzen diese regelmäßig fort. Wird ein Halbleiter als Unterlage genutzt, so speichert die Atomlage Energie. Nach nur wenigen Atomlagen – oft zwei bis drei – entstehen die wenigen Nanometer großen, dreidimensionalen Strukturen.

Entstehung von Quantenpunkten



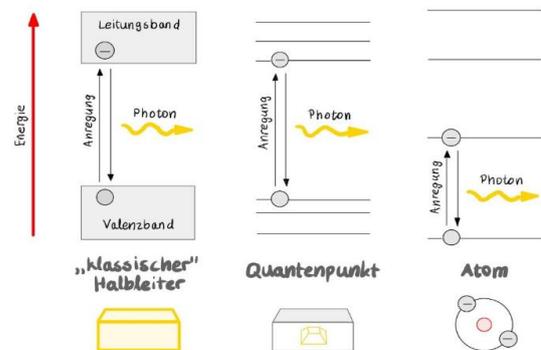
Herstellung von Quantenpunkten durch Epitaxie, Zeichnung von Julia-Elodie

Quantenpunkte werden heute zum Beispiel als Leuchtfarben in den Displays von QLED Bildschirmen oder eben als Solarzelle genutzt.

Eine Quantenpunkt-Solarzelle ist ein Solarzellen-Design, das Quantenpunkte als absorbierendes, photovoltaisches Material verwendet. Die möglichen Energiezustände der Ladungsträger bilden in Halbleitern Energiebänder. Von besonderer Bedeutung sind das Valenzband und das Leitungsband. Diese beiden Bänder sind energetisch durch eine Bandlücke getrennt, in welcher sich keine Ladungsträger aufhalten können. Absorbiert der Halbleiter ein Photon, so wird ein Elektron aus dem Valenzband in das Leitungsband angehoben. Dadurch fehlt nun im Valenzband ein Elektron. Das bezeichnet man als „Loch“. Das Loch kann sich im Valenzband räumlich bewegen. Es ist also eine Art gedachtes Teilchen mit ähnlichen Eigenschaften wie ein Elektron, nur dass es eine positive Ladung trägt. Ein Exziton (Elektron-Loch-Paar) ist entstanden.

In einem klassischen Halbleiter sind die möglichen Energiezustände der Ladungsträger in den Energiebändern kontinuierlich verteilt. Der Quantenpunkt begrenzt die Bewegungsfreiheit dieser Ladungsträger in alle drei Raumrichtungen aufgrund seiner Größe. Folglich führen die Gesetze der Quantenmechanik aufgrund der geringen räumlichen Ausdehnung jedoch zu diskreten Energieniveaus: Dies bewirkt, dass das Band kein Band mehr ist, sondern eine Menge von einzelnen Linien, auf denen sich die Energien der Elektronen befinden dürfen. Ein Quantenpunkt verhält sich also wie eine Art riesiges Atom, auch dort dürfen Elektronen nur bestimmte Energieniveaus einnehmen.

Vergleich der Energiezustände



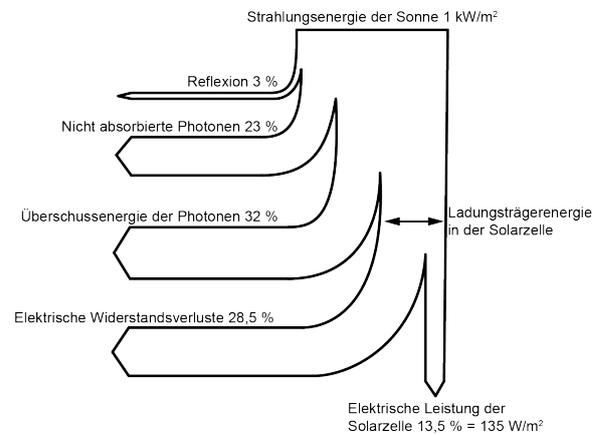
Schematische Darstellung der Energieniveaus, Zeichnung von Julia-Elodie

Kontinuierliche und diskrete Energieniveaus senden unterschiedliche Spektren aus. Heiße Materialien wie eine Glühwendel oder die Sonne senden in der Regel ein kontinuierliches Emissionsspektrum aus. Untersucht man ein solches Spektrum mit einem Prisma oder einem Spektrometer, stellt man fest, dass bei einem solchen kontinuierlichen Spektrum die verschiedenen Farben von rot bis violett nahtlos ineinander übergehen. Diskrete Emissionsspektren, auch Linienspektren genannt, sind die Folge davon, dass Atome nur diskrete Energieniveaus annehmen können. Diese bestehen in der Regel aus mehreren einzelnen Linien, die voneinander getrennt sind. Diese Linien spiegeln sich dann auch Energiebändern der Quantenpunktsolarzelle wider.

Die Quantenpunkt-Solarzellen sollen effizienter sein, da sie den Wellenlängenbereich effektiver ausnutzen und dadurch mehr Exzitonen entstehen als in den bisherigen Solarzellen. Die Anregungsenergie der Exzitonen liegt im kurzweligen (blauen/violetten) Bereich. Um diese Art von Solarzellen noch effektiver zu machen, soll ein größerer Anteil des Sonnenspektrums nutzbar gemacht werden durch verschieden große Quantenpunkte. Bei einem Durchmesser von 5,6 nm hat man bis jetzt die höchste Effizienz festgestellt. Je kleiner die Quantenpunkte sind, desto längerwelliges Licht (und damit ein größerer Anteil des Spektrums) kann die Elektronen anregen.

Gelänge es, noch größere Teile des Sonnenspektrums für die Exzitonenerzeugung zu nutzen, wäre das die Chance für eine Revolution in der Solartechnik. Diese Solarzellen haben theoretisch höhere Wirkungsgrade als Silizium-Solarzellen. Man kann aber auch beide verbinden, was sehr geschickt wäre, da Silizium-Zellen langwelliges und Quantenpunkt-Solarzellen kurzwelliges Licht nutzen: Arthur Nozik hat 2011 erstmals an der University of Colorado mit anderen Forschern eine Quantenpunkt-Zelle hergestellt, deren Effizienz bei über 100 % liegt, sie erzeugt mehr Ladungsträger als Photonen auftreten, da durch ein Photon mehr als nur ein Exziton anregen kann. Dennoch bleibt der Wirkungsgrad bei unter 26 %, da nicht alle Energie der Photonen in elektrische Energie umgewandelt werden kann. Diese Solarzelle

ist eine Kombination aus einer konventionellen Solarzelle mit einer Schicht aus Bleiselenid-Quantenpunkten.



Verluste einer Solarzelle, exemplarisch einer Siliziumsolarzelle⁸

Nanopartikel sind für unser Auge nicht wahrnehmbar. Man könnte also Quantenpunkt-Solarzellen nahtlos in die Infrastruktur einbauen z. B. eine Fensterreihe von Wolkenkratzern mit Quantenpunkten beschichtet oder auch gleich die ganze Fassade. Man könnte sie außerdem auf Autos auftragen, da sie auf fast allen Oberflächen haften und sogar bei schwächerer Sonneneinstrahlung arbeiten.

Nanotechnologie hat generell ein riesiges Potenzial und könnte zu umweltfreundlichem Leben beitragen. Theoretisch bekommen wir an einem Tag genug Sonnenenergie, um die ganze Welt für ein Jahr mit Strom zu versorgen. Momentan gibt es jedoch wirtschaftliche und technische Hindernisse, z. B. wurde die Technik noch nicht genug optimiert, um in der Praxis den hohen Wirkungsgrad zu liefern. Außerdem ist das enthaltene Blei giftig.

Res futurae: Perowskit-Solarzellen

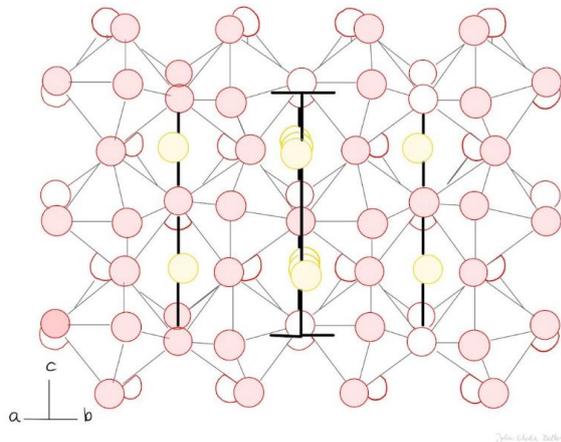
Neben den Quantenpunkt-Solarzellen hat sich eine weitere Solartechnologie als zukunftsfähig erwiesen: die Perowskit-Solarzellen.

Perowskit ist ein relativ häufiges Mineral aus Calcium-Titan-Oxid. Der Begriff Perowskit-Struktur bezieht sich auf eine Kristallstruktur, die im namensgebenden Perowskit jedoch nicht

⁸Enargus (CC BY-SA 3.0 DE)

vorhanden ist. Perowskit beschreibt also auch alle Materialien mit derselben Kristallstruktur. Sie sind u.a. supraleitend und photovoltaisch.

Kristallstruktur von Perowskit



Die Perowskit-Struktur, Zeichnung von Julia-Elodie

Bei einer klassischen Perowskit-Solarzelle ist der Absorber der Sonnenstrahlung das Perowskit. Es ist zwischen dem Elektronenleiter und dem Lochleiter platziert. Das Photon trifft auf das Perowskit und das Elektron wird angeregt. Der Elektronen- bzw. Lochleiter sorgt dafür, dass die Elektronen zur unteren Elektrode über den Elektronenleiter und die Löcher zur oberen Elektrode über den Lochleiter abtransportiert werden. Als Lochleiter kommen organische oder nicht organische Stoffe zum Einsatz, als Elektronenleiter Titandioxid oder eine bestimmte Art von Kohlenstoffmolekülen.

Eine weitere Variante ist die Perowskit-Solarzelle mit Kohlenstoffarchitektur. Hier besteht der Elektronenleiter aus zwei Schichten Titandioxid. Der Lochleiter fehlt. Die Löcher werden stattdessen von einer porösen, elektrisch leitenden Kohlenstoffschicht, bspw. aus Grafit, zum positiven Pol geleitet. Das Perowskit bildet hier keine abgeschlossene Schicht, sondern es durchdringt die Solarzelle bis zum Elektronenleiter wie Kaffee, den man auf Zucker träufelt. Die Isolatorschicht ist nötig, damit die Löcher im Kohlenstoff nicht mit den Elektronen im Titandioxid rekombinieren können. Die Basis ist eine Glasscheibe, die mit fluordotiertem Zinnoxid beschichtet ist, das elektrisch leitend ist und den negativen Pol

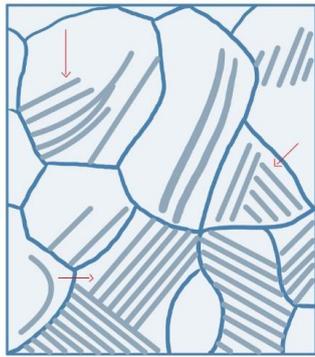
der Solarzelle bildet. Oben wird die Solarzelle ebenfalls von einer schützenden, versiegelten Glasschicht abgeschlossen.

Die Solarzelle ist in einer Stärke von 1 Mikrometer auftragbar, biegsam und durchsichtig. Dadurch wäre ein Einbau in die Infrastruktur sehr ähnlich wie bei den Quantenpunkt-Solarzellen möglich. Weitere Vorteile sind, dass sie sehr günstig sind für 20 -30 ct/Watt, da sie keine seltenen Rohstoffe brauchen und bei Raumtemperatur hergestellt werden können. Die Forschung kommt sehr gut voran, in nur 4 Jahren wurde der Wirkungsgrad von 4 % auf 22,1 % in 2016 gesteigert.

Die hohe Effizienz kommt von den elektrischen Feldern über die sich die Ladungsträger so schnell zu den Elektroden bewegen können. Am Karlsruher Institut für Technologie wurden die Perowskite mit einer besonderen Rasterkraft-Mikroskopietechnik vermessen und dabei wurden in den lichtabsorbierenden Schichten ferroelektrische Nanostrukturen nachgewiesen, diese Streifen. Ferroelektrizität bedeutet, dass Kristalle eine elektrische Polarisierung besitzen. Dabei bilden die ferroelektrischen Kristalle Bereiche mit gleicher Polarisationsrichtung, sogenannte Domänen. Die Karlsruher Wissenschaftler beobachteten, dass der Perowskit rund 100 Nanometer breite streifenförmige ferroelektrische Domänen mit sich abwechselnden elektrischen Feldern bildet. Diese alternierende elektrische Polarisierung im Material könnte eine entscheidende Rolle beim Transport der Ladungen zu den Elektroden spielen und somit die besonderen Eigenschaften der Perowskite in der Photovoltaik erklären. Nach derartigen Strukturen suchen Forscher schon seit Jahren, um den Wirkungsgrad von Solarzellen zu verbessern. In Perowskit-Solarzellen entstehen diese Strukturen unter gewissen Bedingungen von selbst.

Nachteile sind z. B., dass sie sich bei UV-Einstrahlung und Wasserkontakt zersetzen und nach ca. drei Wochen 20 % weniger Effizienz zeigen, was bei Siliziumsolarzellen erst nach 10 Jahren passiert. Also ist noch jahrelange Optimierung nötig, in denen die Rohstoffpreise steigen könnten oder das giftige Blei verboten werden könnte. Einen Ersatz könnte Zinn

ferroelektrische Nanostrukturen in der Perowskit-Solarzelle



Ferroelektrische Nanostrukturen in einer Perowskit-Solarzelle, Zeichnung von Julia-Elodie

bieten, das jedoch oxidiert und dessen Kristallstruktur deshalb verloren geht. Als große Chance wird eine Tandem-Solarzelle gesehen, eine Kombination aus Silizium- und Perowskit-Solarzelle.

Im Weltraum sollen die Perowskit-Solarzelle nun die konventionellen Solarzellen ersetzen. Diese sind nämlich schwer und teuer. Sie liefern um die 3 Watt pro Gramm, während das Perowskit 30 Watt pro Gramm liefern könnte. 2020 war ihr Testflug ins All. Die Kampagne Mapheus-8 des DLR schoss am 13.6.2020 ihre Rakete mit den Perowskit-Solarzellen an Bord ins All. Sie startete in Nordschweden. Die Rakete wurde in Umlaufbahnhöhe ca. 240 km gebracht und ein 8-min Parabelflug wurde durchgeführt. Man wollte testen, ob die Zellen den schweren Bedingungen im All gewachsen sind. Die Mission war ein voller Erfolg; die Zellen erzeugten Strom auch bei diffusem Licht einfall und sogar sonnenabgewandte Zellen, die während des Fluges vom reflektierten Licht der Erde nur spärlich beleuchtet wurden, lieferten Strom. Damit wären z. B. auch Missionen ins äußere Sonnensystem möglich, wo die Sonne für herkömmliche Weltraum-Solarzelle zu schwach wird.

Perowskit-Solarzellen können zu Textilien verwoben werden. In den Fasern haben sie zwar nur einen Wirkungsgrad von 3%, das eignet sich aber für kleinere Geräte ganz gut. Sie bestehen aus Schichten unterschiedlicher Materialien, die sozusagen die Solarzelle widerspiegeln.

Das halbleitende Titandioxid bildet die Anode, Kohlenstoffnanoröhren die Kathode, dazwischen das Perowskit. Man könnte die Fasern auch in Raumanzüge einweben.

Vergleich – Stand 2021

	Perowskit-Solarzelle	Quantenpunkt-Solarzelle	Silizium-Solarzelle
Wirkungsgrad	25,2 %	16,6 %	15–22 % (max. 25,6 %)
Preis pro Watt	20–30 ct/W	keine Angabe	22–170 ct/W
Gewicht (1 Modul)	≈ 2 kg	≈ 2 kg	17–22 kg
Optimierung seit	2008	2010	1953
Temperatur bei Herstellung	22 °C	≈ 300 °C	1700 °C
Industrielle Umsetzung	nein	nein	ja

Fazit

Unsere Solartechnik ist definitiv ausbaufähig, denn die Silizium-Solarzellen sind teuer, vergleichsweise ineffizient, unhandlich, brauchen seltene Rohstoffe und haben eine komplizierte Herstellung. Zwei der Alternativen zu Silizium bieten Perowskit und Quantenpunkte. Perowskit ist eine Kristallstruktur und Quantenpunkte eine nanoskopische Materialstruktur, die beide für Solarzellen genutzt werden können. Im Labor versprechen sie hohe Wirkungsgrade, indem die Quantenpunkte den Wellenlängenbereich effizienter ausnutzen aufgrund ihrer Größe im Nanobereich und mehr Exzitonen entstehen. Die Perowskite erreichen dies durch die entstehenden elektrischen Felder, über die die Ladungsträger schneller zu den Elektroden transportiert werden. Momentan sind sie noch nicht konkurrenzfähig zu den Silizium-Zellen. Bei weiterer Optimierung für die Industrie werden sie aber bestimmt in wenigen Jahren auf

den Markt kommen, auch wenn sie die Siliziumzellen, wenn überhaupt, erst einmal nicht verdrängen werden. Im Weltall könnte durch weitere Optimierung jedoch ganz auf Perowskit-Zellen gesetzt werden. Ein rascher Einbau von Solarzellen in die Infrastruktur ist sehr wichtig, um noch viele Jahrzehnte auf der Erde leben zu können und dafür bieten Quantenpunkt und Perowskit-Solarzellen die eleganteste Option.

Versuche mit großen Solarzellen

PIA SCHILDE, FRANZISKA WOLZ

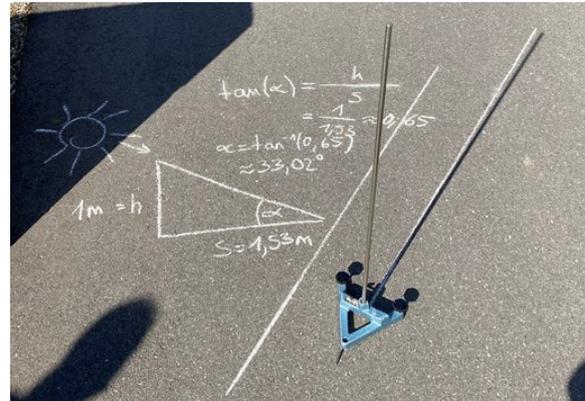
In Adelsheim führten wir verschiedene Experimente durch, für die wir alle unsere kleinen baugleichen Solarzellen (2 V bzw. 5,5 V) zu einem großen Solarmodul auf einem Holzbrett zusammenschalteten.



Das gute Wetter in Adelsheim nutzen wir, um die Solarmodule unter freiem Himmel zu basteln und zu testen – „live und in Farbe“.

Mit diesem Solarmodul maßen wir zum Beispiel, wie sich die Leistung in unterschiedlich belasteten Stromkreisen mit unterschiedlichen Einfallswinkeln zur Sonne verhält. Dafür schlugen wir einen Nagel senkrecht ins Holzbrett und maßen beim Drehen des Solarmoduls in horizontale und vertikale Richtung, wie sich

die Leistung zur entstandenen Schattenlänge des Nagels verhält.



Mit einem Schattenstab bestimmten wir experimentell den Einfallswinkel der Sonnenstrahlung.



Das Prinzip zur Winkelbestimmung mit dem Schattenstab setzten wir mit einem kleinen Nagel, den wir senkrecht in das Holzbrett schlugen, praktisch um. Man sieht den Nagel auf dem Brett unten rechts.

Dabei fiel uns auf, dass die Leistung bei einem senkrechten Einfall der Sonne auf das Solarmodul am größten ist.

Außerdem fanden wir heraus, dass die größtmögliche Leistung mit einem Lastwiderstand von 100 Ohm erbracht werden kann. Bei einem Lastwiderstand von 10 Ohm und 1000 Ohm ist die erbrachte Leistung deutlich geringer. In einem weiteren Experiment fanden wir heraus, wie sich die Leistung des Solarmoduls verhält, wenn man unterschiedliche Bereiche des Solarmoduls abdeckt. Hierbei war bemerkenswert, dass die Leistung beim Abdecken einer einzelnen Solarzelle drastisch abfällt und bei jeder weiteren Solarzelle nur noch ein bisschen. Daraufhin fragten wir uns, ob es nicht



Die Messwerte notierten wir mit Kreide auf dem Parkplatz.

ziemlich ineffizient sei, wenn auf einem Haus eine einzige Solarzelle abgedeckt/abgeschattet werde und daraufhin fast keine Leistung mehr erbracht werden könne. Nach kurzer Recherche fanden wir heraus, dass in der Realität bei auf Dächern montierten Solarzellen Bypass-Dioden verwendet werden, um dieses Problem zu lösen. Diese sorgen dafür, dass der Stromfluss die Solarzelle umgehen kann, in der der Widerstand durch Abschattung so stark erhöht wurde.



Eines der beiden selbstgebaute Solarmodule lieferte bei senkrechtem Lichteinfall eine Spannung von 28,3 V.

Der Solartracker

FINN REINHARDT, ANTON WALZ

Schon relativ früh kam uns eine Idee, die uns alle viel beschäftigte. Wie wäre es denn, wenn



Experiment zum Abdecken einzelner Solarzellen

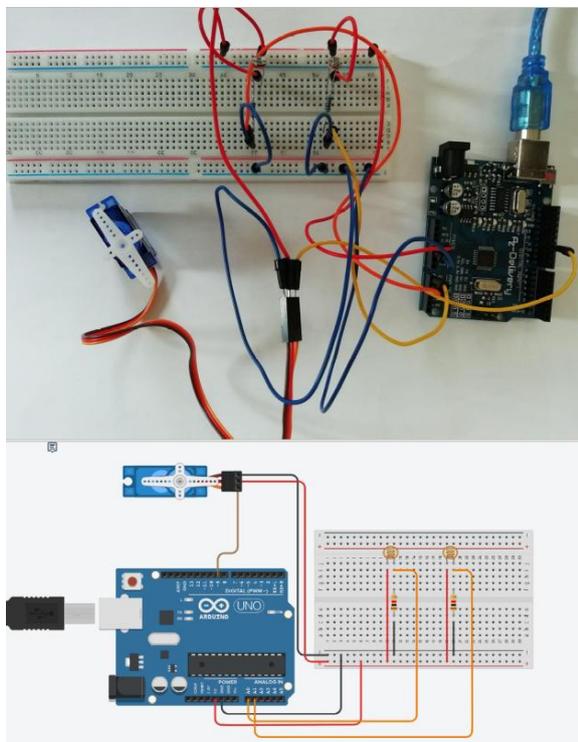
man nicht eine starre, sondern eine bewegbare Solarzelle hätte? Diese hat schließlich, wie wir bei verschiedenen Versuchen gemessen haben, eine deutlich höhere Leistung. Dieser Solartracker, unsere Vision, ist im Prinzip ein Gestell, dass die Sonne verfolgt. Es kann sich in zwei Achsen, nach oben/unten (Elevation) und nach rechts/links (Azimut) bewegen. So kann man die Solarzelle immer perfekt ausrichten.



Und nach einigen erfolgreichen Messungen war es Zeit für eine Pause.

Das Ganze funktioniert dann mit zwei Servo- oder Schrittmotoren, die von einem program-

mierten Computerchip, in unserem Fall dem Arduino, gesteuert werden. Damit dieser aber auch genau weiß, wohin er sich drehen muss, befinden sich auf dem Solartracker zusätzlich mehrere sogenannte LDRs. LDRs, die „Light dependent resistors“, sind lichtabhängige Widerstände. Sie reagieren also auf die Helligkeit des Lichts, indem sich deren Widerstand verändert, in diesem Fall durch das Licht der Sonne, damit der Arduino weiß, wohin er sich drehen muss. Insgesamt werden mindestens vier solcher LDRs verbaut, in jeder Richtung einer; wegen naheliegenden Messfehlern, Anfälligkeit der Bauteile und anderem werden in der Realität aber deutlich mehr benutzt.



Ein erster Prototyp mit nur einem Servomotor und zwei LDRs auf dem Breadbord.

Wenn man, wie schon beschrieben, in allen vier Richtungen LDRs hat, hat man jede Richtung abgedeckt und das Gerät kann sich in jede Richtung ausrichten. Ist es zum Beispiel bei den lichtabhängigen Widerständen rechts oben am hellsten, weiß der Computer, er muss das Gerät nun etwas nach oben rechts bewegen. Um die Seiten voneinander abzuschirmen und für ein klareres Ergebnis haben wir noch eine Scheidewand eingebaut, die wie eine Wand zwischen den LDRs ist.

Natürlich hatten wir zu Beginn noch gar keine Ahnung, ob und wie gut das alles denn funktionieren werde. Also bauten wir aus unseren vielen kleinen Solarzellen eine große, an der alles simuliert wurde. Auch nahmen wir damit unsere vielen Messungen auf, die man dazu brauchte. Das reichte von den Einfallswinkeln, der Sonnenbewegung und der maximalen Spannung bis hin zu ihrem Arbeitspunkt und diversen anderen Rechnungen, die daraus folgerten. Wie schon vermutet kann sich so ein Solartracker definitiv rechnen und ist somit sinnvoll, was aber auch wiederum alles davon abhängt, wie groß das Gestell ist oder welche und wie viele Solarzellen man benutzt. Nun kann die Sonne den ganzen Tag über mit einem maximalen Einstrahlungswinkel von möglichst 0° zum Lot einstrahlen, also senkrecht auf die Solarzelle, wodurch man auch das maximale aus dem Licht, das zur Verfügung steht, herausholt.



Beim Programmieren . . .

Das Gerät soll natürlich immer die maximale Ausbeute erlangen, weshalb es sich schließlich den ganzen Tag mit der Sonne mit dreht und das somit erreicht. Um noch effizienter zu werden, wäre es auch geschickt, wenn man nicht nur eine, sondern möglichst viele Solarzellen darauf befestigt.

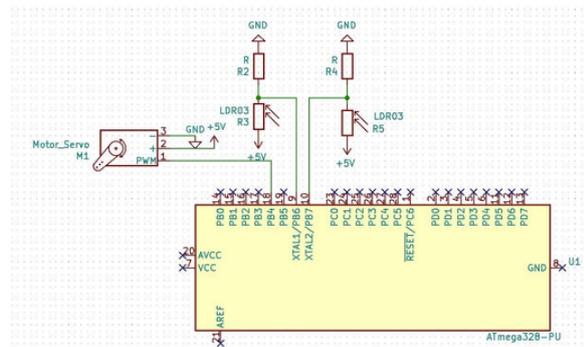
Wie schon angesprochen steuert dies der Arduino, der aber vorher noch programmiert werden muss. Die Spannungsquelle für jenen ist klassisch das Stromnetz. Im ersten Moment meint man vielleicht, das alles lohne sich gar nicht durch den hohen Stromverbrauch, den die Motoren und der Minicomputer haben. Aber damit liegt man falsch, denn der Arduino benötigt sowieso nur sehr wenig Strom und die

Motoren haben im Vergleich zum gewonnenen Strom einen deutlich geringeren Verbrauch und natürlich wird noch ein Getriebe verbaut, das das auch nochmal ins Positive zieht.



... und manchmal auch auf Fehlersuche.

Für das Programm benutzt der Computer die Ausgaben der LDRs, weiß dann, wo es gerade am hellsten ist, und wird sich etwas in diese Richtung drehen. Beide Motoren werden dann angesteuert und bewegen sich. Im Normalfall würde sich nun der Tracker ständig hin und her drehen, weil nahezu nie die Werte der Sensoren genau übereinstimmen, weshalb man hier eine Toleranz einbaut, die das verhindert und grob aussagt, dass die Photowiderstände nicht genau den gleichen Widerstand, sondern nur einen relativ ähnlichen haben müssen.



Reale Schaltung mit Breadboard

Dadurch kann man einiges an Energie einsparen, wie auch wenn der Arduino nicht jede Sekunde, sondern zum Beispiel nur alle 5 Minuten misst, einen Wert aufnimmt, diesen verarbeitet, seinen Befehl ausgibt und sich passend ausrichtet. Auf diese Weise müssen sich die Motoren um einiges weniger bewegen, und der Verbrauch sinkt enorm.

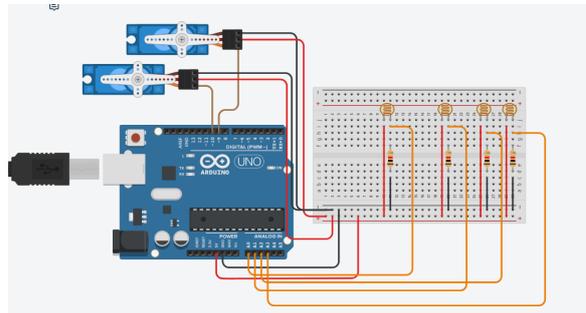
```
#include <Servo.h> // importiere ServoLibrary
Servo S1; // Servo heißt S1
int winkel = 90;
int Lu = A0;
int Ru = A1;
int toleranz = 50; // die Variablen werden deklariert

void setup() {
  S1.attach(11); // Servo ist auf Pin 11
  pinMode(Lu, INPUT); // LDRs deklarieren
  pinMode(Ru, INPUT); // stelle Servo auf Position winkel
  S1.write(winkel);
}

void loop() {
  int LdrL = analogRead(Lu); // lies die LDRs aus
  int LdrR = analogRead(Ru); // nimm die Differenz von den LDRs unten
  int diff = abs(LdrL - LdrR); // falls die Differenz kleiner als dar
  if ((diff <= toleranz)) {} // Toleranzwert ist, mache nichts
  else { // ansonsten tue folgendes
    if (LdrL > LdrR) { // wenn der linke LDR heller ist, verringere
      winkel = --winkel; // "Winkel" (drehe später nach links)
    } // ansonsten (rechter LDR wäre dann heller)
    else { // vergrößere "Winkel" (drehe später nach rechts)
      winkel = ++winkel;
    }
  }
  if (winkel > 175) { // wenn der Servo weiter als 175 Grad ist,
    winkel = --winkel; // verringere die Variable wieder um 1
  }
  if (winkel < 5) { // wenn der Servo unter 5 Grad ist, vergrößere
    winkel = ++winkel; // die Variable wieder um 1
  }
  S1.write(winkel); // stelle jetzt den Servo auf den neuen Winkel
  delay(15); // warte 0,15 s
}
```

Vorläufiger Code mit der einachsigen Ausrichtung

Bisher haben wir das Ganze nur in klein aufgebaut und mit dem 3D-Drucker ausgedruckt. Die naheliegende Optimierung des Solartrackers ist die vertikale Ausrichtung zur Sonne hin, dazu wird mindestens ein weiterer LDR eingebaut, welcher auch mit Trennwänden abgeschattet ist.



Optimierte Schaltung in Tinkercad mit Azimut

Eine andere Optimierung wäre die Verwendung von Quantenpunkt- oder Perowskitsolarzellen oder die Verwendung von Gleichstrommotoren, welche mehr Kraft haben, um evtl. ein größeres Solarmodul der Sonne nachzuführen. In Zukunft könnte man aus diesem Projekt auch noch Realität werden lassen – statt einem Modell ein richtig großer Prototyp in Originalgröße. Er sollte dann auch praktisch in Einsatz kommen und wirklich in größeren Mengen elektrischen Strom liefern. Des weiteren würde er selbstverständlich weiterentwickelt werden und könnte vielleicht eines Tages in Serie produziert werden und damit einen entscheidenden Beitrag zur Energiewende bringen.



Zwei Minimodelle des Solartrackers

Gesellschaftliche Aspekte

Wie retten wir die Welt?

VERA BERTSCH, JULIA-ELODIE
BOLLER, EMMA WEIß

Mit dieser spannenden Einstiegsfrage begann für uns das Eröffnungswochenende. In drei Gruppen überlegten wir uns verschiedene Antwortmöglichkeiten, wobei die Art der Vorschläge völlig uns selbst überlassen blieb. Während zwei Gruppen sich vor allem mit der Reduzierung der Treibhausgasemissionen auf der Erde beschäftigten, fokussierte sich die dritte Gruppe auf die Problematik des zunehmenden Welt- raumschrotts. Das Brainstorming betrieben wir dabei über das „Miro-Board“ und formulierten es später als Textdokument aus, das man auf der Homepage der Science Academy ansehen kann⁹.

Die zahlreichen Lösungsansätze teilten wir hierfür in größere Kategorien ein, welche nun näher erläutert werden.

⁹https://www.scienceacademy.de/images/archiv/2021/Wie_rennen_wir_die_Welt.pdf

1. Landwirtschaft

Das größte Problem, das wir hierbei sahen, war die Fleischproduktion. Für den Futteranbau und die Weideflächen wird sehr viel Fläche benötigt, weshalb oft auch Wälder abgeholzt werden. Außerdem wird besonders bei der Rinderhaltung viel Methan ausgestoßen, was als Treibhausgas deutlich mehr Wirkung zeigt als CO₂. Deshalb kann man zum Klimaschutz beitragen, indem man weniger Fleisch konsumiert und besonders auf Rindfleisch eher verzichtet. Die CO₂-Emissionen, die beim Transport von Lebensmitteln ausgestoßen werden, kann man verringern, indem man regional und saisonal einkauft.

2. Verkehr

Der öffentliche Nah- und Fernverkehr muss weiter ausgebaut werden, damit jeder die Möglichkeit bekommt, häufiger auf das Autofahren zu verzichten. Mit ÖPNV-Abgaben könnte man außerdem dessen Attraktivität steigern, da die Fahrten dadurch billiger oder sogar kostenlos werden würden. Flugpreise sollten erhöht werden und ein Streckenminimum würde dafür sorgen, dass bei kurzen Strecken eher auf Züge o. ä. zurückgegriffen wird. Auf längere Sicht gesehen lohnt es sich auch, (mit Ökostrom betriebene) Elektroautos weiterzuentwickeln und an Wasserstoffautos zu forschen.

3. Haushalt

Das Heizen von Wohnräumen macht einen großen Teil der CO₂-Emissionen aus, welche durch gute Isolierung und Heizen mit Wärmepumpen verringert werden können. Um den in Haushalten verursachten Müll zu reduzieren, kann man Waren gebraucht einkaufen und Wegwerfprodukte vermeiden. Ebenfalls sollte auf Mülltrennung geachtet werden, sodass möglichst viel recycelt werden kann. Eine Verpflichtung für Solaranlagen würde dafür sorgen, dass viel mehr Strom umweltfreundlich produziert wird.

4. Politik

Für eine langsame Umsetzung von Projekten und Zielen sorgt hier der fehlende Tatendrang und die Bürokratie. Ein unabhängiges Komitee könnte die Einhaltung von beschlossenen Zielen überwachen. Außerdem sind viele Klimaziele bisher zu mild, als dass sie einen großen Einfluss auf den Klimawandel hätten. Es ist wichtig, allen Menschen Zugang zu seriösen Informationen zu geben, sodass der Klimawandel in das Bewusstsein der Menschen gelangt.

5. Erneuerbare Energien

Außer der von uns thematisierten Solarenergie gibt es noch die Möglichkeiten der Wind- und Wasserkraft sowie Biogas und Geothermie. Diese sind nicht nur klimafreundlicher als fossile Energien, sondern auch ortsunabhängig und theoretisch unbegrenzt verfügbar. Allerdings sind einige dieser Energiequellen wetterabhängig, weshalb man bei deren Ausbau auch auf die Speicherung der Energie achten muss.

6. Städte

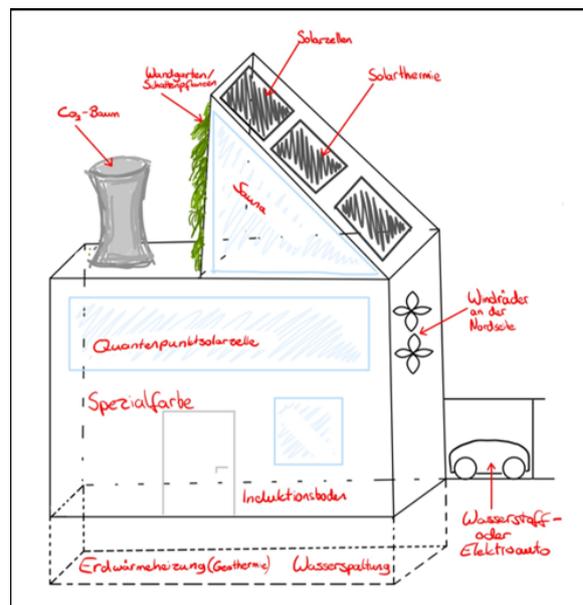
Unter diesem Punkt haben wir einerseits die Begrünung der Städte zusammengefasst und andererseits die Effizienz in Bezug auf Heizen, Platznutzung etc. Bei der Begrünung sind zwei Aspekte die Vertikalgärten und der „künstliche Baum“.

7. Weltraumschrott

Die Kleinteile im Orbit erreichen Geschwindigkeiten von bis zu 25 000 km/h und stellen damit nicht nur für funktionierende Satelliten eine Gefahr dar, sondern auch für die ISS und für Astronauten. Auf Dauer verhindert der Weltraumschrott so den Start von neuen Raketen und könnte irgendwann zum Ende der Raumfahrt führen. Ein zerstörter Satellit kann beim Zusammenstoß mit einem funktionierenden eine Kettenreaktion auslösen. Durch Harpunen, Elektromagnete oder Netze könnte man diese kaputten Teile zerstören oder aus dem Orbit entfernen. Genauere Berechnungen der Flugbahnen könnten das Zusammenstoßen zweier

funktionierender Satelliten verhindern. SpaceX stellt außerdem wiederverwertbare Raketen her, die nicht nach einmaligem benutzen als Weltraumschrott enden.

Zusammenfassend kann man also sagen, dass durch unsere gute Zusammenarbeit viele Ideen in kurzer Zeit zustande kamen. Später konnten wir auf diese Ideen zurückgreifen, zum Beispiel bei der Entwicklung von unserem „Haus der Zukunft“. Im Laufe der gesamten Sommerakademie konzipierten wir ein umweltfreundliches, zukunftsfähiges Modell eines Hauses.



Das Modell für unser Haus der Zukunft, Zeichnung von Pia

Wichtige Komponenten sind:

- Der CO₂- oder künstliche Baum der Firma BiomiTech: Er funktioniert mit kleinen „Zellen“ in denen äußerst effiziente Algen Photosynthese betreiben. Dieser künstliche Baum ist 368-mal so effektiv wie ein vollständig organischer Baum seiner Größe
- Solarthermie: eine „Solarzelle“ durch die Wasser fließt und so aufgeheizt wird.
- Spezialfarbe: eine umweltfreundliche Farbe, die weniger häufig ersetzt werden muss und Wasser abperlen lässt. Sie ist angelehnt an Pflanzen entwickelt worden.
- Induktionsboden: ein Boden aus kleinen Dreiecken, der Strom durch Herunterdrücken von Ecken erzeugt, wenn man auf

ihm läuft. Auch er ist noch nicht fertig entwickelt.

Wasserspaltung/Elektrolyse: eine Technik um Wasser in Sauer- und Wasserstoff zu spalten. Sauerstoff kann in die Atmosphäre freigesetzt werden und Wasserstoff kann z. B. zum betanken des Wasserstoffautos genutzt werden.

- Geothermie: Wasser wird durch Rohre in Richtung Erdinneres gepumpt, wo es sich erhitzt. Wird das Wasser wieder nach oben gepumpt kann diese Wärme genutzt werden, um das Haus zu heizen.

Gesellschaftlicher Einfluss auf den Klimawandel

DAVID KALIG

Da wir uns in unserem Kurs viel mit dem Thema Klimawandel beschäftigten, diskutierten wir auch dessen Ursachen und den gesellschaftlichen Einfluss. Dabei gibt es verschiedene, verbesserungsfähige Aspekte.

Oft wird das Konsumverhalten kritisiert und wir als „Wegwerfgesellschaft“ bezeichnet. Zum Beispiel werden bei knapper Überschreitung des Haltbarkeitsdatums die noch verzehrbaren Lebensmittel weggeworfen. Weitere Probleme sind die Massentierhaltung, das Überdüngen und das stetige Verlangen nach dem Billigsten und Neuesten. Daraus resultierende Folgen sind schlechte Arbeitsbedingungen, der Verlust von wertvollen Ressourcen und der Verzicht auf umweltfreundliche Bioprodukte. Allgemein kann man sagen, dass die Quantität in unserer Gesellschaft mehr zählt als die Qualität.

Verknüpft damit sind unsere Denkweisen. Vieles machen wir aus reiner Gewohnheit, wir verschließen uns oft generell gegenüber Veränderungen, weil wir nicht aus unserer Komfortzone herausgehen wollen. Außerdem denken viele, dass man als Einzelperson nichts bewirken kann, sondern nur die Politik. Dabei kann jeder mit seinem Konsumverhalten oder insbesondere durch viele Kleinigkeiten einiges erreichen. Jeder kann auf seinen eigenen Fußabdruck achten. Der abgebildete QR-Code führt zu einer Seite, auf der man seinen eigenen ökologischen Fußabdruck testen kann.



Auf dieser Seite kann man seinen eigenen ökologischen Fußabdruck bestimmen¹⁰.

Wichtig ist, dass wir gemeinsam gegen den Klimawandel ankämpfen müssen und offen gegenüber Neuem sein sollten.

Ein weiterer gesellschaftspolitischer Aspekt ist, dass viele Politiker Angst haben, sich für grundlegende Veränderungen einzusetzen, weil sie dabei Wähler verlieren könnte. Weltweit betrachtet haben ärmere Länder häufig nicht die Möglichkeit, umweltfreundliche Technologien auszubauen, außerdem führen mangelnde Bildung und fehlende Verhütung zu übermäßig vielen Geburten und somit einem Anstieg der Weltbevölkerung. Und je mehr Menschen auf der Erde leben, desto mehr Nahrung wird beispielsweise benötigt und damit entsteht auch viel CO₂. Um den Klimawandel bekämpfen zu können, ist daher gute Zusammenarbeit und internationale Verständigung nötig. Reiche Länder müssen dafür arme Länder beim Klimaschutz unterstützen sowie für Bildung und Aufklärung sorgen.

Nun noch zu dem Verhalten der Konzerne und allgemein des Arbeitsmarktes: Nach dem Prinzip des Kapitalismus strebt die Industrie immer nach dem größtmöglichen Gewinn und muss deshalb viel sparen, z. B. bei der Bezahlung der Arbeiter und den Einkaufspreisen für Produkte. Viele große Unternehmen produzieren unter anderem aus diesen Gründen inzwischen im Ausland. Hierbei gibt es dann jedoch einige Probleme, wie schlechte Arbeitsbedingungen oder auch Kinderarbeit und durch die langen Transportwege entstehen dann zusätzlich wahn-sinnig viele Tonnen CO₂. Ein Beispiel hierfür: Die Baumwolle für Hosen wird in China produziert. Von da aus wandert die Baumwolle in die Türkei und wird zu Garn weiterverarbeitet. Dann wandert die Hose nach Taiwan und aus

¹⁰<https://www.fussabdruck.de/fussabdrucktest>

dem fertiggestellten Garn wird der Jeansstoff hergestellt. Anschließend wird der Stoff nach Tunesien transportiert und dort wird er mit Indigo eingefärbt. Danach geht es zurück nach China, die Jeans wird fertiggestellt und wandert dann in unsere Geschäfte.

Der abgebildete QR-Code verweist auf eine Seite, auf der man sich den Weg der Jeans noch einmal ausführlicher anschauen kann.



Der Weg einer Jeans¹¹

Deshalb muss es ein Ziel sein, mehr in die Forschung zu investieren, sodass man effizientere Alternativen im Bereich Stromgewinnung und -Speicherung, Ernährung, Konsum und vielem Weiteren findet. Vielleicht können wir so wirklich die Welt retten, dies ist aber eine andere Geschichte ...

¹¹<https://storymaps.arcgis.com/stories/256165a594fe4e3b8569886d76c422d3>

Kursübergreifende Angebote und weitere Veranstaltungen

Theater-KüA

LAURA-FRANZISKA HEINTZ, AURELIA
JANIETZ, MILA SCHEITHAUER, RONJA
TREXLER, EMMA WEIß

„Amerika wurde im Jahre 1492 eröffnet.“

Darum ging es in der Satire „Christoph Kolumbus oder die Entdeckung Amerikas“, die unser Theaterleiter Thorsten für die diesjährige Theater-KüA anschleppte. Ein nicht ganz geschichtlich belegbares Theaterstück, das die damaligen Geschehnisse lächerlich macht, aber gleichzeitig schön auf den Punkt bringt. Durch unsere sarkastische Ergänzung des Stückes, die Kolumbus' Loblied auf Amerika mit „passenden“ Bildern unterlegte, konnten wir dem Stück auch noch unsere eigene Botschaft beifügen, es wurde vollkommen, wenn auch an anderen Stellen viel gekürzt werden musste. Zum Glück blieben einige denkwürdige Passagen des Stückes erhalten. Was hätten wir nur ohne die sachliche Diskussion auf biblischer Basis, den Biss in die rohe Kartoffel oder glorreiche Sätze wie „Sie sind kein Mensch, Sie sind Finanzminister“ und „Sie sind Christen. Sie wissen es nur nicht“ getan! Diese Zitate erheiterten uns auch schon während der Zoom-Proben, die durch die gegebenen Umstände doch sehr anders verliefen, als sie es in Präsenz getan hätten.



Verwirrung über links und rechts in der Zoom-Übertragung, einfaches Ablesen des Textes am Bildschirm statt auswendig lernen, das Ver-

schwinden im virtuellen Hintergrund, das Herumreichen von Gegenständen, Probleme mit Mikro, Beleuchtung und Internetverbindung, alles da gewesen. Die häufigen Rollen- und Kostümwechsel hingegen liefen viel entspannter ab (außer Kolumbus spielte jeder an die drei Rollen, so läuft das eben, wenn man ca. 20 Rollen auf 6 Schauspieler verteilen muss). Durch modernste Schnitttechnik (wir fügen hier keine Schleichwerbung ein) konnten wir das Aufnehmen der Szenen doch recht entspannt angehen. Vorteile des Zoom-Theater-Film-Drehs waren die mehreren Takes etc., die Möglichkeit, das Theaterstück mit den wunderschönen Stücken der Musik-KüA zu unterlegen, und das ausfallende Lampenfieber vor der Vorführung ... wobei die dann doch nicht stress- und reibungslos verlief. Die Technik sagte nein, der Film wurde statt am Anfang des Abschlussabends erst zum Schluss gezeigt.

Das tat unserem Stolz aber keinen Abbruch, wir haben trotz Corona eine wundervolle Zeit gehabt und einen tollen Film gedreht, den wir uns auch nach der Akademie immer wieder ansehen können, um uns daran zu erinnern, mit wie viel Spaß wir beinahe jeden Tag in diesen zwei Wochen bei der Theater-KüA dabei waren.

Was uns aber auch jetzt noch beschäftigt ist die Frage, die sich möglicherweise niemals klären wird „Sind wir Menschenfresser?“.

Und falls Sie sich jetzt fragen, was wir damit meinen, dann haben Sie wohl unser Stück nicht gesehen!

Musik-KüA

VICTORIA KALIG, MARVIN HE

Ein weiteres kursübergreifendes Angebot war die Musik-KüA, bei der sich einige vorab über die für die Science Academy bereitgestellte

Plattform „Moodle“ anmeldeten. Trotz der durch Corona erschwerten Lage wurde das Musizieren von Isabella und Tobias reibungslos organisiert. Da jeder Kurs mit einem anderen zusammen für nur vier Tage in Adelsheim präsent war, wurde diese knappe Zeitspanne voll ausgenutzt. Vier Tage lang wurde intensiv musiziert, geübt und aufgenommen.

Plan beziehungsweise Ziel der Musik-KüA war es, diverse Orchesterstücke mit den jeweiligen Teilnehmer*innen der beiden Kurse, die vor Ort waren, aufzunehmen, zusammenzuschneiden und als Soundtrack für den Film der Theater-KüA zu verwenden. Als ein zweites Projekt sollte sich jede*r Orchesterspieler*in – und alle anderen Akademiemitglieder, die wollten – zu Hause beim Singen aufnehmen, damit diese kleinen Videoclips zusammen einen sogenannten „Virtual Choir“ ergaben. Im Endeffekt würden alle Videos in verkleinerter Form in einem Endvideo zusammengefügt werden. So würde aus unterschiedlichsten Stimmen ein gemeinsamer Chor entstehen. Die Ergebnisse sollten am virtuellen Abschlussabend präsentiert werden. Ein ehrgeiziges Ziel, zu dem wir einige Hürden bewältigen mussten. Das Vorgehen implizierte außerdem einige technische Fähigkeiten, die Tobias glücklicherweise perfekt einsetzen konnte.



Vor Ort in Adelsheim war es den Musik-KüA-Teilnehmer*innen in der Zeit nach der Mittagspause, die für KüAs jeglicher Art als Schiene fungierte, nicht möglich, eine andere angebotene KüA zu besuchen. Vorerst wirkte das etwas abschreckend, doch im Nachhinein – und wir denken, da können wir im Sinne von allen Teilnehmer*innen sprechen – wollten wir alle auf dieses vielfältige Orchester nicht verzichten. Das Orchester war in den unterschiedlichen Phasen mit den unterschiedlichsten Instrumenten besetzt. Herkömmliche Orchesterinstrumente waren vertreten, wie z. B. Violinen, Klarinetten, Pauken und ein Cembalo, aber auch für Orchester eher ungewöhnliche Instrumente wie z. B. eine Ukulele, ein Schlagzeug und sogar eine Orgel, bei der wir alle erstaunt waren, dass es diese Möglichkeit in Adelsheim gab. Einziges Problem: Die gesamten Teilnehmer*innen teilten sich auf eine fest zugewiesene viertägige Zeitspanne vor Ort auf. So kam es, dass in den ersten vier Tagen nur eine Orchesterspieler*in in Adelsheim war, wohingegen in dem letzten zeitlichen Abschnitt sechs präsent waren. Hürden wie diese mussten überwunden werden – und das haben wir alle mit viel Ideenreichtum und Engagement geschafft.

Isabella und Tobias planten deshalb, dass insgesamt drei Stücke separat gespielt und aufgenommen werden sollten. Jede viertägige Zeitspanne bekam demnach ein Stück zugewiesen. Da das Akademiemotto „Entdeckungen“ lautete und der Soundtrack an das Theaterstück angepasst werden sollte, entschieden sich die KüA-Leiter für drei damit im Zusammenhang stehende Stücke:

In den ersten vier Tagen wurde „Conquest of Paradise“ von Vangelis geprobt, was einigen schon aus dem Kolumbus-Film bekannt war. Das Stück passte natürlich perfekt zum Akademiemotto. Bei der Aufnahme halfen ebenso die Theater-Teilnehmer*innen, die zu der Zeit in Adelsheim waren, beim Schlagwerk mit, sodass die Instrumente jeweils gut hörbar besetzt waren. Praktisch war dabei, dass niemand Vorkenntnisse besitzen musste, denn auf ein Tam-Tam oder eine Trommel hauen konnte jeder.

In der zweiten Phase waren sehr viele Blasinstrumente vor Ort vertreten. Hinzu kam ei-

ne Orgel. Deshalb wurde „Light and Shadow“ ausgewählt, da die Atmosphäre dieses Stücks mit diesen Instrumenten fantastisch dargestellt werden konnte.

In der letzten Phase mussten eine Geige und ein Horn mit einem Klavier und einem Schlagzeug kombiniert werden. Eine perfekte Besetzung für „Zoosters Breakout“ aus dem Film „Madagascar 2“. Dieses Stück ist auch eines der Lieblingsstücke von Tobias und Isabella. Am Ende mussten wir schauen, dass das Schlagwerk im Vergleich zu den Höheninstrumenten gleich laut war, was schließlich gut geklappt hat.

Unser Erfolg zeigte sich am Abschlussabend, als das Theaterstück mit unserer musikalischen Hinterlegung vorgeführt und auch der Virtual Choir abgespielt wurde. Mit viel Applaus und Daumen-hoch-Emojis wurde für beide Vorführungen die Begeisterung der Zuschauer*innen ausgedrückt – die Arbeit hatte sich, spätestens an dem Abend erkennbar, definitiv gelohnt!



Unser Virtual Choir

Alles in allem spielte die Musik in Adelsheim also eine große Rolle. Der Spaß des gemeinsamen Musizierens wurde dabei selbst nicht einmal durch die Corona-Zeit eingeschränkt oder verringert, vielmehr lernten wir ganz neue Möglichkeiten kennen, wie sich die Orchesterstücke gut entfalten konnten, und selbst die ein oder anderen Exkurse in die Bereiche der technischen Tonaufnahme kamen zustande. Hier nochmals ein ganz großes Danke an den zeitintensiven Aufwand, den sich Tobias und Isabella für ein gelungenes Ergebnis gemacht haben – selbst jedes kleinste musikalische Problem wurde erfolgreich gelöst!

Sport-KüA

GRETA SEYBOTH, ALEXANDER FARBER

Die beiden Leiterinnen Jenny und Wiebke stellten sich im ersten Plenum vor, und direkt war klar: Es würde Spaß machen, sich mit ihnen die Seele aus dem Leib zu schwitzen. Gleich am ersten Tag der Akademie bot Wiebke das HIIT-Tanzworkout STRONG Nation an, das uns allen Muskelkater verpasste, dafür aber sehr viel Spaß machte. Auch wenn es nicht ganz einfach war, direkt beim ersten Versuch die komplexen Bewegungen, die Wiebke so elegant vormachte, zu reproduzieren ohne sich lächerlich vorzukommen, war das Gefühl, es endlich hingekriegt zu haben, sehr befriedigend.



STRONG Nation in Adelsheim

Später zeigte Jenny uns die Kunst des richtigen Fallens: Ob wir zur Seite, nach vorne oder nach hinten fallen – für alles erklärte sie uns Techniken, um möglichst ohne Schaden wieder aufstehen können. Dabei ganz wichtig: Möglichst laut auf den Boden klatschen.

Die ganz Verrückten ließen sich sogar morgens um 7:00 Uhr dazu motivieren, Frühsport zu machen. Auf dem Programm standen entweder Joggen oder ein Zirkeltraining, das aus mehreren Kraft-, Koordinations- und Balancierübungen bestand und einen sehr anstrengenden, aber auch belohnenden Start in den Tag darstellte.

Auch für die Teilnehmenden online boten die beiden ein tolles Programm: Tabata-Workouts, bei denen man zu passender Musik 20 Sekunden eine Übung durchführt, gefolgt von 10 Sekunden Pause. Das Ganze vier Mal pro Körperteil, und man ist schon sehr geschafft. Und spätestens nach der „Bring Sally Up“-Challenge – ein Lied, zu dem man für dreieinhalb Minu-

ten durchgehend Liegestütze oder Kniebeugen macht – konnte niemand mehr. In einer anderen Session forderten die beiden uns mit einem Kartenworkout heraus: Dabei war es völlig vom Zufall (und der Gunst der Karten) abhängig, ob man keine einzige oder hundert Liegestütze machen musste. Auch beim Fibonacci-Workout oder freien Sport, der auf ein episches Federballduell herauslief, hatten wir richtig viel Spaß.

Ein besonderer Höhepunkt war die von Vincent geleitete Beachvolleyball-KüA, in welcher er uns die Basics so gut beibrachte, dass wir danach sogar einige passable Ballwechsel hinbekamen. Das machte nun so viel Spaß, dass wir jede freie Minute während des guten Wetters nutzten, ein paar Bälle hin und her zu pritschen oder zu baggern.



Allgemein kann man für jedes Mal sagen, dass wir mehr oder weniger Sportbegeisterten mehr oder weniger motivationsgeladen in der Turnhalle standen, egal ob um 7 oder 20 Uhr. Aber bei Jenny und Wiebkes Elan – was für ein Wunder und was für ein Glück, dass sie die zwei Wochen durchgehalten haben – konnte man gar nicht anders, als das Schwitzen zu genießen.

Kampfsport

NIKA HIEBER, MARIA PANANI

Die einmalige und einzigartige Kampfsport-KüA von Leni aus dem Astronomiekurs fand in der Abend-KüA-Schiene statt. Trotz einer schmerzhaften Fußverletzung ließ sich Leni nicht davon abhalten, ihre KüA zu leiten.

Schon beim Aufwärmen haben wir gemerkt, dass es keine gewöhnliche KüA wird. Danach

ging Leni an, uns die Grundlagen des Schwertkampfes beizubringen. Natürlich konnten wir keine echten Schwerter benutzen, wie es Leni gewöhnlich im Training macht, sondern haben diese mit Holzstöcken ersetzt. Obwohl es für uns schon anstrengend genug war, wurde die Regel eingeführt, dass wir jedes Mal zehn Liegestütze machen mussten, wenn unser Stock den Boden berührte. Das passierte relativ häufig. Folglich haben wir am nächsten Morgen unsere Arme nicht mehr gespürt. Am Ende führte uns Leni noch eine sehr beeindruckende Kung-Fu Kombination, an der sie aktuell im Training arbeitet, vor. Außerdem kämpften sie und Marvin (ebenfalls aus dem Astro-Kurs und ein Naturtalent im Schwertkampf) gegeneinander, sogar mit jeweils zwei Stöcken.

Obwohl es nur eine kurze Stunde war, hatten wir sehr viel Spaß und es war definitiv unvergesslich.

Wikingerschach

VINCENT TRÖGER

„Nur nicht den König im Mittelfeld umwerfen!“ Dies ist die Maxime während des Spiels, sobald jedoch ein Team alle generischen Holzklötze getroffen hat, führt genau das zum Sieg – gemeint ist das Geschicklichkeitsspiel Wikingerschach. Dies war dieses Jahr eine unserer vielen unterhaltsamen KüAs.



Gespielt wurde auf einer großen Rasenfläche, und anders als bei normalem Schach bewegt man sich körperlich, indem man mit Stöcken werfen muss, und kommentiert den Spielverlauf lautstark. Je nach Treffsicherheit, Taktik und manchmal angeblich auch Aberglaube definiert

sich Spiellänge und -ausgang. Die Regeln waren einfach zu verstehen, und wir wurden sehr gut von den Sport-KüA-Leiterinnen betreut. Unser Fazit: Ein lustiger Zeitvertreib, bei dem man sich draußen an der frischen Luft befindet und in der Gruppe Spaß hat!

Nachtspaziergang

GRETA SEYBOTH, ALEXANDER FARBER

Ein Highlight unserer Akademie war der Nachtspaziergang. Er stellte eine entspanntere Version des Sportprogramms dar, um in der dritten KüA-Schiene des Tages oder nach dem Grillen die Liegestütze durch Spreckmuskeltraining zu ersetzen. So bot sich die Möglichkeit, sich gegenseitig besser kennenzulernen, und wir sprechen aus Erfahrung, wenn wir sagen, dass dort auch ein paar Freundschaften entstanden sind.

Nach erster Skepsis entschieden sich schlussendlich alle mitzukommen, aber bei der von Jenny versprühten Motivation konnte sowieso niemand nein sagen! Auch wenn der ein oder die andere lieber Werwolf gespielt hätte, hat es niemand bereut! Sofort nach dem Grillen, mit Einbruch der Dämmerung, ging es los. Die Route verlief durch den Adelsheimer Wald, welcher schon manchen vom Joggen bekannt war. Auf der Strecke legten wir in erster Linie Wert darauf, den zahlreichen Nacktschnecken auszuweichen, die sich uns in den Weg stellten. Als dann auch noch die Kursleiter sich dazu entschieden, uns aus dem nächstmöglichen Gebüsch zu erschrecken, waren wir alle froh, als wir wieder sicher im LSZU II angekommen waren. Der Nachtspaziergang war für uns ein unvergessliches Erlebnis.

Challenges

PHILIPP KUNNER

Am 5. September 2021, dem ersten vollen Tag der Akademie für die Medizin- und Astro-Kurse, hat Lorenz Löffler aus dem Team der Akademie-Leitung die Challenges-KüA angeboten. Die anderen vier Kurse konnten in ihren Präsenztagen auch an dieser KüA teilnehmen.

Wir trafen uns, pünktlich um 13:45 Uhr, im oberen Stock des Forums, wo Lorenz schon auf uns wartete und viele komische Dinge bei sich hatte, wie etwa einen Feuerwehrschauch.

Für die erste von drei Challenges haben wir uns in 3 Teams à 3–4 Teilnehmer aufgeteilt und uns an einen Tisch gesetzt. Die Challenge bestand darin, 9 Eisennägel, die etwa 15–20 cm lang waren, auf einer Schraube zu balancieren, welche in einen Holzblock geschraubt war. Wir hatten etwa 40 Minuten Zeit dafür. Die Nägel durften nur die Schraube berühren und der Holzblock musste so stehen, dass die Schraube nach oben zeigt. Der Versuch, das Holz umzudrehen und die Nägel so hinzulegen, dass sie mit einem Ende den Tisch, mit dem anderen die Schraube berührten, hat leider nicht gezählt. Weitere Versuche in den nächsten 15 Minuten sind bei uns allen gescheitert. Lorenz hat uns aber einen kleinen Tipp gegeben, der zuerst verwirrend klang, am Ende aber Sinn ergab ... im Nachhinein weiß man doch vieles besser. Nach insgesamt 18 Minuten gab es eine kleine Überraschung: Das erste Team hat die Challenge geschafft. Doppelt so schnell, wie andere zuvor gebraucht haben – Rekord!

In der zweiten Challenge wurde uns allen auch klar, wieso Lorenz einen Feuerwehrschauch, der ganze 15 Meter lang war, dabei hatte. Für diese Challenge teilten wir uns in zwei Gruppen auf. Die Aufgabe bestand darin, einen Golfball durch den 15 Meter langen Schlauch zu „befördern“. Es klingt zunächst einfach. Bemerkt man jedoch, dass die Innenseite des Schlauches aus Gummi besteht und der Golfball nicht einfach so durchrollt, muss man sich doch noch eine Taktik überlegen. Eine genaue Zeitbegrenzung gab es nicht, Lorenz erzählte uns lediglich, dass vorherige Teams etwa 10 Minuten gebraucht hatten, was es für uns natürlich zu schlagen galt. Diese Zeit unterboten wir in der ersten Runde um über die Hälfte und wir verbesserten uns in den folgenden drei Runden sogar noch. Zum Schluss hatten wir eine Bestzeit von etwa 2 Minuten und 15 Sekunden.

Eine Herausforderung, bei der wir keine Rekorde, aber dafür Nudeln brachen, war die dritte Challenge. Ziel dieser war es, aus 20 Spaghetti, ungekocht wohlgerichtet, einem Meter Klebe-

band und einem Meter Schnur einen Turm zu bauen, der so hoch sein sollte wie möglich. Diesmal hatten wir auf die Sekunde genau 18 Minuten Zeit, da es ein Wettbewerb war, bei dem man sich so auch – international und national – vergleichen kann, weshalb die Materialien auch genau abgezählt waren.



In der Gruppe von mir lief es zu Beginn sehr gut, und nach zwei Stockwerken und über 10 Minuten Hände-ruhig-Halten waren wir schon bei etwas über 40 cm, was mit 10 cm mehr neuer Rekord unserer Science-Academy-Gruppen wäre. Die Betonung liegt aber auf dem „wäre“, da es noch eine Aufgabe gab: Zum Schluss muss ein Marshmallow auf den Turm und von dort, wo es sitzt, wird die Höhe gemessen. Allerdings scheint ein Marshmallow für uns Menschen viel leichter, als es für die Spaghetti ist, was wir leider nicht bedacht hatten. Deshalb brachte es unser Turm auf etwa 45 cm, kurz bevor er

nach der Messung zusammenbrach.

Da dies, wie gerade erwähnt, ein internationaler Wettbewerb ist, bei dem man sich vergleichen kann und viele Menschen die Teilnehmergruppen dieses Wettbewerbes analysiert haben, sprachen wir am Ende, während wir die restlichen Marshmallows aßen, über die Ergebnisse. Was denken Sie, waren die Gruppen, welche die höchsten Türme gebaut haben? Das, was ziemlich nahe liegt, war es auch: Ingenieure und Architekten. Es wurde aber auch die Zeiteinteilung verschiedener Teilnehmergruppen verglichen. Kleine Kinder haben auch sehr gut abgeschnitten, da sie viel bauen und ausprobieren, anstatt, wie viele Erwachsene, erst einmal zu planen (Ingenieure und Architekten hatten dennoch mit Abstand die höchsten Türme).

Und schneller als gedacht ging diese KüA zu Ende. Sie machte sehr viel Spaß, es war sehr spannend und es war auch interessant, die Ergebnisse der Analysen zu sehen. Für zukünftige Akademien kann ich die KüA nur empfehlen. Zu Hause kann man die erste und die letzte Challenge leicht selbst versuchen. Und falls Sie zu Hause zufälligerweise einen 15 Meter langen Feuerwehrschauch haben, so steht dieser Challenge auch nichts im Wege.

Vielen Dank an Lorenz für diese großartige KüA!

Fahrrad

DAVID LI, PAUL STEIDLE

Als wir uns in den BBB-Raum der Fahrrad-KüA einwählten, wussten wir noch gar nicht, was uns erwartet. Doch Meister Neff war sehr gut vorbereitet und plante schon im Vorfeld eine gut strukturierte Präsentation. Diese diente zur Veranschaulichung der unterschiedlichen Themen. Doch kann man die Bestandteile des Fahrrads nur anhand einer Präsentation erklären? Nein, natürlich nicht, denn Leo hat uns alles nochmal an einem seiner vielen Fahrräder genauer gezeigt. Das Wort viele ist an dieser Stelle etwas untertrieben, unter Fahrräder versteht unser Meister nämlich ein Verkehrsmittel, mit dem man angeben kann und jeden Tag ein neues nehmen kann. Doch kann man überhaupt so viele Fahrräder besitzen, dass

die Familie beschließt, dass man ein paar zur Mülldeponie geben muss? Leo hat's geschafft!

Leo klärte zunächst wichtige Alltagsfragen, wie z. B. wieso ein Fahrrad auf einem kleinen Ritzel schneller fahren kann und wie man eine Bremse fein einstellen kann. Nachdem er uns gezeigt hat, welche Bestandteile für ein Fahrrad essentiell sind, widmete er sich anschließend leidenschaftlich der Reparatur unserer Fahrräder. Dabei hat er aus der Ferne über einen BBB-Raum bei der Schaltung eines rostigen Mountainbikes aus dem letzten Jahrzehnt 4 Gänge wiederbelebt und eine defekte Bremse zusammengebastelt. Die Freude, die Leo an den Fahrrädern hat, konnte er auch uns vermitteln und uns inspirieren, selbst ein bisschen an unseren Fahrrädern zu schrauben und unser Wissen über Fahrräder und ihre Bestandteile zu erweitern. Doch damit nicht genug, am Ende klärte Leo noch alle übrig gebliebenen Fragen. Alles in allem war das eine sehr gelungene KüA. BRAVO Meister Neff!

Karaoke

WENZEL LEPSCHY

Am zweiten Dienstag fand die Karaoke-KüA in der Abendschiene unter der Leitung von David Li und Paul Steidle aus dem Medizinkurs statt. Dazu versammelten wir uns zunächst im Plenum, da dort sowohl zwei Gitarren als auch ein Klavier bereitstanden und eine Musikbox vorhanden war. Ungefähr 15 Teilnehmer aus den beiden Kursen inklusive Wiebke, die Sportmentorin, und andere motivierte KüA-Leiter nahmen teil. Dazu sangen wir uns bekannte Lieder wie „I want it that way“ von den Back Street Boys oder „Country Road“ von John Denver. Wegen der strengeren Auflagen für Innenräume verließen wir das Plenum jedoch schon bald und verbrachten die restliche Zeit in dem „Amphitheater“ vor dem LSZU II. Dort wurde zu Liedern wie „Godzilla“ von Enimem oder „Bad Romance“ von Lady Gaga weitergetanzt und -gesungen, und wir konnten so den Tag schön ausklingen lassen, worauf die Gute-Nacht-Geschichte „Vegetarischer Krimi“ von Willy Astor uns noch allen viel Schmunzeln bescherte.



Origami

JULIA-ELODIE BOLLER

Origami? Da denken viele wohl an filigrane Kraniche, mühseliges Falten und gelegentliche Fragezeichen über dem Kopf. Wir in der Origami-KüA hatten aber vor allem Spaß daran, etwas Neues auszuprobieren und den Abend ausklingen zu lassen.

Die Origami-KüA fand abends am Anfang der Akademie online statt. Die Leitung übernahmen Ranran und Lorenz. Wir begannen damit, DIN-A4-Papier zu einem Quadrat zu schneiden – mit einem Trick, den uns Lorenz zeigte. Da niemand von uns vorher schon einmal Origami-Figuren gefaltet hatte, waren wir alle motiviert, etwas Neues zu lernen beziehungsweise zu entdecken, ganz im Sinne des diesjährigen Mottos der Akademie – Entdeckungen.

Als erstes falteten wir den Kranich, das Origami-Tier schlechthin. Lorenz zeigte die einzelnen Schritte unter einer Dokumentenkamera, sodass wir die einzelnen Schritte parallel durchführen konnten. Alle warteten immer, bis jeder mit den Faltungen fertig war, und so arbeiteten wir uns Schritt für Schritt zu der fertigen Figur. Falls jemand trotzdem den Anschluss verlor, konnte man in der hochgeladenen Anleitung noch einmal nachschauen oder natürlich nachfragen.

Anschließend falteten wir den Fuchs, der dann doch etwas schwieriger war als zunächst gedacht. Über komische Faltungen konnten wir herzlich lachen, und schließlich hatten wir alle einen ziemlich coolen Kranich und Fuchs.

Nachdem Lorenz und Ranran ein Bildschirmfo-

to von dem Zoom-Meeting geschossen hatten, welches hier zu sehen ist, war die Origami-KüA auch schon zu Ende. Wie schnell eine Stunde nur vorüber gehen kann!



Man konnte sich dabei zwischen verschiedenen Mustern entscheiden. Wir hatten auf einem Stück Papier eine Art Lineal, das wir an die jeweilige Seite legten. Anschließend falteten wir jede Seite an einer bestimmten Zahl auf dem Lineal, sodass am Schluss beispielsweise ein Verlauf entstand, wie er auf dem Bild zu sehen ist. Währenddessen hörten wir Musik, unterhalten uns und lernten so auch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des anderen Kurses besser kennen. Leider war die Zeit viel zu kurz, weshalb nur eine Person das Buch fertig falten konnte. Dies war sehr schade, aber es war trotzdem eine schöne Abwechslung und machte uns sehr viel Spaß.

Cardistry

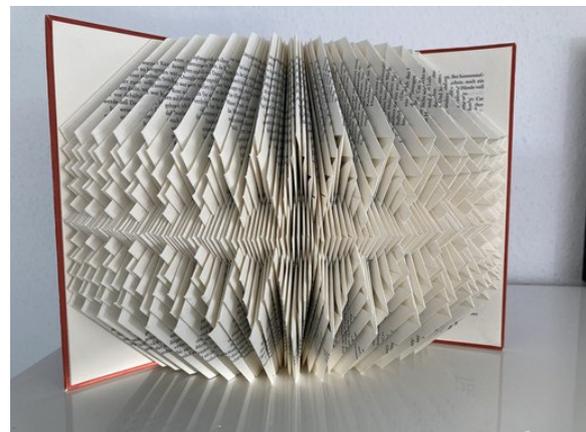
OLE FLECK

Da sich das Kartenspielen sowohl online als auch in Präsenz großer Beliebtheit erfreute, bot Marvin eine Online-KüA zum Thema „Cardistry“ an. Während einer Abend-KüA-Schiene lernten wir neben dem professionellen „Riffle Shuffle“ auch eine „Bridge“. Mit „Cardistry“ wird die künstlerische Handhabung von Karten bezeichnet, welche durch Fingerfertigkeit beeindruckt. Nach einer kurzen Vorführung beschäftigten wir uns zuerst mit dem „Riffle Shuffle“, einer Art des Mischens. Hierbei werden die Karten ineinander verschachtelt und anschließend mit einer „Bridge“, unserem nächsten Projekt, wieder zusammengeschoben. Nach einer anstrengenden, aber auch lehrreichen Stunde taten uns zwar die Hände weh, jedoch waren wir nun alle in der Lage, ein Kartendeck gründlich und beeindruckend zu mischen. Mit dem Vorsatz, von jetzt an beim Kartenspielen immer selbst zu mischen, wurden wir verabschiedet und es zeigte sich, dass wir unsere neu erworbenen Kenntnisse in Adelsheim noch brauchen sollten.

Bücherfalten

KATHARINA GRING

Die KüA „Bücherfalten“ wurde von Mareike geleitet. Sie zeigte uns, wie man Bücher so faltet, dass sie als Deko verwendet werden können.



Eines der gefalteten Bücher

Improtheater

LISA FEE BRILL, EMMA WEIß

Explodierende Tankstellen, viele tragische Tode, eine Prinzessin-Lillifee-Party, betrunkenen Raser, die in eine Polizeiwachstelle fahren, und vieles mehr ... wo waren wir denn hier denn gelandet? Bei Thorsten im Improvisationstheater!

Ein bunter Nachmittag, an dem mit einigen sehr lustigen Spielen unsere Kreativität und Spontaneität gefordert wurden, führte zu viel Gelächter und kuriosen Situationen.

Die zwei Stunden begannen mit bekannten Sprüchen und Zitaten. Nachdem jeder mehrere gängige Aussagen auf Zettel geschrieben hatte, wurde sich direkt gestritten. Natürlich wurde sich nicht wirklich gezofft, jedoch wurde ein Konflikt gespielt, in den die vorher aufge-

schriebenen Sätze eingebaut werden mussten. Hier fielen Sätze wie „Wenn deine Freundin von einer Brücke springt, springst du dann auch?“ oder „Kann ich auf die Toilette? – Ob du kannst, weiß ich nicht, aber du darfst ...“, manchmal total kontextlos und trotzdem oft passend.

Nach einigen kuriosen Improvisationsrunden starben dann alle. Das hört sich jetzt sehr plump an, aber so war es wirklich. Die nächste Schauspielübung verlangte nämlich, dass eine Person, egal wie sie es anstellte, vorgeben musste zu sterben. Und das in nur einer Minute, ohne dass der Tod völlig kontextlos dastand. Ein weiterer Spielpartner starb daraufhin auch, ein dritter kam nach den zwei Minuten mit in die Szene und musste dann auf die jeweilige Situation reagieren. Da konnte es dann schon einmal vorkommen, dass man vor einer von einem Mammutzahn erstochenen Leiche stand, neben ihr lag ein blutiger vergifteter Gefährte. Oder der Tod wurde durch eine Herzattacke in der Geisterbahn verursacht und die zweite Person starb, als sie in den Schienen der Geisterbahn stecken blieb. Viele sehr lustige und ungewöhnliche Situationen kamen hier zustande.

Ein bisschen mehr Kopfarbeit war bei dem nächsten Spiel gefordert. Man stelle sich vor, man sitzt als Angeklagter in einem Gerichtssaal und weiß ganz und gar nicht, was man überhaupt verbrochen hat. Und während der Gerichtsprozess schon in vollem Gange ist, muss man versuchen, herauszufinden, warum man denn nun eigentlich vor dem Richter sitzt. Genau das spielten wir nach. Ein Angeklagter musste herausfinden, was er verbrochen hatte, indem der Richter und sein Staatsanwalt ihm unterschwellig auf die Sprünge halfen. Und das alles, während man den Gerichtsprozess schon spielte.

Die Kreativität hielt sich hierbei definitiv nicht in Grenzen. Von einer Angeklagten, die vor Gericht saß, weil sie eine Tankstelle explodieren ließ, bis zu einem sturzbesoffenen Raser, der mitten in eine Polizeiwache fuhr, war alles dabei. Da kann man sich vorstellen, wie schwierig es für den Angeklagten wohl war, sich seine eigene Tat in Erinnerung zu rufen!

Und weil an diesem Nachmittag noch nicht genug gestorben war, wurde er mit einer weiteren Runde des Sterbens beendet. Wir verkörperten jeweils drei schon verstorbene Personen, die alle nacheinander ihre Lebensgeschichte erzählten. All diese Personen standen in einer Beziehung zueinander, die sich nach und nach aus den einzelnen Erzählungen ergab. Nun musste man durch geschickte Überleitungen einen Weg finden, wie auch noch die vorgegebenen Todesursachen und Tode miteinander zusammenhingen. So entstand eine Geschichte eines alten Herren, der auf seine letzten Tage noch einmal seine Jugend erleben und Skifahren gehen wollte und dabei starb, mit der Verbindung zu seiner Pflegerin, die in demselben Skigebiet von einem Blitz getroffen wurde, und seiner Schwiegertochter, die letztendlich in der Bar in einer Skihütte an einer Kokosnussallergie starb.

Der ganze Nachmittag war durchgehend von Gelächter und verblüffenden, einfallreichen Situationen gefüllt. Wir haben gelernt, wie man sich schnell auf kuriose Situationen einlässt und das Beste aus einer ach so komischen Reaktion des Gegenübers zaubert.

Unsere Kreativität und Spontaneität wurden gefördert, das hilft sicherlich auch außerhalb des Improtheaters! Und letztendlich hatten wir einfach ganz viel Spaß und sind möglicherweise auch unabsichtlich und nicht eingeplant an dem ein oder anderen Lacher gestorben, um diesen gekonnt zu überspielen. Vielen Dank an Thorsten!

Black Stories

VERA BERTSCH

Black Stories sind Rätsel, bei denen der Spielleiter einen Satz von einer Spielkarte vorliest, zu dem alle Mitspieler durch Ja-/Nein-Fragen die (meist etwas blutige) Hintergrundgeschichte erraten müssen. Der Spielleiter liest sich zu Beginn diese Hintergrundgeschichte auf der Kartenrückseite durch und beantwortet dann alle Fragen der Spieler mit Ja oder Nein. Mareike, die Schülermentorin aus dem Mathematik-Kurs, bot online eine Black-Stories-KüA an, bei der sie die Spielleiterin war und wir die Rätsel

lösten. Dabei spielten wir mit einer besonderen Variante des Spiels, bei der alle Rätsel angeblich auf wahren Begebenheiten basierten. Manche dieser Geschichten waren wirklich knifflig, und es dauerte sehr lange, bis wir sie vollständig gelöst hatten, während es bei anderen ziemlich schnell ging. Das Beste daran war, dass wir für die Lösung der Rätsel immer zusammenarbeiteten und jeder dabei ins Grübeln kam. Es störte also kaum, dass die KüA online stattfand, und wir hatten alle eine Menge Spaß.

3D-KüA

LARS HECKER

In der zweiten Akademiewoche wurde einmalig die Online-KüA „3D“ angeboten. Unter der Leitung von Felix wurde das Programm Blender von ungefähr 15 Teilnehmerinnen und Teilnehmern heruntergeladen. Mit dem Programm verwandelten wir in der ersten Hälfte der Zeit in kleinsten Schritten einen einfachen Zylinder in eine (genauso „einfache“) Tasse. Wir lernten dabei die grundlegenden Instrumente zur Körperbearbeitung in Blender kennen, wie z. B. das Tool zum Platzieren der Kanten oder das zum Verschieben von diesen. Die meisten Instrumente wurden aber nicht erklärt, weil sie zu kompliziert für 2 Stunden KüA sind. Wenn man etwas nicht so hinbekam, wie man wollte, wurde sofort Felix alarmiert. Wer mit der Tasse fertig war, konnte mehr oder weniger selbstständig noch einen kleinen Teller dazu bauen. Ich denke, jeder war mit seinem „Kunstwerk“ am Ende zufrieden, auch wenn es nicht so „perfekt“ aussah wie die Tasse von Felix.

Schach

KATHARINA GRING

Ranran bot online die KüA „Schach“ an. Die KüA war sehr spaßig, weil man sich mit den anderen austauschen und gleichzeitig etwas lernen konnte. Es war für jeden etwas dabei, da die, die Schach schon spielen konnten, in ihre eigenen BBB-Räume gehen und die eher Unerfahrenen sich von Ranran die Spielregeln und einige Strategien erklären lassen konnten. Sie

brachte uns bei, dass man am Anfang versuchen sollte, so viele Spielfiguren wie möglich nach vorne zu bringen. Eine Möglichkeit, dies zu tun, ist beispielsweise die Italienische Eröffnung. Dabei wird zuerst ein Bauer nach vorne geholt, sodass der Läufer an ihm vorbei in die Mitte des Feldes gelangt, genauso springt das Pferd mitten in das Geschehen. Beide Seiten tun dies, wodurch eine gute Spielgrundlage erschaffen wird, mit der sich leichter spielen lässt. Während des Spielens konnte man zusätzlich die Leute aus den anderen Kursen kennenlernen und erfahren, was sie in ihren Kursen machten. Leider ging die Zeit viel zu schnell vorbei, doch es war trotzdem sehr toll und auf jeden Fall eine schöne Idee, diese KüA anzubieten.

Wildhüten

VERA BERTSCH, FINN-NOAH MUTZEK,
GRETA KLAUSER, FABIAN HUBACH

Wildhüten – darunter stellt man sich vielleicht einen informativen Waldspaziergang vor. Bei uns war es jedoch etwas völlig anderes. Eines Abends trafen wir uns unter der Leitung von Jörg und Paul zur Wildhüten-KüA und mussten direkt zu Beginn einen Eid auf den Schweigefuchs schwören, der besagte, dass wir keine Erkenntnisse und vor allem kein Halbwissen an Außenstehende weitergeben dürften. Daher mussten wir unseren Artikel sehr allgemein halten.

Jörg erklärte uns zunächst die Wichtigkeit der Inhalte dieser KüA und erzählte uns von der Kooperation der Science Academy mit den Wissenschaftlern der World Wildlife Foundation. Bei dieser KüA ging es um das Zählen bedrohter Tierarten. Um zum anerkannten Tierzähler ernannt zu werden, musste man sechs Prüfungsstufen absolvieren. Erst danach war es einem erlaubt, andere Leute auszubilden. Wir fingen mit dem Zählen leicht zählbarer Tiere an, dazu wurde mit einfach verfügbaren Hilfsmitteln eine möglichst realitätsnahe Umgebung geschaffen. Einige hatten den Dreh recht schnell raus, doch andere waren zu Beginn sehr verwirrt. Zum Schluss der Sommerakademie hatten aber dennoch alle Teilnehmer mindestens Stufe zwei erreicht, manche sogar noch höhere Stufen.

Obwohl die KüA letztendlich anders ablief als erwartet, konnten wir die kniffligen Prüfungen meistern und verließen die KüA mit unvergesslichen Erinnerungen. Wenn es dieses Angebot (hoffentlich!) auch in weiteren Jahren gibt, dann empfehlen wir allen, daran teilzunehmen.

Cupcake

FRANZISKA SPECHT

„Wer nicht gerne backt, isst zumindest gerne Gebackenes“, so entstand die Idee zu einer Cupcake-KüA. Die eigentlich in Präsenz geplante KüA verschob sich pandemiebedingt auf die Online-Phase. So verlagerten wir unseren Bildschirm in die Küche, um gemeinsam zu backen. Zur Auswahl standen Nuss-, Schoko- und glutenfreie Muffins. Nach einer kurzen Erklärung ging es dann auch schon los. Jeder wog seine Zutaten ab, hackte noch schnell die Nüsse und flitzte noch kurz in den Keller, um neues Mehl zu holen. Nun weiß jeder der KüA Teilnehmer: Erst Butter und Zucker verrühren, danach die Eier dazu, das Mehl, Backpulver usw., zum Schluss noch etwas Milch und dann ab in den Backofen.

Während die Muffins ihre Zeit im Ofen verbrachten, war am Bildschirm scribble.io der Hit, auch wenn so manches Gebäck ausgerechnet dann fertig war, wenn man gerade dran war. Als die Muffins abgekühlt waren, wurde fleißig Frischkäse mit Butter und Puderzucker oder Schokolade mit Sahne gemischt. Schließlich neigte sich die Zeit in der KüA dem Ende zu, und so wurden auch die letzten Streusel verstreut oder auch schon mal der erste Cupcake in den Mund geschoben. Am Ende war das Ergebnis dann doch klar: hübsch und vor allem lecker!

Spiele

MARIE MARTIN

Eine KüA, die online stattfand, war die Spiele-KüA. Hier spielten wir, wie der Name sagt, Spiele. Und man wundert sich, wie viele Spiele man online spielen kann: Werwolf, Montagsmaler, Stille Post, ... Es hatte sogar einen



Vorteil, sich online zu treffen, man konnte nämlich Spiele spielen, die man nur online spielen kann: Zum Beispiel Geotastic. Bei diesem Spiel wird man mit Google Street View irgendwo im Nirgendwo ausgesetzt. Anschließend muss man auf einer Karte lokalisieren, wo man sich befindet. Eine hilfreiche Taktik dabei war, sich an Straßenschildern, der Landschaft und Ähnlichem zu orientieren.

Foto-KüA

JULIA-ELODIE BOLLER, JULIAN POSCHIK

„Durch eine außergewöhnliche Perspektive wird ein Foto interessanter.“ – Darum ging es unter anderem in der online stattfindenden Foto-KüA, die von Julian Poschik und Julia-Elodie Boller geleitet wurde. Die Foto-KüA traf sich zweimal, um etwas Neues über Bildgestaltung und analoge Fotografie zu lernen und natürlich, um ganz viele Bilder zu schießen.

Das erste Treffen der Foto-KüA fand in der Mittagsschiene statt. Als Einstieg hielt Julian einen 15-minütigen Vortrag über die zwei ausgewählten Bildgestaltungselemente „Linien“ und „außergewöhnliche Perspektiven“. Danach ging jeder in seiner Umgebung eifrig selbst auf Motivsuche, um die besprochenen Elemente in eigenen Fotos zu realisieren. Ziel war – neben dem Spaß am Fotografieren –, den fotografischen Blick für mögliche Motive zu schärfen. Zuletzt folgte eine Bildbesprechung, bei der sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer gegensei-

tig konstruktive Kritik gaben: Wir analysierten die entstandenen Bilder und die verwendeten Gestaltungselemente.



Umgesetztes Bild aus der Fotorunde

Bildgestaltung ist ein zentraler und entscheidender Aspekt in der Fotografie und umfasst viele verschiedene Stilmittel. Linien eignen sich hervorragend, um Fotos zu unterteilen oder den Blick des Betrachters zu lenken, sodass eine wichtige Bildinformation optimal in Szene gesetzt werden kann. Außergewöhnliche Perspektiven können zu einem interessanten und besonderen Foto führen, dazu eignen sich zum Beispiel die Froschperspektive oder das Anschneiden anderer Gegenstände im Vordergrund.

Das zweite Mal fand die Foto-KüA abends statt. Julia-Elodie hielt einen 15-minütigen Vortrag über die filmbasierte Fotografie, was für alle ein ganz neuer Begriff war. Es ging um ihre Geschichte, die Kosten, die deutlich geringer sind, als man denkt, die drei wichtigsten Kameraeinstellungen – Blende, Schärfe, Verschlusszeit –, die Chemie des Fotofilms und Vorteile der Standfilmkamera.

Standfilmkameras nutzen seit 1888 eine Filmrolle, deren Bilder in einer Dunkelkammer entwickelt werden. Vorteile der filmbasierten Fotografie sind u. a. der große Farbraum, die günstigeren Kameras und die Nachhaltigkeit.

Anschließend erklärte Julian den goldenen Schnitt, der das Bild in ca. 60 % und 40 % unterteilt und es dadurch meist besonders ästhetisch wirken lässt.

Aber natürlich muss man sich in der Fotografie an keine Regeln halten und kann ganz kreativ sein. Deshalb folgte auch dieses Mal eine Fotorunde zum Ausprobieren und Umsetzen des Gelernten. Die Abendschiene dauert nur eine

Stunde, weshalb die Fotorunde an diesem Tag deutlich kürzer war. Zudem war es draußen schon dunkel, sodass wir in unseren Zimmern fotografierten. Fantastische Bilder sind trotzdem entstanden.

In den Praxisteilen sind uns hervorragende Bilder gelungen. Es ist beeindruckend, wie gut die behandelten Bildgestaltungselemente in vielfältigen Fotos und unterschiedlichsten Umgebungen umgesetzt werden konnten.

Während dieser KüA hatten wir viel Spaß am Fotografieren. In Adelsheim waren viele begabte und begeisterte Fotografen versammelt!



Umgesetztes Bild aus der Fotorunde

PowerPoint-Karaoke

AURELIA JANIETZ

In dieser KüA, die an einem Abend online stattfand, durften alle einen improvisierten Vortrag über ein von der Gruppe ausgesuchtes Thema mit Hilfe von vorgefertigten PowerPoints halten. Vorher suchten wir alle zusammen eine beliebige, lustige Überschrift mit Unterüberschrift aus, meist ohne offensichtlich zusammenhängende Themengebiete. Sie wurden anschließend

von den beiden KüA-Leitern auf die erste, vorher leere Folie geschrieben. Die anderen Folien, welche allesamt Bilder von verschiedensten Persönlichkeiten, Objekten, Sehenswürdigkeiten, Diagrammen oder komplizierte mathematische Zusammenhänge enthielten, waren den präsentierenden Personen sowie dem Publikum noch unbekannt, bevor sie die Bildschirme unserer Laptops erhellten.

Dann war es die Aufgabe der Präsentierenden, vollkommen zu improvisieren und einen kompletten Vortrag über die geteilten Folien zu halten, der möglichst irgendwie Sinn ergab, was auf Grund der Bilderauswahl quasi unmöglich erschien. Dabei konnten wir selbst entscheiden, in welchem Vortragsstil das geschah, beispielsweise als kleiner Vortrag auf einer Messe, als einfache Werbung, als ein Auftritt bei einer Wahlkampfveranstaltung, als Redner bei einer Demonstration oder als Professor in einem Universitätshörsaal. Egal was es war, wir hatten auf jeden Fall einiges zu lachen! So gab es am Ende Vorträge von einer Organisation, die sich für das Wahlrecht für Zimmerpflanzen einsetzt und dafür warb, wie der Beauty-Standard von Barbie-Puppen auch in der Zukunft von jedem eingehalten werden kann. Egal welches Thema, wir hatten jede Menge Spaß und es war ein sehr lustiges Erlebnis, über welches wir heute noch schmunzeln können.

Kahoot

KATHARINA GRING

An einem Abend wurde von Ranran und Lorenz eine Kahoot-KüA angeboten, an der viele – hauptsächlich online – teilnahmenn. Kahoot ist eine Online-Plattform, mit der man wie in einer Quizshow Fragen an die Teilnehmer stellen kann, die diese so schnell wie möglich beantworten müssen. Das Quiz bestand aus lustigen und spannenden Fragen, sowohl Fragen, die zum Grundwissen gehören, wie zum Beispiel welche Bundesministerin aktuell zwei Ministerämter innehat, als auch Fragen zu der Science Academy, beispielsweise in welchem Jahr sie das erste Mal stattfand. Nach dem Ende des Quiz' gingen die, die vor Ort in Adelsheim waren, nach draußen und spielten dort weiter. Es machte

sehr viel Spaß gemacht und war ein schöner Abend.

Zeichnen

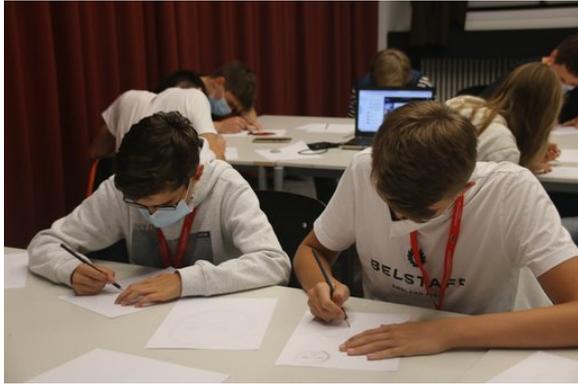
LENI WIETFELD

Am vierten Tag der Science Academy bot die Akademieleitungsassistentin Ranran eine Zeichnen-KüA an. Diese fand in der abendlichen KüA-Schiene für die anwesenden Kurse Philosophie und Informatik im Plenumssaal und für die andere Kurse über ein Zoommeeting statt. Der Großteil der Akademieteilnehmer in Präsenz entschied sich an diesem Abend für Ranrans KüA, drei weitere Teilnehmer gesellten sich über Zoom dazu.

Da die KüA das Thema Portraits hatte, begann Ranran, an einem Whiteboard zu demonstrieren, wie Gesichtsform, Augen, Nase und Mund als Grundlagen eines Gesichts gezeichnet werden. Sie riet uns, die Kopfform mit einem Kreis, dessen Durchmesser der breitesten Stelle des Schädels entspricht, und einer Dreiecksform, die die Kinnpartie darstellt, zu skizzieren. Spontane Unterstützung erhielt sie von Silvar aus dem Informatik-Kurs. Er stellte alternativ die „Formfindungsphase“ vor, bei der zur Annäherung an die ideale Kopfform zahlreiche Ovale übereinander gezeichnet werden, bis die Form optimal ist. Außerdem lernten wir etwas über die Lage der Augen, wo die Iris im Auge zu zeichnen ist, dass der Mund etwa so breit ist wie der Abstand zwischen den Pupillen und worauf es beim Schraffieren der Nase zu achten gilt.

Selbstverständlich kam auch der Spaß nicht zu kurz. So ergaben sich zahlreiche interessante Gespräche unter den Teilnehmerinnen und Teilnehmern. Da der Computer mit den Onlineteilnehmern direkt in der Mitte einer der beiden Zeichentische stand, wurde immer wieder fröhlich in die Kamera gewinkt oder eine Zeichnung zur Betrachtung in die Kamera gehalten.

Nachdem alle Grundlagen des Portraitzeichnens verstanden und teilweise beherrscht waren, begann eine Challenge: Wir sollten unser Gegenüber zuerst in fünf, später in drei und



zuletzt in einer halben Minute portraitierten. Die Ergebnisse reichten von sehr gelungen zu kreativ und lustig mit Schweinchennase und Segelohren.

Am Ende der KüA wurden die Portraits ausgetauscht, sodass jeder eine witzige Erinnerung an diesen lustigen Abend behielt.

Storytelling

LENI JOY THEURER

Die einmalige Online-KüA „Storytelling“ von Tobi und Merit forderte die Lachmuskeln der Teilnehmerinnen und Teilnehmer. Alle trafen sich in einer BigBlueButton-Konferenz. Das erste „Spiel“ hieß Wikipedia-Karaoke. Dabei musste ein Wikipediaartikel in einer bestimmten Art vorgelesen werden, zum Beispiel wie ein Fußballkommentator oder wie ein Nachrichtensprecher. Den Artikel zur innertropischen Konvergenzzone gab es beispielsweise vorgetragen als eine Oper.

Danach erfanden wir zusammen mehrere Geschichten, die Besonderheit: Jeder durfte nur drei Wörter sagen. Dabei kamen Sätze wie „Die Bewohner des weit entfernten Planeten Sibiriens sahen das Einhorn landen“ zustande.

Schließlich haben wir uns noch mehrere kleine Rollenspiele überlegt. Dazu hat jeder eine bestimmte Rolle eingenommen. Tobi war der Erzähler und hatte sich eine Geschichte überlegt. Sobald eine Figur in der Geschichte zu sprechen begann, musste sich diejenige Person einen passenden Satz überlegen. In der ersten Runde ging es um eine Jugendherberge, ein sprechendes Kuscheltier und einen gefährlichen

Kriminellen, der dort einbrach. Dieser wurde von einem Jungen entdeckt, der daraufhin die Nachtruhe der Jugendherberge verletzte. Die Lehrerin und der Direktor der Schule kamen sofort in sein Zimmer. Dabei wollte der Direktor doch nur in Ruhe schlafen. Schließlich kam auch noch die etwas abergläubische Hausmutter dazu, die sich auf die Zombie-Apokalypse vorbereitete. Das alles wurde dem Einbrecher zu viel, der schnell wieder die Jugendherberge verließ.

Runde zwei beinhaltete eine typische Raumschiff-Crew, die einem Alien auf einem unbekanntem Planeten begegnet. Dabei sorgte der Bordcomputer fast noch für eine Selbstzerstörung. In der letzten Runde erhielt jeder Superkräfte. Diese gingen von der Möglichkeit, unsichtbar zu werden, wenn keiner hinsieht, über die Verwandlung zu einem roten Monster bis hin zur Zeitkontrolle. Doch anstatt die Welt zu retten, entschieden sich unsere Superhelden-Figuren, alles verschwinden zu lassen.

Die Storytelling-KüA machte sehr viel Spaß und war super lustig!

Wandern und Grillen

VERA BERTSCH, JULIA-ELODIE
BOLLER

Der Legende nach ist vor langer Zeit tatsächlich einmal Wasser in dem Brunnen auf dem Gelände des Eckenberg-Gymnasiums geflossen, bei dem wir uns um 14 Uhr versammelten, um gemeinsam zur Wanderung aufzubrechen. Sobald alle bei den Brunnen waren, konnte es auch schon losgehen. Die Route ging teilweise durch Adelsheim, den Wald, aber auch über Feldwege. Es war sehr warm und sonnig, aber das machte uns nichts aus. Währenddessen hatten wir viel Zeit, uns über alles Mögliche auszutauschen und auch mit Leuten zu sprechen, die nicht im eigenen Kurs waren. Die Stimmung war super und alle genossen das sonnige Wetter.

Nach dem Wandern spielten wir Tischtennis und versammelten uns an dem Grillplatz, wo schon alles für uns vorbereitet war. Dort gab es Stände mit Getränken, Salaten, gegrillter Zucchini und Brot sowie als Grillgut Spieße und Würstchen. Tobias, ein Leiter der Musik-KüA,



grillte die Würstchen, und Felix, ein Leiter des Physikkurses, die Spieße. Was war wohl beliebter? – Eindeutig die Grillwürstchen, aber die Spieße waren natürlich auch ausgezeichnet. Wir unterhielten uns, lachten viel und spielten Karten. Als es 21 Uhr war, begannen wir, möglichst schöne Stockbrote zu formen. Auch wenn die meisten etwas unförmig und verbrannt waren, schmeckten sie sehr gut, und wir waren alle satt. Alle halfen tatkräftig mit, die Utensilien wieder aufzuräumen.

Abschließend lasen Ranran und Lorenz die Gutenachtgeschichte „Vegetarischer Krimi“ von Willy Astor vor, die mit Wortwitzen zum Thema Gemüse, wie „Dinkel“ statt „dunkel“, spielt. Der Krimi sorgte für viele Lacher. Dann war es auch schon „Dinkel“, und wir gingen zum LSZU II zurück, wo schon das Licht „Anis“. Was für ein „Auflauf“, an dem wir uns besser kennen lernten, und der die Kurse zusammenschweißte.



Abschlussabend

JULIA-ELODIE BOLLER

Eins, zwei, drei und schon vorbei! Die vierzehntägige Akademiezeit verging wie im Flug. Die

Zeit, Abschied zu nehmen, war für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der diesjährigen Science Academy gekommen. Am vorletzten Tag war der Abschlussabend, der die Akademiezeit perfekt ausklingen ließ.

Nach der Begrüßung eröffnete der virtuelle Chor der Musik-KüA das Abendprogramm mit dem Lied „Conquest of Paradise“. Es folgte eine kleine Challenge jeweils vor einer ausführlichen Danksagung an die Leitungsteams der einzelnen Kurse: Zum jeweiligen Kursthema passende Lieder wurden gespielt, und der entsprechende Kurs schaltete die Kamera ein. „Sonne, liebe Sonne“, „Radio gaga“, „Always look on the bright side of life“, „I kenn di vom mein Handy“, „Bleeding love“ und „Mathe ist ein Arsch“ waren die ausgewählten Lieder, welche für einige Lacher sorgten.

Anschließend dankten Jörg und Monika den Leitern und Leiterinnen der Musik-, Sport- und Theater-KüA, dem Team des LSZU sowie dem des Eckenberg-Gymnasiums und – last but not least – Ranran und Lorenz aus dem Akademieleitungsteam, die alle die Akademie zu einer unvergesslichen Zeit machten. Danach wurde der Förderverein, der die Science Academy seit Jahren großzügig unterstützt, von dem Vorstandsvorsitzenden Matthias Ernst vorgestellt.

„Christoph Kolumbus oder die Entdeckung Amerikas“, dieses humorvolle Stück der Theater-KüA wurde als nächstes präsentiert, welche zum ersten Mal mit der Musik-KüA kooperierte. Das Orchester untermalte musikalisch das Spektakel mit den Liedern „Light and Shadow“ und „Madagascar – Zoosters breakout“. Die Schülermentoren hatten ein Video für den sich dem Ende nahenden Abschlussabend vorbereitet, welches auf amüsante Art und Weise die Suche nach dem richtigen Zoom-Meeting und die Planung des Abschlussabends zeigte.

Abschließend durften wir „ein bisschen Abschied nehmen“, wie es Jörg so schön nannte und öffneten unsere Geschenke, in denen sich eine Lupe mit eingebauter Taschenlampe, einige Tischfeuerwerk-Böllern und ein Flyer des Fördervereins befanden. Es zeigten sich – passend zu den Liedern vom Anfang – nochmals alle Kurse, und wir zündeten unsere Böllern.

Da war der Abend auch schon zu Ende. In den

vierzehn Tagen sind enge Freundschaften, Erinnerungen für das ganze Leben und natürlich ganz viele Entdeckungen entstanden. Viel zu schnell ging der Abschlussabend vorüber, wie auch die gesamte Akademie.

Aber wenn man nicht geht, kann man auch nicht zurückkommen!



Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei denjenigen herzlich bedanken, die die 18. JuniorAkademie Adelsheim / Science Academy Baden-Württemberg überhaupt möglich gemacht und in besonderem Maße zu ihrem Gelingen beigetragen haben.

Finanziell wurde die Akademie in erster Linie durch die Stiftung Bildung und Jugend, die Schwarz-Stiftung, die Hopp-Foundation 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 37 – 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 Koordinatorin der Deutschen Schüler- und JuniorAkademien Frau Ulrike Leithof, der Referentin für die Akademien Dorothea Brandt sowie dem gesamten Team.

Lange war nicht klar, in welchem Format die Akademie in den Zeiten der Pandemie stattfinden kann. Umso mehr hat es uns gefreut, dass wir uns zumindest im Wechsel in Adelsheim treffen konnten. Dort waren wir wie immer zu Gast am Eckenberg-Gymnasium mit dem Landesschulzentrum für Umwelterziehung (LSZU). Für den durch die Coronasituation bedingten Extraaufwand, 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 Klaiber sowie dem Abteilungsleiter des LSZU Herrn Studiendirektor Christian Puschner besonders bedanken.

Zuletzt sind aber auch die Leiterinnen und Leiter der Kurse und der kursübergreifenden Angebote gemeinsam mit den Schülermentoren 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 13, Abbildung Elektromagnetische Absorption in der Erdatmosphäre:
 Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmospheric_electromagnetic_opacity-de.svg
 Originalbild: NASA, SVG: Wikimedia-User Mysid/Ariser
 Als gemeinfrei gekennzeichnet
- Seite 16, Abbildung Strahlungsspektrum von Schwarzkörpern:
 Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BlackbodySpectrum_loglog_de.svg
 Wikimedia-User Prog
 CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)
- Seite 17, Abbildung Spin-Flip beim Wasserstoff:
 Wikimedia, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hydrogen-SpinFlip.svg>
 Wikimedia-User Tiltec
 Als gemeinfrei gekennzeichnet
- Seite 19, Abbildung Krebsnebel:
 Hubblesite, <https://hubblesite.org/contents/media/images/2005/37/1823-Image.html>
 NASA, ESA, J. Hester and A. Loll (Arizona State University)
- Seite 20, Abbildung Schwarzes Loch M87*:
 ESO, <https://www.eso.org/public/images/eso1907a/>
 EHT-Kollaboration
 CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>)
- Seite 20, Abbildung Galaxie Messier 87:
 NASA/Hubble, <https://hubblesite.org/contents/media/images/2000/20/968-Image.html>
 NASA und das Hubble Heritage Team (STScI/AURA)
- Seite 22, Abbildung Arecibo-Botschaft „Arecibo message light“:
 Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Arecibo_message_light.svg
 Wikimedia-User Arne Nordmann (norro)
 CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)
- Seite 23, Abbildung Wow-Signal:
 Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wow_signal.jpg
 Big Ear Radio Observatory and North American AstroPhysical Observatory (NAAPO)
 Als gemeinfrei gekennzeichnet
- Seite 23, Abbildung Verlauf der Empfangsstärke des Wow-Signals:
 Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wow_signal_profile.svg
 Wikimedia-User Maxrossomachin
 CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)
- Seite 40, Abbildung der Skinner-Box:
 Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skinner_box_scheme_01.svg
 Wikimedia-User Andreas1, Bearbeitungen Pixelsquid
 CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)
- Seite 51, Abbildung Galton-Bett:
 Wikimedia, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Galton-Brett.svg>
 Wikimedia-User Chrischi
 Als gemeinfrei gekennzeichnet
- Seite 52, Abbildung Streckenabschnitte beim Goldenen Schnitt:
 Wikimedia, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=19816440>
 Wikimedia-User Stannered/Kmhkmh
 Als gemeinfrei gekennzeichnet
- Seite 52, Abbildung Rathaus von Leipzig:
 Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/w/index.php?curid=8162374>

- Stadt Leipzig, eigene Ergänzungen
Als gemeinfrei gekennzeichnet
- Seite 53, Abbildung Eiffelturm:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tour_Eiffel_Wikimedia_Commons.jpg
Wikimedia-User Benh LIEU SONG, eigene Ergänzungen
CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)
- Seite 53, Abbildung Leonardo da Vinci „Vitruvian Man“ (mit Ergänzungen):
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Da_Vinci_Vitruve_Luc_Viatour_2.svg
Wikimedia-User Savak, eigene Ergänzungen
Als gemeinfrei gekennzeichnet
- Seite 56, Abbildung Sonnenblume:
Wikimedia, https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Goldener_Schnitt_Blutenstand_Sonnenblume.jpg
Dr. Helmut Haß
CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)
- Seite 69, Abbildung Blutfluss durch das menschliche Herz:
Wikimedia, <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Latidos.gif>
Wikimedia-User josiño, bearbeitet
Als gemeinfrei gekennzeichnet
- Seite 84, Abbildung Insulinpumpe:
Wikipedia, https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Wearing_pump.JPG
Björn Heller
CC BY-SA 2.0/de (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/de/legalcode>)
- Seite 124, Abbildung Elektromagnetische Absorption in der Erdatmosphäre:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmospheric_electromagnetic_opacity-de.svg
Originalbild: NASA, SVG: Wikimedia-User Mysid/Ariser
Als gemeinfrei gekennzeichnet
- Seite 125, Abbildung Photoeffekt:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Photoelectric_effect_in_a_solid_-_diagram.svg
Wikimedia-User Ponor
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)
- Seite 125, Abbildung Hallwachsversuch:
Serlo-Lernplattform, <https://de.serlo.org/community/52504/äußerer-photoelektrischer-effekt-hallwachs-effekt>
Serlo
CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode>)
- Seite 126, Abbildung Doppelspaltversuch:
Wikimedia, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=61510632>
Johannes Kalliauer
Als gemeinfrei gekennzeichnet
- Seite 126, Abbildung Interferenzmuster:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Single_slit_and_double_slit3.jpg
Wikimedia-User Jordgette, Ausschnitt
CC BY-SA 3.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>)
- Seite 129, Abbildung Silizium-Atom:
Enargus, https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d11567-2/*/*Silizium.html?op=Wiki.getwiki
Enargus
CC BY-SA 3.0 DE (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/legalcode>)
- Seite 130, Abbildung p-n-Übergang:
Enargus, https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d14511-2/*/*p-n-Übergang.html?op=Wiki.getwiki
Enargus
CC BY-SA 3.0 DE (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/legalcode>)
- Seite 132, Abbildung Verluste einer Solarzelle:
Enargus, https://www.enargus.de/pub/bscw.cgi/d13357-2/*/*Verluste_einer_Solarzelle.html?op=Wiki.getwiki
Enargus
CC BY-SA 3.0 DE (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/legalcode>)

Alle anderen Abbildungen sind entweder gemeinfrei oder eigene Werke.

Bearbeitungen von Bilder unter eine CC-SA-Lizenz werden hiermit unter derselben Lizenz weitergegeben.