JuniorAkademie Adelsheim

19. Science Academy Baden-Württemberg 2022

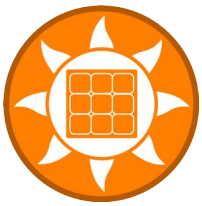
Astronomie

Biologie

Mathematik/Informatik

Pharmazie/Chemie

Philosophie/Ethik



Physik

Regierungspräsidium Karlsruhe Abteilung 7 – Schule und Bildung

DIETER SCHWARZ STIFTUNG

HOPP FOUNDATION for computer literacy & informatics

Dokumentation der JuniorAkademie Adelsheim 2022

19. Science Academy Baden-Württemberg

Veranstalter der JuniorAkademie Adelsheim 2022:
Regierungspräsidium Karlsruhe
Abteilung 7 –Schule und Bildung–
Hebelstr. 2
76133 Karlsruhe
Tel.: (0721) 926 4245
Fax.: (0721) 933 40270
www.scienceacademy.de
E-Mail: joerg.richter@scienceacademy.de
birgit.schillinger@scienceacademy.de
rico.lippold@scienceacademy.de

Die in dieser Dokumentation enthaltenen Texte wurden von der Kurs- und Akademieleitung sowie den Teilnehmerinnen und Teilnehmern der 19. JuniorAkademie Adelsheim 2022 erstellt. Anschließend wurde das Dokument mithilfe von LaTeX gesetzt.

Gesamtredaktion und Layout: Jörg Richter
Copyright © 2022 Jörg Richter, Dr. Birgit Schillinger

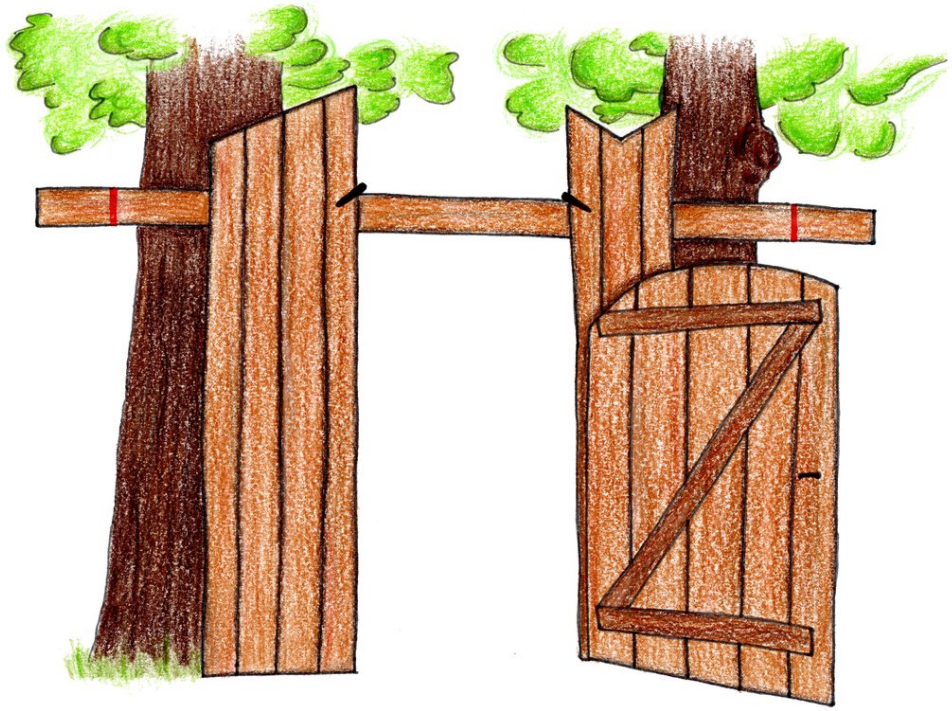
Vorwort

Sehr geehrte Damen und Herren,

treten Sie ein! Herzlich willkommen zu einem Bericht über die vielseitigen Erlebnisse der diesjährigen 19. Science Academy Baden-Württemberg!

Im Rahmen der Akademie kamen 72 Teilnehmerinnen und Teilnehmer beim Eröffnungswochenende im Juni zunächst online für ein erstes virtuelles Kennenlernen mit dem Leitungsteam zusammen. Damit traten sie über die Schwelle zu neuen Erfahrungen, Freundschaften und Wissenszuwachs. Bei der Akademie im Sommer konnten wir dann unsere physische Akademietür öffnen und uns endlich in Präsenz im Landesschulzentrum für Umweltbildung (LSZU) in Adelsheim begegnen. Dabei blieben lediglich durch Tests, Masken und weitere Maßnahmen ein paar „Schutztüren“ eingebaut.

Ein wichtiger Teil der Akademie ist die Arbeit in den sechs Kursen, die den Jugendlichen einen Einblick in wissenschaftliches Denken und Arbeiten gewährt und eine Weiterentwicklung ihrer Fähigkeiten in Bereichen wie Teamarbeit und Präsentationstechnik ermöglicht. Auch in diesem Jahr hatten die Kursleiter und Kursleiterinnen wieder spannende Themen vorbereitet.



So plante der Astronomiekurs eine fiktive Mission zum Jupitermond Europa, und der Biologiekurs beschäftigte sich damit, wie wir aus unserer Nahrung Energie gewinnen; im Mathematik-/Informatikkurs ging es dagegen um Klimamodelle und Datenanalyse. Außerdem erforschte der Kurs Pharmazie/Chemie, wie Medikamente im Körper richtig wirken, und während der Physikkurs sich mit der optimalen Ausleuchtung von Solarzellen befasste, beleuchtete der Philosophie-/Ethikkurs das Thema Gerechtigkeit.

Auch die Zeit außerhalb der Kurse war durch die Kursübergreifenden Angebote (KüAs) abwechslungsreich gestaltet. In zwei KüA-Schienen täglich konnten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer vielfältige Angebote, die von Debating und PowerPoint-Karaoke über Tanzen und Häkeln bis hin zu einer Physikshow reichten, wahrnehmen oder auch selbst anleiten.

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer konnten in den Kursen, KüAs und in der Freizeit viele Kontakte knüpfen, neue Interessen entdecken und alte vertiefen. Da so viele motivierte und interessierte Menschen zusammenkommen, ergeben sich viele spannende Gespräche und Aktivitäten. Dadurch ist die Akademie eine sehr intensive Zeit, in der wir auch in diesem Jahr wieder zu einer starken Gemeinschaft zusammengewachsen sind.

Mit all ihren Angeboten und Möglichkeiten konnte die Akademie daher viele neue Türen öffnen, passend zu unserem Motto „Türen“, das uns vom ersten Plenum beim Eröffnungswochenende bis zur letzten Minute der Akademie mit verschiedenen Aktionen und Denkanstößen begleitete. Bei diesen metaphorischen Türen kann es sich beispielsweise um andere (Zukunfts-)Perspektiven und Sichtweisen, um Erfahrungen wie die Laborarbeit und die einzigartige Akademieatmosphäre oder um neu entdeckte Lieblingsthemen handeln. Sicherlich werden diese nun offenen Türen für die Teilnehmerinnen und Teilnehmer auch ein Schlüssel zu vielen weiteren neuen Möglichkeiten und Entdeckungen sein.

Beim Dokumentationswochenende schlossen wir unsere Akademietür wieder und verließen gemeinsam Adelsheim mit vielen neuen Eindrücken und Erinnerungen im Gepäck. Für ein mögliches Wiedersehen halten allen Beteiligten ihre Türkeile die Türe jedoch stets einen Spalt offen!

Vor dem Abschied entstand ein umfangreicher Bericht der fachlichen Ergebnisse und persönlichen Erlebnisse unserer gemeinsame Akademiezeit, der nun vor Ihnen liegt. Treten Sie ein, liebe Eltern, Freunde, interessierte Leser – und vor allem „liebe Kinder“: Viel Spaß beim Lesen der Dokumentation!

Eure/Ihre Akademieleitung

Merit Neibig
(Assistenz)

Henriette Neuschwander
(Assistenz)

Tobias van Lier
(Assistenz)

Jörg Richter

Dr. Birgit Schillinger

Inhaltsverzeichnis

VORWORT **3**

KURS 1 – ASTRONOMIE **7**

KURS 2 – BIOLOGIE **33**

KURS 3 – MATHEMATIK/INFORMATIK **65**

KURS 4 – PHARMAZIE/CHEMIE **83**

KURS 5 – PHILOSOPHIE/ETHIK **105**

KURS 6 - PHYSIK **131**

KÜAS – KURSÜBERGREIFENDE ANGEBOTE **149**

DANKSAGUNG **173**

BILDNACHWEIS **175**

Kurs 3 – Mathematik/Informatik: Dem Klimawandel auf der Spur

Unser Kurs

Alexandra Immer wenn man ein kleines Problem hatte, war Alexandra mit ihrer hilfsbereiten Art zur Stelle. Wir durften sie als unglaublich sympathischen, witzigen und manchmal nachdenklichen Menschen erleben. Auch ihre Zuverlässigkeit und der Drang, alles mitzuschreiben, waren Dinge, auf die wir nicht verzichten konnten. Zudem hat sie am Hausmusikabend mit einem schönen Stück am Klavier beigetragen und das Orchester um eine Geige bereichert.

Artur Wer ist das, der da mit der Bundeswettbewerb-Mathematik-Flasche und den unterschiedlichsten Zauberwürfeln herumläuft? – Das kann nur Artur sein! Das Mathe-Ass ist aber alles andere als der stille Typ in der Ecke. Immer aktiv und für jeden Spaß zu haben, hilft er mit seiner fachlichen Kompetenz bei allen Aufgaben. Zusammengefasst ist er ein super schlauer, sympathischer Disco Fox, der unseren Kurs sehr bereicherte.

Clara Die Funktion $f(x) = 1,7x$ beschreibt sehr gut die Minuten, die Clara täglich später aufgestanden ist. Danach durfte auf keinen Fall die Banane zum Frühstück fehlen. Aber auch im Kurs war sie mit ihrem Einsatz und Engagement immer mit am Start. Ihr Ehrgeiz, was mathematische Probleme angeht, war nicht totzukriegen, und in den Pausen war sie meistens beim Fuß- oder Volleyballspielen zu finden.

Irfan Schon am Eröffnungswochenende stach er als „Meister“ des Programmierens unter uns hervor. Während andere ihre Pause

mit einer kleinen Mahlzeit verbrachten, hat Irfan beschlossen, auf die Schnelle seinen Sensor zu modifizieren, sodass er die Werte direkt auf einer eigenen Website grafisch darstellte. Aber auch sein Wissen, das er in Form von Weisheiten vermittelte, war immer sehr bereichernd. Denn man sollte wirklich „keine Zigaretten trinken“.

Imanuel Seine Offenheit, Hilfsbereitschaft und das Talent, alle zum Lachen zu bringen, sind Dinge, die uns allen sehr ans Herz gewachsen sind. Imanuel fand und löste Probleme in Phasen kollektiver Verzweiflung und munterte alle wieder auf. Aber auch außerhalb des Kurses war er nicht wegzudenken: Er brachte den anderen das Tanzen sowie den Spaß daran bei und war daneben, dank seiner Musikbox, die ihn überall begleitete, auch ein exzellenter DJ.

Jannis Ohne Vorwissen an Dinge ran zugehen und sie zu meistern: Genau das hat Jannis gemacht. In der Zeit der Akademie lernte er sein Talent fürs Programmieren kennen. Ein Fähigkeit, die er aber schon unfassbar gut beherrschte, ist das Klavierspielen, denn am Hausmusikabend erfreute er alle Zuhörer mit einem unglaublichen Stück, das er einfach von seinen Fingern gleiten ließ.

Lilith Stets eine gute Gesprächspartnerin, mit der man über alle möglichen Dinge quatschen kann: Lilith war immer klug und vernünftig, aber auch zu jeder Zeit für einen Spaß (oder mehrere) zu haben. Zudem beeindruckte sie mit ihrem Interesse für Klimaforschung und war daher in unserem Kurs mehr als richtig. Und auch in der Theater-KüA leistete sie einen entscheidenden Beitrag und übertrug ihre Begeisterung auf das gesamte Stück und alle Beteiligten.

Maja Ob morgens beim Frühsport, mit der Blockflöte beim Hausmusikabend oder auch später in anderen KüAs: Sofort merkte man, dass Maja dabei voll in ihrem Element war. Aber nicht nur beim Sport gab sie Vollgas, auch im Kurs war sie kaum aufzuhalten. Sie war bei jedem Thema mit Begeisterung dabei, brachte sich alles rasend schnell bei und bereicherte das Team durch ihre offene und motivierte Art.

Masika Für uns alle ist es noch immer ein Rätsel, wie Masika es schafft, sich stundenlang an ein Problem zu setzen, ohne zu verzweifeln. So gab sie nicht auf, das „Mana“ zu spüren, bis sie es gelöst hatte, und auch im Kurs schreckte sie vor keiner Problemfrage zurück. Vielleicht liegt das an ihrer perfekten Mischung aus Hartnäckigkeit und immer guter Laune und daran, dass sie, egal in welcher Situation, immer lachen konnte.

Max Max war derjenige im Kurs, der uns immer wieder zum Lachen brachte und so die Stimmung auflockerte: Keiner hatte so viele Witze parat wie Max, und keiner redete so viel am Stück wie er. Abgesehen von seiner lustigen, direkten Art zeichnete ihn auch seine Diskussionsfreude aus, beispielsweise zur Frage, ob es „Viertel vor drei“ oder „Dreiviertel drei“ heißt.

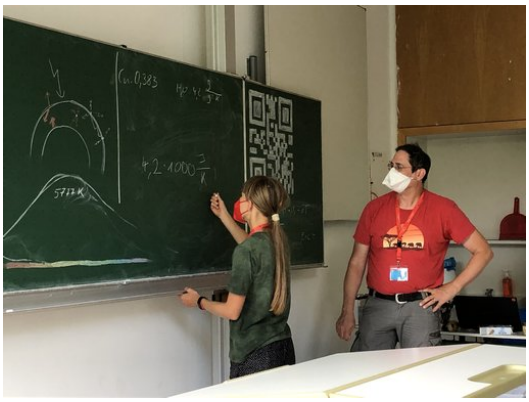
Nicola Der erste Blick reicht, und man weiß, wie viel Energie in diesem Kerl steckt. Und diese setzt er für alles ein. Sei es, um wie ein Frosch von A nach B zu hüpfen oder an einem Problem zu arbeiten: Er ist immer mit dabei! Aber in ihm steckt nicht nur Energie, sondern auch eine Menge Gehirn, das er immer gekonnt zum Einsatz brachte,

um uns zu erleuchten. So kamen wir auch bei der Diskussion zu einer 100 % klimaneutralen Energiegewinnungsmethode auf Nicola als Energiequelle.

Sofia Jeden Abend noch kurz auf Duolingo Japanisch lernen, das ist Sofia. Zudem ist sie immer cool drauf, und man kann gut mit ihr reden oder über komplizierte Problemstellungen diskutieren, wenn man eine Idee zur Lösung braucht. Zumindest solange sie Kaffee getrunken und DAS Müsli gegessen hat, ohne das sie nicht überleben kann. Sie wird uns aber auch als Partygirl und Zitate-Legende in Erinnerung bleiben.

Mathis Auch wenn wir anfangs alle mit einem „Aufpasser“ gerechnet hatten, wurde Mathis viel mehr ein guter Freund. Genauer gesagt, er konnte uns mit seinem tiefgreifenden Fachwissen über Spiele, Schlachtrufe und seinem Talent, Dinge verständlich zu erklären, stark beeindrucken. Nicht zu vergessen sind seine Bemühungen, immer das Beste aus einem herauszuholen.

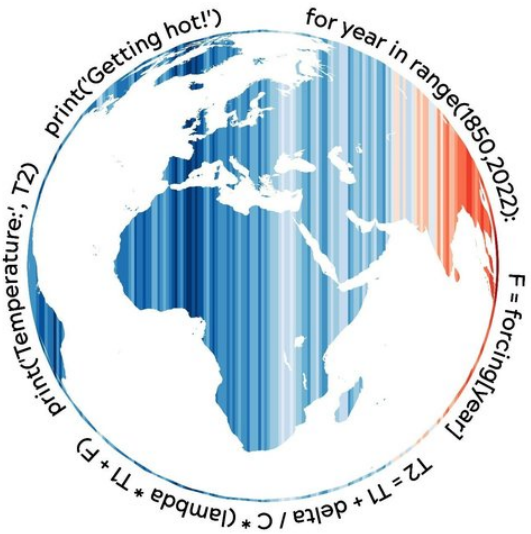
Paul Egal in welcher Situation und über was man gerade redet: Paul weiß, worum es geht, und hat immer etwas auf Lager, mit dem er beeindrucken kann. Sei es einer seiner Witze oder sein Wissen, das bis in die kleinsten Ecken eines Themas reicht. Aber auch den Kurs hat er mit täglich wechselnden Mathe-T-Shirts exzellent geleitet.



Maybritt Mit ihrem unglaublichen Engagement und stets offenen Ohren für alles war Maybritts gute Laune ansteckender als jedes Virus. Sie half dabei, das von uns fabrizierte Chaos zu ordnen, und schaffte es darüber hinaus, selbst die kompliziertesten mathematischen Zusammenhänge anschaulich zu erklären. Und was Mathe-Shirts angeht: Das Battle mit Paul ist noch immer nicht vorbei …

Einleitung

Mathis Bußhoff, Maybritt Schillinger, Paul Bischof



Wie kann man den Klimawandel am besten visualisieren? Am anschaulichsten geht das wohl mit den Warming Stripes, wie sie auf dem diesjährigen Kurs-T-Shirt zu sehen sind: ein Streifen pro Jahr, die Farbe kodiert die Temperatur; je dunkler rot, desto wärmer, je dunkler blau, desto kälter. Diese Grafik begegnete uns an mehreren Stellen im Kurs – doch bei uns ging es um viel mehr als nur spannende Abbildungen: Unser interdisziplinär ausgerichtete Kurs begab sich auf die Spur des Klimawandels quer durch die Mathematik, Informatik und Klimaphysik.

Grundlagen des Klimawandels lernten wir schon beim Eröffnungswochenende sowie durch unsere Kurslektüre „Heißzeit“ von Mojib Latif, welche wir vor dem Sommer eigenständig lasen. Während der Akademie berechneten wir dann mithilfe von Wahrscheinlichkeitstheorie, dass die aktuellen Temperaturrekorde wie in den Warming Stripes quasi kein Zufall sein können. Zusammenhänge zwischen Luftdruck, Luftfeuchtigkeit und Temperatur untersuchten wir mit unseren eigenen Wettersensoren und

Werkzeugen aus der Statistik sowie Datenverarbeitung und -visualisierung. Zum Abschluss programmierten wir sogar unsere eigenen kleinen Klimamodelle und warfen damit einen Blick in die Zukunft: Wie wird sich die globale Durchschnittstemperatur entwickeln, wenn wir viel oder wenig Klimaschutz betreiben?

Auch wenn die Zukunftsaussichten in Anbetracht der Klimakrise nicht immer rosig sind, war die Laune im Kurs dafür umso besser. Bereits vor der Akademie organisierten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer selbstständig ein Vortreffen und wuchsen als Gruppe zusammen. Im Kurs waren alle stets mit großer Neugier und Begeisterung dabei: Wir knobelten an Mathe-Aufgaben, kämpften uns durch große Datenmengen oder waren in Programmcodes vertieft. Wir Kursleiter freuten uns über viel Eifer und kluge Fragen und mussten manchmal vor dem Essen sehr hartnäckig darum bitten, dass die Rechner nun wirklich endlich heruntergefahren werden.

Auch außerhalb des Kurses waren wir bekannt und beliebt: Morgens im Plenum führte der Kurs stets einen Tanz oder eine La-Ola-Welle auf – da konnten die anderen Kurse nur neidisch zugucken! Die Welt geht vielleicht unter, aber wir gehen auf.

Temperaturrekorde: zufällig und real

Rekorde

Clara Ledermann

Wir wollten berechnen, inwieweit die Temperaturrekorde in Deutschland in den letzten 14 Jahrzehnten zufällig aufgetreten sein könnten. Dafür verglichen wir sie mit den Rekorden in einer zufälligen Welt. Dabei ist ein Rekord ein Wert, der höher als alle zuvor erfassten Werte ist; und mit einer zufälligen Welt meinen wir, dass alle Zahlen zufällig durcheinander gemischt sind.

Um zu simulieren, wie viele Rekorde in einer zufälligen Welt (bei 14 Werten) auftreten, führten wir ein Experiment mit 14 Zetteln durch, auf die wir Zahlen schrieben. Welche Zahlen wir genau verwendeten, war egal; wichtig war nur, keine Zahl mehrfach aufzuschreiben. Wir vermischten die Zettel, zogen nacheinander Zettel für Zettel und zählten anschließend die dabei aufgetretenen Rekorde. Dieses Experiment führten wir mehrmals durch. Dabei werteten wir den jeweils ersten der 14 gezogenen Zettel nie als Rekord, sondern nutzen ihn als Startwert. Bei unseren Durchführungen erhielten wir immer zwischen 0 und 4 Rekorde. Der Durchschnitt unserer Rekordzahlen lag gerundet bei 2,33.

Um unser experimentell bestimmtes Ergebnis von 2,33 mathematisch zu untermauern, leiteten wir uns zunächst den Erwartungswert her.

Erwartungswert

Masika Ngo Pouhe

Der Erwartungswert ist eine Größe in der Stochastik. Er beschreibt den auf lange Sicht zu erwartenden Durchschnitt aller Werte einer Zufallsgröße X. Das heißt, er gibt den Wert an, den man im Mittel für X erhält, wenn man ein Zufallsexperiment sehr häufig wiederholt.

Berechnet wird er, indem man die jeweiligen Werte der Zufallsgröße mit deren Wahrscheinlichkeit multipliziert und anschließend summiert.

Definition:

$$\begin{aligned} E[X] &= \sum_{i=1}^{n} x_i P(X = x_i) \\ &= x_1 \cdot p(x_1) + ... + x_n \cdot p(x_n) \end{aligned}$$

Hierbei beschreibt z. B. x_1 den ersten Wert der Zufallsgröße (erstes Ergebnis) und $p(x_1)$ die zugehörige Wahrscheinlichkeit des Wertes x_1.

Rechenregeln und Eigenschaften

- Der Erwartungswert ist linear, d. h. es gilt:

  $$\begin{aligned} E[X + a] &= E[X] + a \\ E[a \cdot X] &= a \cdot E[X], \end{aligned}$$

  für eine Zufallsgröße X und eine beliebige Zahl a, und für zwei Zufallsgrößen X und Y gilt:

  $$E[X + Y] = E[X] + E[Y]$$

- Der durchschnittliche Wert vieler Wiederholungen eines Zufallsexperiments liegt nahe am Erwartungswert. Beispielsweise beträgt der Erwartungswert der Augenzahl eines Würfels 3,5:

  $$\frac{1}{6}(1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6) = 3,5$$

  Als wir es selbst ausprobierten, kam als Durchschnitt bei 10 Wiederholungen 3,8 heraus.

- Bei einem Glücksspiel gilt für den Gewinn X: Wenn $E[X] = 0$, dann ist das Spiel fair. Denn man erschließt sich daraus, dass Spieler auf lange Sicht so viel gewinnen wie sie verlieren.

Erwartungswert für die Rekorde

Im Folgenden wollen wir nun den Erwartungswert der Rekordanzahl X bei n Beobachtungen ausrechnen.

Dafür schreiben wir X zunächst als Summe von anderen Hilfs-Zufallsvariablen auf, also

$$X = X_2 + X_3 + ... + X_n.$$

Hierbei ist $X_i = 1$, falls der i-te Wert ein Rekord ist, und $X_i = 0$ in den anderen Fällen (für i zwischen 2 und n, da wir den ersten Wert nie als Rekord bezeichnen). Dies bedeutet, dass wir mit den X_i die Stellen markieren, an denen Rekorde auftreten. Die gesamte Anzahl der Rekorde entspricht der Anzahl an Stellen, an denen ein Rekord auftritt.

Da der Erwartungswert linear ist, gilt

$$E[X] = E[X_2] + ... + E[X_n].$$

Daher berechnen wir als nächstes

$$\begin{aligned} E[X_i] &= 0 \cdot P(X_i = 0) + 1 \cdot P(X_i = 1) \\ &= P(X_i = 1). \end{aligned}$$

Die Wahrscheinlichkeit, dass an der i-ten Stelle ein Rekord auftritt, ist gleich der Wahrscheinlichkeit, dass bei i Werten der letzte Wert ein Rekord ist. Dies passiert genau dann, wenn der größte Wert der ersten i Werte an letzter Stelle ist. Aus Symmetriegründen ist die Wahrscheinlichkeit dafür $1/i$, also

$$P(X_i = 1) = \frac{1}{i}.$$

Zusammengefasst haben wir bewiesen:

$$\begin{aligned} E[X] &= E[X_2] + ... + E[X_n] \\ &= P(X_2 = 1) + ... + P(X_n = 1) \\ &= \frac{1}{2} + ... + \frac{1}{n} \end{aligned}$$

Diese Formel übertragen wir nun auf unser vorheriges Experiment mit 14 Werten:

$$E[X] = \sum_{i=2}^{14} \frac{1}{i} = 2,25$$

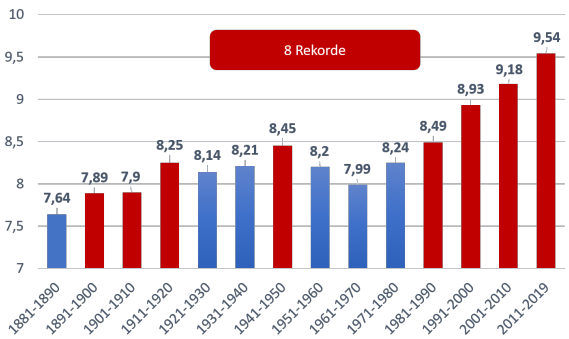
Der Erwartungswert ist also 2,25, was sehr nah an unserem experimentell ermittelten Wert von 2,33 liegt.

Rekorde in der Realität

Artur Radestock

Nachdem wir uns intensiv mit Rekorden in der zufälligen Welt befasst hatten, nutzten wir anschließend unsere gewonnenen Erkenntnisse, um diese mit der realen Welt zu vergleichen.

Wie bereits erwähnt, betrachteten wir zunächst nur die Temperaturdurchschnitte der letzten 14 Jahrzehnte, um nicht direkt mit sehr vielen Werten umgehen zu müssen. Außerdem haben wir uns hier auf Deutschland konzentriert.

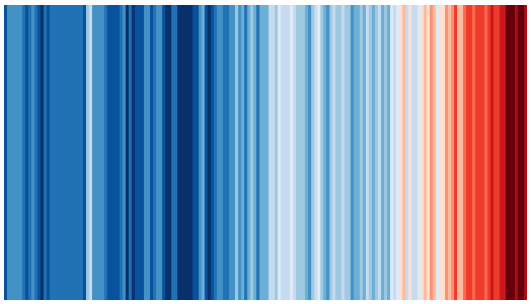


In der Grafik ist erkennbar, dass es insgesamt acht Rekorde gab, von denen allein die Hälfte in den letzten 4 Jahrzehnten stattfanden. Dies weicht stark von unserem Erwartungswert von 2,25 in der zufälligen Welt ab!

Als nächstes berechneten wir die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von mindestens acht Rekorden in der zufälligen Welt. Dazu haben wir mit einem Computerprogramm 1 Million zufällige Welten simuliert und kamen so auf ca. 0,02 %. Daran sehen wir, dass die aktuellen Temperaturrekorde in einer zufälligen Welt extrem unwahrscheinlich wären.

Einer der wichtigsten Gründe dafür, dass es trotzdem zu diesen Rekorden kommt, dürfte wahrscheinlich der Klimawandel sein. Durch diesen steigt die Temperatur generell langsam an, was auch zu einer höheren Anzahl an Rekorden in der Realität im Vergleich zu denen in der zufälligen Welt führt. Der Effekt dieses stetigen Anstiegs wird nun allerdings noch verstärkt, da wir anstatt einzelner Jahre mit vielen Ausreißern, ganze Jahrzehnte betrachtet haben, die einen sehr viel stetigeren Anstieg aufweisen.

Um diesen Faktor also zu minimieren, haben wir uns anschließend die letzten 170 Jahre weltweit angeschaut.



Globale Temperatur: Warming Stripes[1]

In den letzten 170 Jahren gab es in der Realität 16 Temperaturrekorde!

16 Rekorde in 170 Messwerten klingen zwar wahrscheinlicher als 8 in 14, allerdings steigt die Wahrscheinlichkeit für Rekorde in der zufälligen Welt nicht linear an, weshalb es eigentlich noch sehr viel unwahrscheinlicher ist. Tatsächlich beträgt die Wahrscheinlichkeit für mindes-

[1] Abbildung: ShowYourStripes (Ed Hawkins, University of Reading, CC BY 4.0)

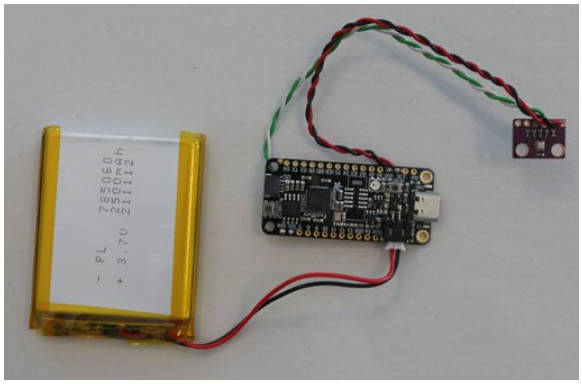
tens 16 Rekorde in der zufälligen Welt nur 0,003 %, also ca. 1 Mal in 300.000 Welten.

Messungen mit eigenem Wettersensor

Einführung

Imanuel Fehse, Nicola Grunwaldt

Da wir nicht nur mit globalen Werten arbeiten wollten, sondern auch mit unseren eigenen lokalen Messdaten, erhielt jeder Kursteilnehmer einen Wettersensor. Diese stellten wir vor und während der Akademie auf. Im folgenden Abschnitt befassen wir uns damit, wie diese Sensoren aufgebaut sind, wo wir sie platziert haben, was man mit Hilfe von Mathematik aus diesen Daten herauslesen kann und wie es überhaupt möglich ist, dass der Computer unsere Daten auslesen kann.



Sensoraufbau

Der Sensor besteht aus 3 Hauptteilen: dem Sensor an sich, einem Microcontroller und einer Batterie, die im vollgeladenen Zustand in der Lage sein sollte, den Sensor etwa 2 Wochen lang mit Strom zu versorgen. Der Sensor misst Werte für Luftfeuchtigkeit, Luftdruck und Temperatur, welche er per Kabel an den Microcontroller überträgt. Der zeichnet die Daten auf und speichert sie ab, sodass sie später ausgelesen werden können.

Standorte

Um die drei aufgezeichneten Werte möglichst wenig zu verfälschen, ist der Standort sehr entscheidend, da einfache Faktoren wie zum Beispiel Sonneneinstrahlung bereits große Auswirkungen auf die Messdaten haben. Damit wir dennoch bei uns zuhause möglichst einheitliche Bedingungen haben, einigten wir uns darauf, dass wir die Sensoren möglichst in den Schatten und ein bisschen entfernt vom Haus auslegen. Für letzteren Punkt haben wir uns deswegen entschieden, da ein Haus Wärme ausstrahlt und es somit zu einer Verfälschung der Wettermessdaten gekommen wäre.

Allerdings haben wir die Sensoren nicht nur bei uns zuhause, sondern auch auf dem Akademiegelände aufgestellt. Dort war es im Gegensatz zu davor unsere Absicht, die Sensoren an Stellen zu legen, wo die Messdaten von möglichst vielen verschiedenen Faktoren beeinflusst wurden. So legten wir zum Beispiel einen Sensor in den Wald, um die Messdaten dort mit denen von einer Lichtung zu vergleichen. Weitere Sensoren legten wir ins Gewächshaus, um den Treibhauseffekt messen zu können, zu einem Steinhaufen, um bestimmen zu können, wie gut Steine Wärme speichern, in ein Zimmer, um die Schwankungen von drinnen mit denen von draußen zu vergleichen, oder in die Duschen.

Datenauswertung

Schritt 1: Als Erstes müssen die Daten vom Microcontroller auf einen PC übertragen werden. Die so erhaltene Datei (CSV- Datei) muss noch mit Informationen über Lage des Sensors, von dem die Daten stammen, und der Uhrzeit, an dem die Aufzeichnungen begonnen haben, versehen werden.

Schritt 2: Als nächstes werden die CSV-Dateien nach Standort in Ordnern sortiert. Anschließend liest ein Python-Programm diese Ordner automatisiert aus und schreibt alle erhaltenen Daten in einen sogenannten „Dataframe“ Dieser Dataframe ist als Tabelle aufgebaut. Da unser Sensor jedoch schon in kurzer Zeit eine große Menge an Daten aufzeichnet, wird diese Tabelle schnell sehr lang und somit unübersichtlich.

Schritt 3: Um die Daten besser nutzbar zu machen, wird der Dataframe mithilfe eines weiteren Python-Codes als Diagramm dargestellt. Dabei können wir variieren, welche Daten verglichen und wie diese dargestellt werden sollen. So können wir Zusammenhänge veranschaulichen und daraus Schlüsse ziehen.

Mathematische Hilfsmittel für die Datenauswertung

Sofia Börger Camacho

Für die Datenauswertung benötigen wir mathematische Hilfsmittel: Wir haben bereits den Erwartungswert kennengelernt, im Folgenden erklären wir weitere statistische Größen.

Varianz

Die Varianz ist ein Maß für die Streuung von Daten um ihren Mittelwert. Für ihre Berechnung benötigt man die Differenz einzelner Werte zum Mittelwert der Datenreihe. Diese Differenzen werden quadriert, damit sich negative und positive Abweichungen nicht gegenseitig aufheben. Danach werden die Differenzen aufaddiert. Am Schluss teilt man durch die Anzahl der Werte minus Eins, damit der Wert der Varianz nicht von der Anzahl der Datenpunkte abhängt.

Formel:

$$\mathrm{var}(x) = \frac{1}{n-1}((x_1 - \overline{x})^2 + ... + (x_n - \overline{x})^2)$$

Hierbei ist n die Anzahl der Datenpunkte; $x_1, ..., x_n$ sind die Werte der Datenreihe, die nicht geordnet sein müssen.

Man kann die Varianz leicht am Beispiel einer Schulklasse erklären. Liegt der Durchschnitt einer ihrer Klassenarbeiten bei 3,0, wäre es möglich, dass alle Schüler die Note drei geschrieben haben. In diesem Fall läge die Varianz bei null. Es wäre aber auch möglich, dass die Noten der Schüler bei diesem Durchschnitt stark voneinander abweichen. Dabei könnte es Schüler mit Einsen, als auch Schüler mit Fünfen geben. Bei solch einer Verteilung ist die Varianz deutlich höher.

Kovarianz

Die Kovarianz ist ein Maß für die Abhängigkeit zweier Datenreihen. Ist die Kovarianz positiv, zeigt sie eine Abhängigkeit der Datenreihen in die gleiche Richtung: Der Term

$$(x_1 - \overline{x}) \cdot (y_1 - \overline{y})$$

ist zum Beispiel positiv, wenn x_1 und y_1 beide über dem Mittelwert liegen, aber auch, wenn x_1 und y_1 beide kleiner als der Mittelwert sind. Bei einem negativen Wert der Kovarianz liegen die Abweichungen vom Mittelwert für die Vergleichspaare entgegengesetzt. Das heißt, wenn ein Wert höher als der Mittelwert ist, ist der Wert der anderen Datenreihe niedriger.

Formel:

$$\mathrm{cov}(x,y) = \frac{1}{n-1}((x_1 - \overline{x}) \cdot (y_1 - \overline{y}) + \\ ... + (x_n - \overline{x}) \cdot (y_n - \overline{y})).$$

Korrelation

Eng verbunden mit der Kovarianz ist die Korrelation. Sie setzt sich aus Varianz und Kovarianz zusammen und ergibt im Gegensatz zur

Kovarianz einen Wert zwischen 1 und -1. Dieser ist unabhängig von den absoluten Werten von x und y, wodurch man die Abhängigkeit von Datenreihen in verschiedenen Fällen besser miteinander vergleichen kann. Die Korrelation wird berechnet, indem die Kovarianz von x und y durch das Produkt der Wurzeln der Varianz von x und y geteilt wird.

Formel:

$$\rho(x,y) = \frac{\operatorname{cov}(x,y)}{\sqrt{\operatorname{var}(x)} \cdot \sqrt{\operatorname{var}(y)}}$$

Das Ergebnis der Korrelation zeigt die Abhängigkeit zweier Datenreihen: Je näher sich der Wert an +1 annähert, desto mehr sind die Variablen voneinander abhängig. Je näher sich der Wert an -1 annähert, desto mehr hängen die Variablen umgekehrt voneinander ab, das heißt, wenn eine Variable positiv abweicht, weicht die andere negativ ab. Bei einer Korrelation von 0 sind die beiden Datenreihen komplett unabhängig voneinander.

Da es aber bei vielen Datenreihen oft lästig wurde, das Ganze von Hand auszurechnen, ließen wir dies den Computer für uns erledigen.

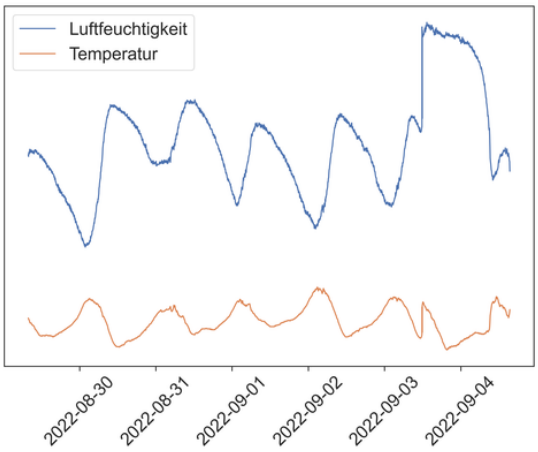
Ergebnisse der Sensormessungen

Maja Leber

Insgesamt haben wir sehr viele Daten erhoben, für deren komplette Auswertung wir noch ein paar weitere Akademien gebraucht hätten. Daher stellen wir nun einige beispielhafte Analysen vor.

Streuung der Messwerte in Abhängigkeit der Positionierung

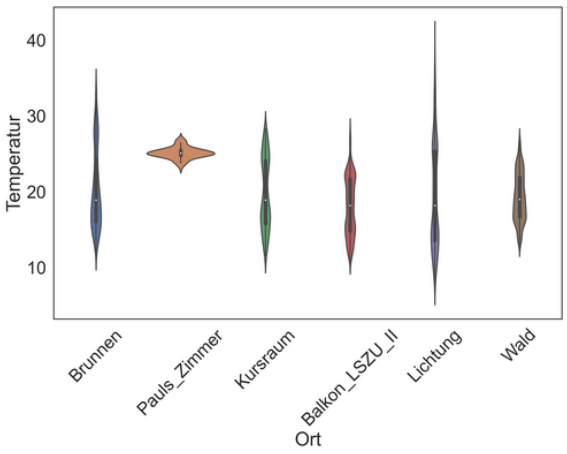
Der Unterschied zwischen Tag und Nacht war bei den Messreihen sehr deutlich erkennbar. Tagsüber erreichte die Temperatur ihren Höhepunkt und die Luftfeuchtigkeit ihren Tiefpunkt.



Messwerte im Wald

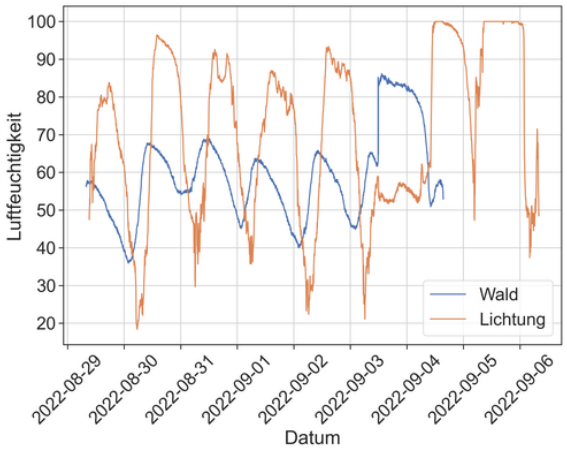
Die Varianz der Messwerte unserer Sensoren in Adelsheim war je nach Standort sehr unterschiedlich. Im Zimmer unseres Kursleiters schwankte die Temperatur nahezu gar nicht. Im Gegensatz dazu zeichnete der Sensor auf einer Lichtung im Wald extrem große Schwankungen auf, mit Höchsttemperaturen von über 40 °C (verm. durch Sonneneinstrahlung) und Tiefstwerten unter 5 °C. Im Vergleich zu anderen Sensoren, die im Freien aufgestellt wurden, variierten die Messwerte im Inneren des Waldes am wenigsten. In der Abbildung zeigen wir die Verteilung der Messwerte in einem Violinplot. Dabei gibt die Höhe der Figur die Bandbreite der Messwerte an, und je breiter die Figur ist, desto mehr Messwerte liegen in diesem Bereich.

Unsere Messwerte lassen vermuten, dass der Wald weniger stark auf Schwankungen des Wet-



Varianz der Temperatur

ters reagierte. Der Wald regulierte somit sowohl Temperatur als auch Luftfeuchtigkeit (siehe Abbildung) und hielt beide Werte relativ konstant.



Luftfeuchtigkeit Wald und Lichtung

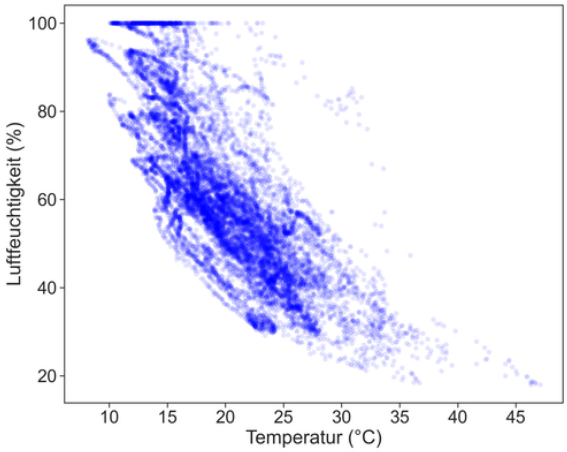
Luftdruck in Abhängigkeit der Höhe

Wie allgemein bekannt, sinkt der Luftdruck bei zunehmender Höhe. Dies ließ sich auch bei den Messreihen zuhause feststellen. Dieser Zusammenhang war uns zwar bereits bekannt, sein Auftreten bestätigte aber die Richtigkeit der Messwerte unserer Sensoren.

Korrelation von Luftfeuchtigkeit und Temperatur

Der größte Zusammenhang ließ sich zwischen den Werten von Luftfeuchtigkeit und Temperatur beobachten. Gemessen wurde hierbei nicht die absolute, sondern die relative Luftfeuchtigkeit, d. h. die prozentuale Feuchtigkeitssättigung der Luft.

Bei unseren Messreihen betrug die Korrelation von Temperatur und Luftfeuchtigkeit ca. $-0,89$. Somit waren die beiden Variablen negativ voneinander abhängig: je höher die Temperatur, desto geringer die Luftfeuchtigkeit (siehe Abbildung). Der Grund hierfür: Je wärmer es ist, desto mehr Wasserdampf kann die Luft beinhalten, ohne dass dieser kondensiert. Deswegen sinkt die relative Luftfeuchtigkeit bei steigender Temperatur.



Zusammenhang von Temperatur und Luftfeuchtigkeit

Mit einfachsten Mitteln konnten wir also unsere eigenen Wetterdaten erheben und signifikante Muster innerhalb dieser erkennen.

Klimamodelle

Einführung

Lilith Schweikart

Modelle simulieren Teile der Wirklichkeit, in unserem Fall das Klima. Wichtig ist, dass Modelle im Allgemeinen immer vereinfacht und daher nicht völlig korrekt sind. Es gibt mehr oder weniger genaue Klimamodelle, dabei kommt es darauf an, welche Faktoren in die Klimaberechnung miteinbezogen werden.

In unserem Modell nehmen wir zwei Faktoren auf: zum einen den Treibhauseffekt als Faktor

τ (tau) und zum anderen die Eisschilde auf der Erde als Faktor α (alpha).

Um die Berechnung unserer eigenen Klimamodelle besser verstehen zu können, ist es wichtig, den Treibhauseffekt zu verstehen. Es gibt einerseits den natürlichen Treibhauseffekt: Sonnenlicht wird auf die Erde gestrahlt, welche die Energie aufnimmt, sich erwärmt und deshalb Infrarotstrahlen zurück Richtung Weltall sendet. Diese werden dann allerdings von den Treibhausgas-Molekülen in der Atmosphäre (das wichtigste natürliche Treibhausgas ist beispielsweise Wasserdampf) absorbiert und gestreut, wodurch ein Teil der Strahlung wieder zurück auf die Erde geworfen wird. Dadurch bleibt die Erde warm, das Wasser flüssig und Leben ist überhaupt erst möglich.

Andererseits existiert aber auch der anthropogene Treibhauseffekt. Das Problem dabei ist, dass die Menschen seit Beginn der Industriellen Revolution um 1850 (seit dem Zeitpunkt wurden auch die Messungen genauer und flächendeckender durchgeführt) durch Industrie und Verkehr immer mehr Treibhausgase wie Kohlenstoffdioxid oder Methan emittieren. Dadurch wird der natürliche, eigentlich überlebensnotwendige Treibhauseffekt sehr verstärkt. Dieser anthropogene Treibhauseffekt hat die globale Erderwärmung zur Folge.

In den später vorgestellten Modellen berücksichtigen wir den Treibhauseffekt insgesamt als Faktor τ.

Eisschilde, Pole und Gletscher haben allerdings eine kühlende Wirkung auf das Klima: Sie reflektieren das Sonnenlicht direkt zurück in die Atmosphäre, wo es beinahe ungehindert wieder austritt. Dabei ist zu beachten, dass Sonnenlicht nur teilweise aus Infrarotlicht besteht, weshalb es zu großen Teilen durch die Atmosphäre gelangt. Wenn die Erde das Sonnenlicht dann aufnimmt, sendet sie hingegen fast ausschließlich (!) Infrarotlicht aus, welches dann auch von den Treibhausgasen absorbiert wird. Das ist ein wichtiger Unterschied, den viele Klimaskeptiker gerne vergessen, um so den Treibhauseffekt besser leugnen zu können. Denn laut Klimaskeptikern würde das gesamte Sonnenlicht „auf dem Hinweg“ und auch das gesamte durch Eis reflektierte Licht aufgehalten werden, wenn es Treibhausgase geben würde, die dafür verantwortlich sind, dass die Wärme auf der Erde bleibt. Das ist nicht der Fall!

Aber zurück zu den Eisschilden: Wenn nun also mehr Sonnenlicht direkt zurückreflektiert wird, nimmt unser Planet weniger Energie auf. Dadurch erwärmt er sich weniger stark, und so kann auch weniger Infrarotlicht Richtung Weltall ausgesendet werden. Wir benutzen den Faktor α für den durch Eis direkt wieder ins Weltall reflektierten Anteil an Sonnenlicht für die Berechnung unserer Klimamodelle.

Einfachstes Klimamodell

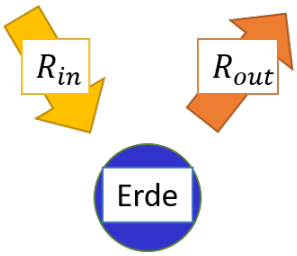
Alexandra Ang, Lilith Schweikart

Jetzt beginnen wir allerdings erst einmal ganz von vorne: mit dem einfachsten Klimamodell, noch ohne die Faktoren Treibhauseffekt und Eisschilde.

$$R_{\text{in}} = R_{\text{out}}$$

Diese Formel beschreibt unser einfachstes Klimamodell, bei welchem ausschließlich die Sonneneinstrahlung auf die Erde zur Berechnung unseres Klimas betrachtet wird. Mit Hilfe dieses Modells, welches das sehr komplexe Kli-

ma stark vereinfacht, kann man schon mit einfachen Überlegungen Modellberechnungen zu einzelnen Faktoren anstellen, um diese nachvollziehen zu können. Diese Grafik stellt die Gleichung anschaulich dar:



Man sieht, dass die Strahlung, die von der Sonne ausgeht und auf die Erde trifft (R_{in}), der Infrarotstrahlung entspricht, die die Erde daraufhin wieder aussendet (R_{out}). Das leitet sich aus dem Energieerhaltungssatz ab. R_{in} und R_{out} ist dabei die Strahlungsleistung pro Quadratmeter der Erdoberfläche.

Diese Formel entspricht der obenstehenden Gleichung $R_{\text{in}} = R_{\text{out}}$:

$$(1 - \alpha) \cdot S = \sigma \cdot T^4 \tag{1}$$

Um diese näher zu erklären, teilen wir sie in zwei Teile auf:

$$R_{\text{in}} = (1 - \alpha) \cdot S$$

S ist die Solarkonstante mit Abzug der Strahlungsverluste durch Atmosphäre und Wolken etc., von welcher wir den Anteil α abziehen, um so letztendlich die Strahlung zu erhalten, die die Erde absorbiert.

$$R_{\text{out}} = \sigma \cdot T^4$$

Dieser Teil der Formel ist das Stefan-Boltzmann-Gesetz, welches besagt, wie viel Strahlung ein Körper einer bestimmten Temperatur aussendet. Dabei ist T die absolute Temperatur des Körpers und σ (sigma) eine Konstante.

Im Folgenden werden wir unser einfachstes Klimamodell erweitern und die bereits eingeführten verwendeten Faktoren nun modellhaft darstellen.

Erweiterungen

Alexandra Ang

Die Bedeutung der Faktoren in unserem Modell wird ersichtlich, wenn Werte wie beispielsweise die Temperatur der Erdoberfläche in Abhängigkeit von einem Faktor berechnet werden.

Da wir jetzt den Wert der Temperatur der Erde betrachten, muss die ganze Gleichung des einfachsten Klimamodells mit Einbezug des Treibhauseffekts beachtet werden. Die Gleichung beinhaltet nun den Faktor τ wie oben erklärt (ähnlich zu Formel (1)):

$$(1 - \alpha) \cdot S = \tau \cdot \sigma \cdot T^4 \tag{2}$$

und kann nach T umgestellt werden

$$T = ((1 - \alpha) \cdot S/(\tau \cdot \sigma))^{1/4}. \tag{3}$$

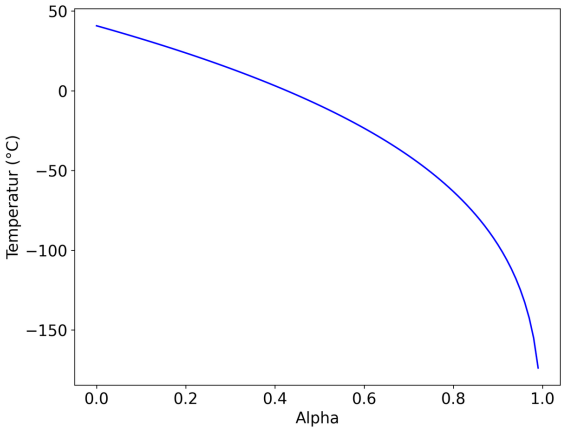
Temperatur in Abhängigkeit von α

Zuerst befassen wir uns mit den Faktor α. Dazu betrachten wir den Teil der Gleichung:
$R_{\text{in}} = (1 - \alpha) \cdot S$

Da S eine Konstante ist, verändert sich der Wert von R_{in} mit dem Wert von α. Je nachdem, wie sich jene Konstante verändert, ändert sich der Anteil der von der Erde absorbierten Strahlen $(1 - \alpha)$. So gelangt thermische Energie in Form von Strahlung auf die Erde. Sie ist verantwortlich für die Temperatur auf der Erdoberfläche, welche in diesem Modell in Abhängigkeit zu α dargestellt wird. Zur Berechnung ziehen wir die gesamte Gleichung des einfachsten Klimamodells heran (siehe Formel (1) oben).

α kann einen Wert zwischen Null und Eins annehmen, bei $\alpha = 0$ würde keine Strahlung reflektiert werden, bei $\alpha = 1$ die gesamte einfallende Strahlung (R_{in}). Je höher der Wert von α, desto mehr Strahlung wird reflektiert

und desto niedriger wird die Temperatur. Diese Abhängigkeit zeigt unsere erste Grafik.

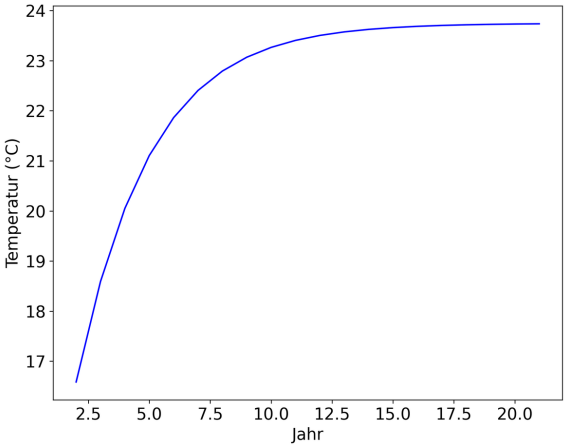


α lässt sich auch auf einen entscheidenden Faktor, der für das Klima auf unserer Erde verantwortlich ist, übertragen. Für die Reflexion der Strahlung sind hauptsächlich die Eisschilde verantwortlich, sie reflektieren nahezu alles Sonnenlicht. Durch das Schmelzen der Eisschilde verkleinert sich die reflektierende Oberfläche der Erde. Dies führt zu einem Sinken von α und zu mehr Energie, die von der Erde absorbiert wird.

Wir müssen jedoch beachten, dass die Temperaturen dieses Modells nicht aussagekräftig sind. Mit dem Modell konnten wir die Veränderung des Faktors α darzustellen. Darüber hinaus wurden viele Annahmen gemacht, die das Modell verfälschen und daher keine Schlussfolgerungen zulassen.

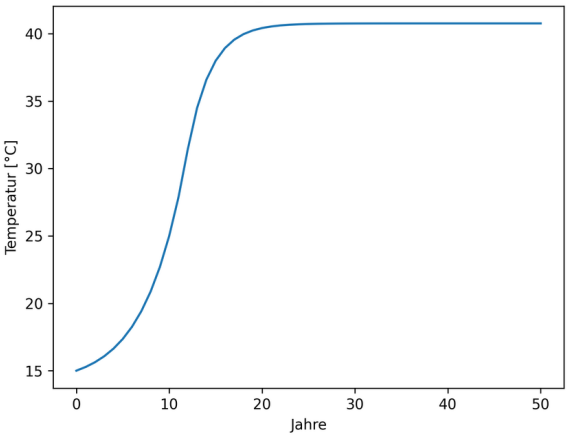
Temperatur im Zeitverlauf

Im nächsten Modell stellen wir die Temperatur in Abhängigkeit der Zeit dar. Grundlage ist auch diesmal die Formel zum einfachsten Klimamodell. Die Temperaturänderung resultiert in diesem Fall aus einer abrupten Strahlungsveränderung, in der Formel die Solarkonstante S. Diese stört das Energiegleichgewicht: Die Veränderung der Strahlung sorgt dafür, dass die einfallende Energie größer als die ausgehende Energie ist. Dieses Ungleichgewicht führt zu einem Temperaturanstieg, welche auch in der Grafik ersichtlich wird: Der Graph zeigt, dass die Temperatur zu Beginn sehr schnell ansteigt und mit der Zeit abflacht, bis sich die Temperatur einem neuen Energiegleichgewicht annähert. Das Eintreten eines solchen Szenarios ist aber (nahezu) unmöglich. Die Sonne müsste ihre Intensität sehr plötzlich verändern, dies wird in den nächsten 5 Milliarden Jahre nicht der Fall sein. Erst zum Ende ihres Lebens wird sich die Strahlungsintensität stark verändern.



Die unten folgende Grafik zeigt die Auswirkungen von α, wenn α abhängig von der Temperatur programmiert wird: Zunächst führt der anthropogene Treibhauseffekt zu einem Temperaturanstieg. Durch diese Erwärmung schmelzen die Eisschilde, was eine geringere Reflexion des einfallenden Lichts zur Folge hat, also kleineres α. Diese Entwicklung führt aber zu einem wiederholten Temperaturanstieg, welcher wieder zum Eisschmelzen und dem damit verbundenen Temperaturanstieg führt.

Dieser Kreislauf dauert an, bis alles Eis auf der Erde geschmolzen ist und somit $\alpha = 0$ ist. Danach nähert sich die Temperatur auch in diesem Fall einem neuen Energiegleichgewicht an.



Weitere Faktoren im Klimamodell

Jannis Rieken

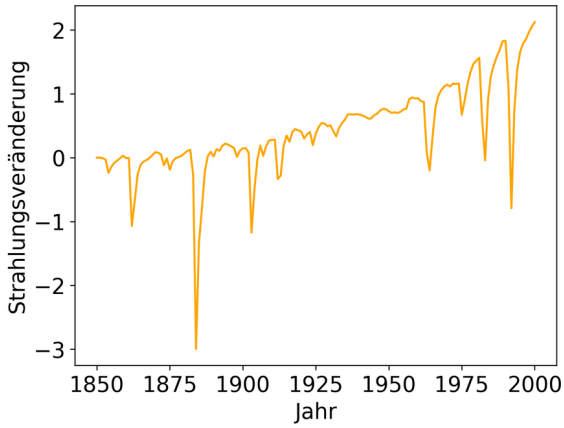
Um nun genauere Werte erhalten zu können, müssen wir unser Modell um zusätzliche Faktoren erweitern. Dazu haben wir uns unser bisheriges Modell genommen und darauf ein neues aufgebaut. Mit diesem sind wir in der Lage, mehr Faktoren zu variieren, um realitätstreue Sachverhalte simulieren zu können. So sind wir auf folgende Gleichung gekommen:

$$C\frac{\Delta T(t)}{\Delta t} = -\lambda T(t) + F(t)$$

Bei diesem Modell steht C für die Wärmekapazität der Erde. Diese ist eine aus der gesamten Wärmekapazität der Erde errechnete Konstante und beträgt $400.000.000\,\mathrm{Ws/(m^2K)}$. Der Faktor $\Delta T(t)$ stellt die Temperaturdifferenz von zwei Zeitpunkten dar. Δt ist die dazwischen vergangene Zeit, bei uns immer ein Jahr, d. h. wir haben die Temperatur jahrweise berechnet. λ ist der sogenannte Feedback-Parameter. Er bestimmt die Stärke des Temperaturanstiegs. Zu Beginn unserer Berechnungen haben wir einen geschätzten Wert von $3,3\,\mathrm{W/(m^2K)}$ verwendet. $T(t)$ bezeichnet die aktuelle Temperatur zum Zeitpunkt t. Der Faktor $F(t)$ gibt den Strahlungsantrieb im Vergleich zum Energiegleichgewicht der Erde zum Zeitpunkt t an.

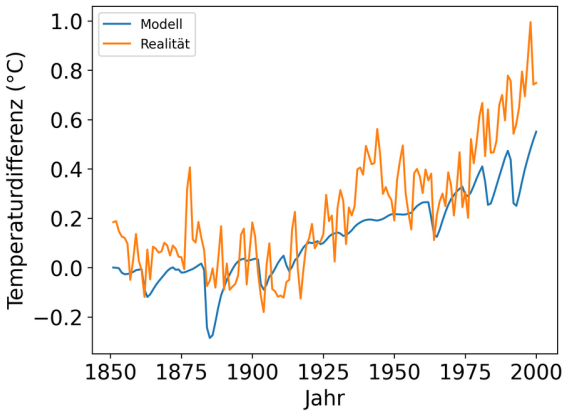
Um die Funktionalität unseres Modells zu überprüfen, testeten wir es mit Strahlungsdaten der letzten Jahrzehnte (von 1850 bis 2000). Hierfür nahmen wir an, dass sich die Erde vor der Industrialisierung etwa im Energiegleichgewicht befand. Bevor wir unser Modell ausprobierten, schauten wir uns die Daten der Strahlungswerte genauer an:

In dieser Grafik kann man erkennen, dass die Strahlungsintensität mit der Zeit stetig zunimmt. Dieses Verhalten kann man sich mit dem anthropogenen (vom Menschen erzeugten) Treibhauseffekt erklären. Durch diesen wird immer weniger der von der Erde ausgehenden Strahlung zurück in den Weltraum gelassen, sondern stattdessen mehr Strahlung auf die Erdoberfläche reflektiert. Das führt zu einem positiven Strahlungsantrieb. Jedoch kann man



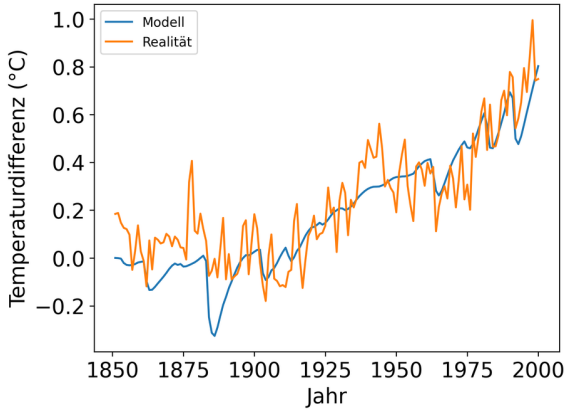
in der Grafik auch sehr deutlich mehrere Ausreißer nach unten erkennen. Diese entstehen durch das Verhalten des Strahlungsantriebs bei großen Vulkanausbrüchen. Denn diese setzen eine große Menge an Asche in die Atmosphäre frei, was dazu führt, dass weniger Strahlung die Erde erreicht. Dadurch wird der Strahlungsantrieb negativ.

Auf Basis dieser Daten, Annahmen und Überlegungen haben wir mithilfe unseres Modells die Temperatur in den jeweiligen Jahren errechnet und mit historischen Daten verglichen:



Anhand dieser Ergebnisse konnten wir erkennen, dass unser Modell funktioniert, aber noch nicht perfekt ist. Um das Verhalten unseres Modells zu verbessern, haben wir wieder die historischen Daten zur Hilfe genommen. Denn wie zuvor beschrieben haben wir bisher für λ nur einen Schätzwert genutzt. Diesen haben wir dann mit den historischen Daten neu berechnet und optimiert. Das Modell konnte auf diese Weise Werte errechnen, die so nah wie möglich an die Realität kommen. Dabei haben

wir auf einen Wert von etwa $2\,\mathrm{W/(m^2K)}$ für lambda erhalten. Anschließend haben wir unser Modell erneut die Temperaturen errechnen lassen und erhielten folgende Ergebnisse:



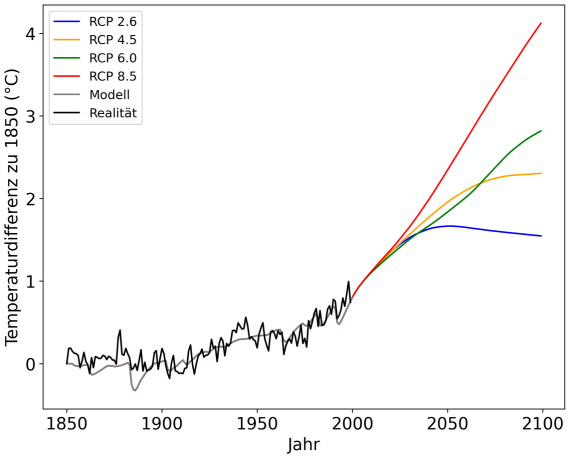
Damit haben wir erfolgreich unser Modell verbessert und konnten mit dem nächsten Schritt beginnen: Der Zukunft.

Szenarien der Zukunft

Maximilian Arnold

Wir haben uns nicht nur auf Klimavorhersagen in der Vergangenheit beschränkt, sondern uns auch mit verschiedenen Szenarien in der Zukunft beschäftigt. Szenarien sind verschiedene Prognosen über die zukünftige Entwicklung. Dabei werden die Einflussfaktoren mit unterschiedlichen Werten in einer Modellrechnung berücksichtigt.

Der historische Verlauf wurde anhand des Strahlungsantriebs erstellt. Die sogenannten RCP-Szenarien („Representative Concentration Pathways“) stehen für den voraussichtlichen Treibhausgas-Ausstoß des Menschen in verschiedenen Szenarien. Wir haben dabei vier verschiedene dieser Szenarien modelliert und miteinander verglichen. Den unterschiedlichen Verlauf der Entwicklung zeigt die folgende Grafik. Der schwarze und braune Graph zeigen den historischen Temperaturverlauf: Einmal anhand unserer Rechnungen modelliert (brauner Graph) sowie einmal den tatsächlichen Temperaturverlauf für die Jahre 1850–2000. Die vier farbigen Graphen zeigen unterschiedliche Szenarien, die mit unterschiedlichen Werten für den Strahlungsantrieb berechnet wurden.



Die verschiedenen Szenarien stehen für unterschiedliche Klimaschutzmaßnahmen:

Szenario 1 (RCP2.6; blauer Graph): In Szenario 1 betreiben wir viel Klimaschutz, z. B. wird es so wenige Verbrennermotoren und Kohlekraftwerke geben, dass wir weniger CO_2 ausstoßen, als die Pflanzen wieder aufnehmen.

Szenario 2 (RCP4.5; gelber Graph): In Szenario 2 betreiben wir weniger Klimaschutz als in Szenario 1 (z. B. keine Kohlekraftwerke mehr, aber immer noch Verbrennermotoren), dennoch flacht die Kurve nach einer Zeit aufgrund von mehr klimaneutralen Ländern und Weltmächten ab.

Szenario 3 (RCP6; grüner Graph): In Szenario 3 werden wir sehr viel weniger Klimaschutz als in den zuvor genannten Szenarien betreiben, was zur Folge hat, dass wir 2060 die 2-Grad-Marke in der durchschnittlichen Temperaturdifferenz zu 1850 überschreiten. Die Trockenheit wird zu Nahrungsmangel führen und dies wiederum zu Völkerwanderungen.

Szenario 4 (RCP8.5; roter Graph): In Szenario 4 betreiben wir fast gar keinen Klimaschutz, daher steigt der CO_2-Gehalt in der Atmosphäre exponentiell an. Wir werden 2100 die 4-Grad-Marke in der durchschnittlichen Temperaturdifferenz zu 1850 brechen. Die Folge davon sind häufigere und extremere sintflutartige Regenfälle, Hitzewellen und Trockenzeiten, Tsunamis, Tornados, das Schmelzen der Gletscher und Pole und der darauffolgende Anstieg der Meeresspiegels. Viele Lebensräume werden nicht mehr bewohnbar sein, Inseln im Pazifik werden versinken, ganze Tierarten werden aussterben und vieles mehr.

Unsere Modelle hatten natürlich ein Ziel: Wir wollten anhand von Klimamodellen die Veränderung in unserem Klima nachweisen und den Einfluss verschiedener Faktoren untersuchen. Anhand der Klimamodelle konnten wir ganz klar feststellen, dass der menschengemachte Klimawandel existiert und wir dementsprechend auf verheerende Katastrophen zusteuern. Wenn wir jetzt so weitermachen wie bisher, wird das oben vorgestellte rote Szenario (RCP8.5) eintreten; im Jahr 2100 hätten wir dann einen globalen Temperaturanstieg von 4 °C (mit genaueren Klimamodellen sogar noch mehr!). Bei einer solchen Zukunftsaussicht ist es eigentlich klar, dass wir dringend etwas dagegen unternehmen müssen. Mit dem Ausstoß von weniger Treibhausgasen können wir einen großen Schritt in diese Richtung machen!

Kurszitate

Wir spielen jetzt Gott, wir machen unser eigenes zufälliges Klima. – *Maybritt*

Warum kann man den Treibhauseffekt nicht kaufen?! – *Alexandra*

Die können mir hier nicht einfach den Kaffee abschneiden! – *Sofia*

Macht nichts, was andere Schülermentoren zu euch sagen. – *Mathis*

Bei manchen Aufgaben habe ich mir was gedacht, was man lernen kann. – *Maybritt*

Wir haben auch so ein Buch lesen müssen … – *Lilith in der Abschlusspräsentation*

Paul, du kannst Binärsystem lesen?! Ehrlich, du hast einfach zu viel Zeit. – *Imanuel*

Leute, sind wir hier im Mathekurs oder im Literaturkurs?! – *Mathis, nachdem Sonette in die WhatsApp-Gruppe geschrieben wurden*

Das ist diskriminierend, Piraten sind eine wichtige Bevölkerungsgruppe. – *Maja*

Wofür einen Kernreaktor? Wir haben einen Nicolareaktor! – *Imanuel*

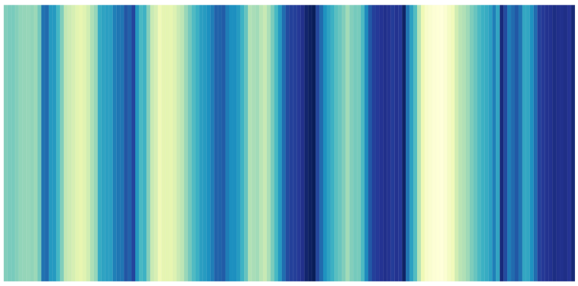
Bonus: Washing Stripes

Irfan Topal

Oft heißt es, dass Mathematiker und Informatiker langweilig sind und nur mit Zahlen oder Computersystemen herumspielen. Wir wollten jedoch zeigen, dass wir auch Spaß haben können. So kamen wir auf die Idee, unsere Wetterstation im Badezimmer direkt vor den Duschkabinen zu installieren, um die Luftfeuchtigkeit messen zu können. Nachdem wir tagelang die Luftfeuchtigkeit gemessen hatten, verfügten wir über eine Reihe von Daten, die es uns ermöglichte, genau zu sehen, wann und wie viel geduscht wurde. Allerdings wollten wir ja nicht die Mathematiker sein, die es nur bei Zahlen belassen. Daher setzten wir uns hin, um ein schönes Diagramm zu erstellen.

Zuerst probierten wir es mit einem Liniendiagramm aus, was für sich genommen schon sehr aufregend war. Dennoch stellte uns das noch nicht zufrieden, also begannen wir, verschiedene Diagramme auszuprobieren. Aus Versehen kamen so nach einiger Zeit statt kleiner Quadrate, die eigentlich jeweils eine Messstunde und den Feuchtigkeitsdurchschnitt darstellen sollten, lange Streifen heraus. Das erinnerte uns beim ersten Blick bereits an ein anderes Diagramm – die Warming Stripes!

Hier seht ihr unser fertiges Produkt, das wir, an die Warming Stripes angelehnt, *Washing Stripes* tauften.



Jeder Streifen steht für eine Messstunde, und je dunkler ein Streifen ist, desto feuchter war es, also desto mehr wurde geduscht.

Wir haben eine relative Luftfeuchtigkeit von bis zu 74 % gemessen, während unser niedrigster Wert bei nur 30 % lag. Der dunkle Streifen in der Mitte sticht sofort ins Auge, und wie man schon vermuten kann, war an diesem Tag unser Sportfest. So konnten wir (glücklicherweise) bestätigen, dass an diesem Tag viel geduscht wurde!

Danksagung

Wir möchten uns an dieser Stelle bei denjenigen herzlich bedanken, die die 19. 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 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 35 – Allgemein bildende Gymnasien am Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg.

Dieses Jahr konnte sich die Regierungspräsidentin Sylvia M. Felder bei ihrem Besuch der Science Academy von der Begeisterung der Teilnehmenden überzeugen. Sie wollte sich ein Bild dieser Form der Begabtenförderung machen. Bei ihrem Rundgang war sie von dem hohen Niveau der Kurse und dem außergewöhnlichen Engagement der gesamten Akademieleitung beeindruckt.

In Gesprächen erfuhr Frau Felder, wie nachhaltig diese Akademie wirkt. Es entstehen Freundschaften mit Gleichgesinnten, und gemeinsam werden weitere Herausforderungen bei Wettkämpfen oder anderen Akademien gesucht. Einige ehemalige Teilnehmerinnen und Teilnehmer kommen als Schülermentoren und Kursleiter gerne wieder nach Adelsheim. Frau Felder konnte bei ihrem Besuch die Freude und den Eifer der hochmotivierten Jugendlichen spüren und erahnen, dass hier alle vom „Akademiefieber“ angesteckt sind.

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 dieses Jahr wieder in Präsenz in Adelsheim treffen

konnten. Dort waren wir wie immer zu Gast am Eckenberg-Gymnasium mit dem Landesschulzentrum für Umweltbildung (LSZU). Für die herzliche Atmosphäre und die idealen Bedingungen auf dem Campus möchten wir uns stellvertretend für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bei dem Schulleiter des Eckenberg-Gymnasiums Herrn Oberstudiendirektor Martin 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 11, Abbildung Krebsnebel:
Hubblesite, https://hubblesite.org/contents/media/images/2005/37/1823-Image.html
NASA, ESA, J. Hester und A. Loll (Arizona State University)

Seite 12, Darstellung Schwarzes Loch:
NASA, https://www.jpl.nasa.gov/images/pia16695-black-holes-monsters-in-space-artists-concept
NASA/JPL-Caltech

Seite 13, Darstellung des Himmelsglobus:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Equatorial_coordinates.svg
Wikimedia User Cmglee, basierend auf einer Version von Ulrich Fuchs und Sverdrup
CC BY-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode)

Seite 16, Abbildung GOCE-Satellit:
ESA, https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2018/08/The_satellite_on_the_edge_of_space

Seite 16, Bild der New Horizons-Sonde:
NASA, https://www.nasa.gov/image-feature/new-horizons-spacecraft-in-the-clean-room-at-nasas-kennedy-space-center

Seite 17, Darstellung des Anflugs von DART auf Dimorphos:
NASA, https://www.nasa.gov/specials/pdco/images/mitigate.jpg
NASA/Johns Hopkins APL/Steve Gribben

Seite 17, Rückkehrkapsel Spionagesatellit Zenit:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zenit_space_vehicle.jpg
Maryanna Nesina
CC BY-SA 2.5 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/legalcode)

Seite 18, Darstellung von Weltraumschrott um unsere Erde:
ESA, https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2008/03/Weltraumschrott_in_der_erdnahen_Umlaufbahn_LEO_-_ueber_dem_Nordpol

Seite 18, Bild Einschlagskrater in Solarpanel:
ESA, https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2020/04/Hubble_solar_cell_impact_damage

Seite 19, Darstellung von ClearSpace 1:
ESA, https://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2020/11/clearspace-1_captures_vespa/22334324-1-eng-GB/ClearSpace-1_captures_Vespa_pillars.jpg

Seite 21, Diagramm Umlaufzeiten der Planeten:
Astrokramkiste, https://astrokramkiste.de/planeten-geschwindigkeit
Zur Nutzung freigegeben

Seite 22, Abbildung Mineralienablagerungen auf der Oberfläche Europas:
NASA, https://europa.nasa.gov/resources/29/europas-stunning-surface
NASA/JPL-Caltech/SETI Institute

Seite 26, Schema zur Funktionsweise eines Flüssigtriebwerks:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Simplified_diagram_of_RS-25_rocket_engine(SSME)_,_Jan_2021_.png
Wikimedia-User Abcde1248163264, eigene Bearbeitung
CC BY-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode)

Seite 29, Absorptionsspektrum:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Spectral-lines-absorption.svg
Wikimedia User Stkl
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 30, Schema Massenspektrometer:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Wienscher_geschwindigkeitsfilter_massenspektroskopie.svg

Wikimedia User Sgbeer
CC BY 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/legalcode)

Seite 30, Abbildung Geophon:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geophone_SM-24.jpg
Wikimedia User Balajijagadesh
CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode)

Seite 34, Hauptbestandteile unserer Nahrungsmittel:
Erstellt mit BioRender

Seite 43, Aufbau der pflanzlichen Zelle:
Erstellt mit BioRender

Seite 44, Aufbau der Geschmacksknospe:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:1402_The_Tongue.jpg
Wikimedia-User OpenStax, Ausschnitt, bearbeitet
CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode)

Seite 45, Aufbau eines Fluoreszenzmikroskops:
EMBL Science Education and Public Engagement Team
CC BY-NC-ND 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode)

Seite 46, Human oesophagus (Darstellung der Speiseröhre):
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Human_oesophagus;_A.E._Schaffer_Wellcome_L0022090.jpg
A. E. Schaffer. Wellcome Collection, bearbeitet
CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode)

Seite 49, Abbildung Darm:
Erstellt mit BioRender

Seite 49, Dünndarmstoma:
Wikimedia, https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Ileostomy_2017-02-20_5349.jpg
Wikimedia-User Salicyna
CC BY-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode)

Seite 53, Abbildung Leber:
Erstellt mit BioRender

Seite 54, Abbildung Emulsion:
Erstellt mit BioRender

Seite 54, Gallenblase:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gallbladder_(organ).png
Wikimedia-User BruceBlaus, bearbeitet
CC BY-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode)

Seite 60, Die Nieren im Körper:
Erstellt mit BioRender

Seite 54, Warming Stripes:
ShowYourStripes, https://showyourstripes.info/s/globe
Ed Hawkins, University of Reading
CC BY 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode)

Seite 100, Schematischer Aufbau eines Fluoreszenzmikroskops:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fluoreszenzmikroskopie_2017-03-08.svg
Krzysztof Blachnicki, Bearbeitungen Henry Mühlpfordt, Wikimedia-User Dietzel65
CC BY-SA 3.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode)

Seite 109, Trolley-Problmem:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trolley_Problem.svg
Wikimedia-User McGeddon, Zapyon
CC BY-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode)

Seite 111, Büste Sokrates:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Socrates_Louvre.jpg
Eric Gaba
CC BY-SA 2.5 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/legalcode)

Seite 113, Büste Aristoteles:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aristotle_Altemps_Inv8575.jpg

Wikimedia-User Jastro, Ludovisi Collection
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 115, Büste Zenon:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Paolo_Monti_-_Servizio_fotografico_(Napoli,_1969)_-_BEIC_6353768.jpg
Paolo Monti
CC BY-SA 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode)

Seite 117, Portrait Augustinus:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Saint_Augustine_Portrait.jpg
Directmedia, The Yorck Project
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 118, Anselm von Catebury:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anselm_of_Canterbury.jpg
Unbekannter Maler
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 120, Gemälde Kant:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kant_gemaelde_3.jpg
Gemälde von Johann Gottlieb Becker
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 122, Portrait-Photo Rawls:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:John_Rawls_(1971_photo_portrait).jpg
Aufnahme von Alec Rawls
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 124, Organspendeausweis:
BZgA, https://www.bzga.de/presse/pressemotive/organspende
© Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (BZgA), Köln

Seite 133, Opazität der Atmosphäre für elektromagnetische Strahlung:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atmospheric_electromagnetic_opacity-de.svg
Wikimedia-User Mysid/Ariser, Originalbild NASA
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 135, Abbildung der Fraunhoferlinien:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fraunhofer_lines_DE.svg
Wikimedia-User Saperaud
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 139, Kennlinie einer Diode mit Bestimmung der Schwellspannung:
Wikimedia, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dioden-Kennlinie_1N4001_differentiell.svg
Wikimedia-User Stündle
Als gemeinfrei gekennzeichnet

Seite 155, Start der Artemis-1-Mission:
NASA, https://www.nasa.gov/image-feature/we-are-going-artemis-i-launches
NASA/Bill Ingalls

Alle anderen Abbildungen sind entweder gemeinfrei oder eigene Werke.

Bearbeitungen von Bilder unter eine CC-SA-Lizenz werden hiermit unter derselben Lizenz weitergegeben.

Abbildungen der Europäischen Weltraumagentur (ESA) werden gemäß der ESA Standard License für Bildungszwecke verwendet: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Copyright_Notice_Images

Abbildungen der National Aeronautics and Space Administration (NASA) können für Schulen und Lehrbücher ohne explizite Erlaubnis verwendet werden: https://www.nasa.gov/multimedia/guidelines/index.html