

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 Mathematikurs 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.

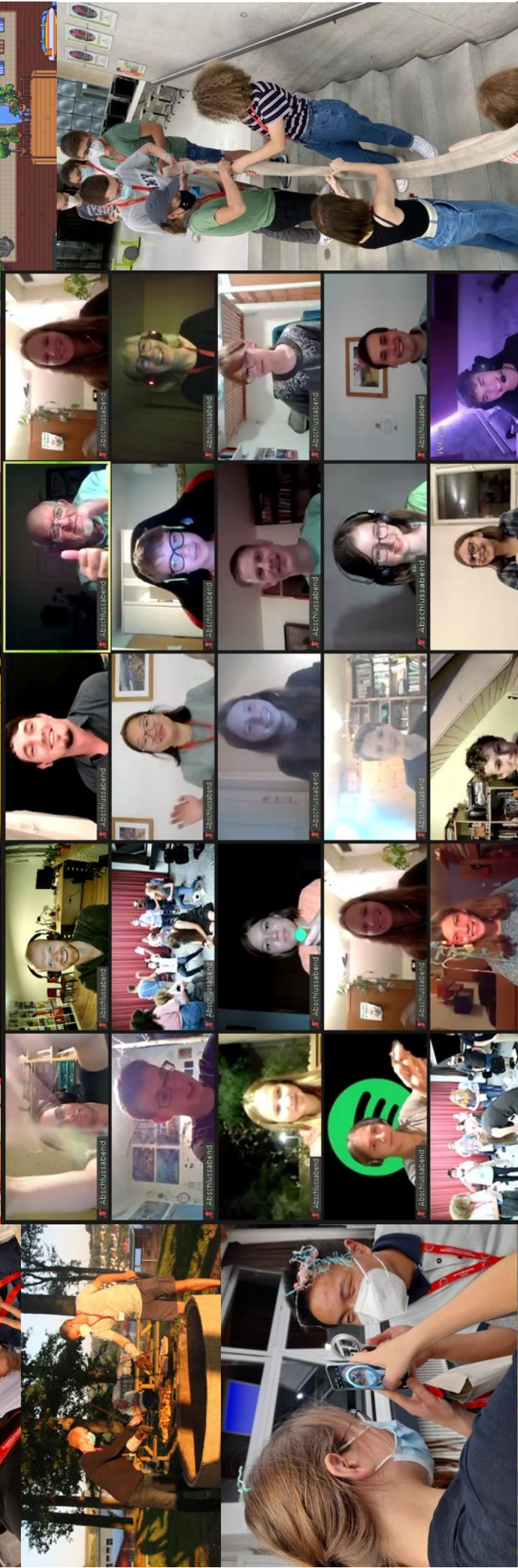
Eure/Ihre Akademieleitung

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 Kolumbus, der Zum-Frühsport-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.

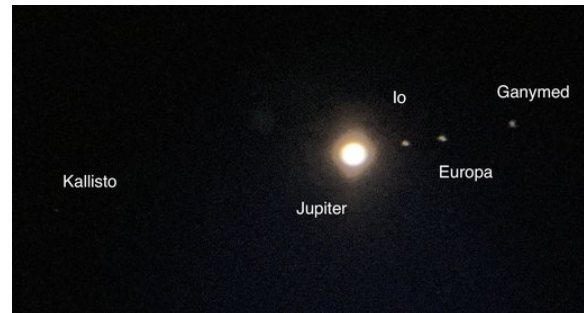
Bremsstrahlung unter den Füßen, Radiogalaxien im Wasserglas, Supernovae aus der Flasche, Kressezucht auf Kleinplaneten, Sternschnuppen bei Tageslicht, Abschalten des Akademie-WLANs oder Entziffern von außerirdischen Nachrichten und unleserlichen Tablet-Aufschriften. Ob jeder für sich zu Hause oder alle 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.



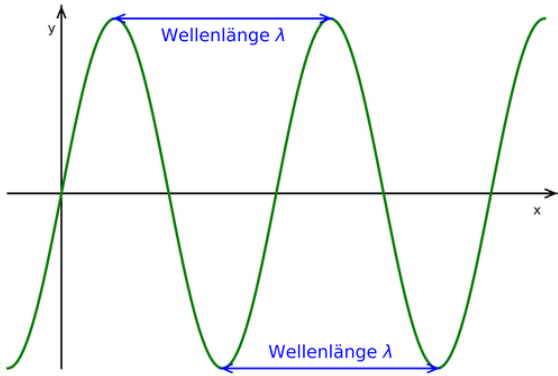
Jupiter mit seinen Monden durch ein Teleskop, mit dem Handy fotografiert

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

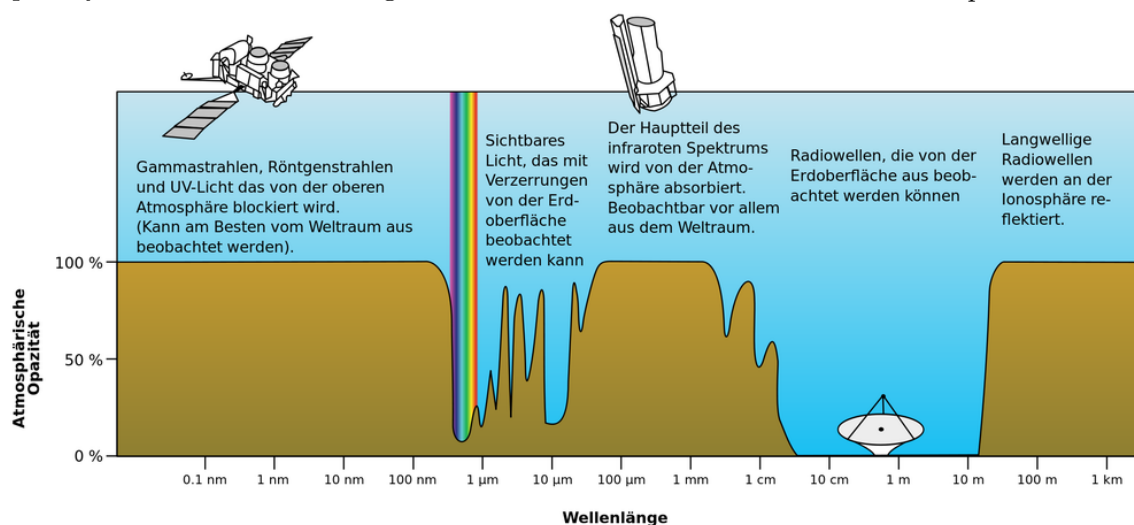
jeweils anderen berechnen, weil die Lichtgeschwindigkeit c im Vakuum eine Naturkonstante ist, sich also nicht verändert.

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.

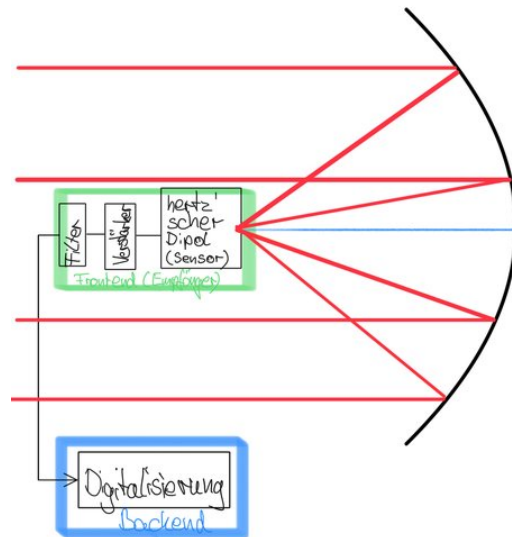
Senden Himmelskörper also Radiostrahlung aus, so können wir mithilfe von verschiedenen Instrumenten eine Reihe wertvoller Informationen über die jeweiligen Himmelskörper erhalten. Das ist, was Radioastronomie so spannend macht. Dort, wo unsere Augen nichts weiter als einen einfarbigen Himmel sehen können,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

Radioteleskope

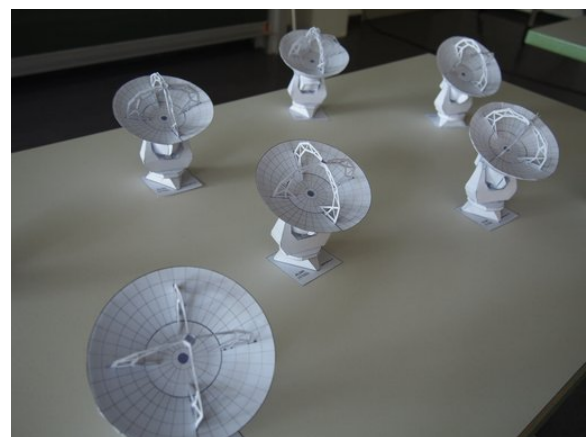
MARIA PANANI, NIKA HIEBER

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: Hertzscher 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

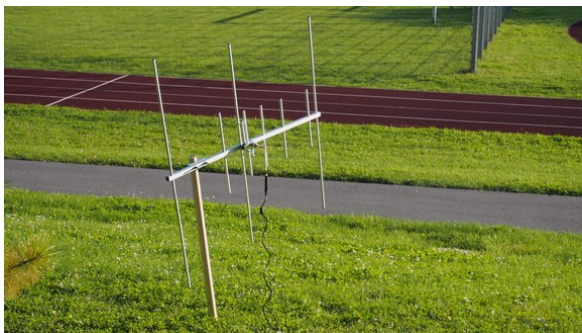
Allgemein gilt: Je größer ein Teleskop, desto größer die Auflösung. Der Spiegel eines Radio-

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.



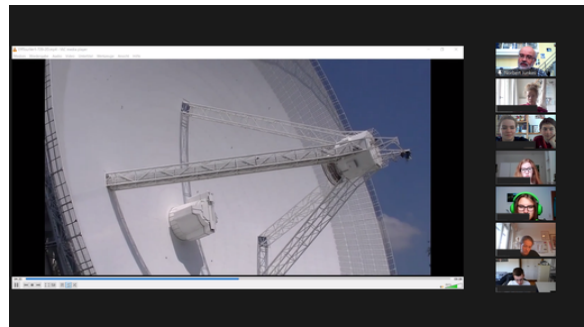
Selbst aufgebaute Yagi-Antenne

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

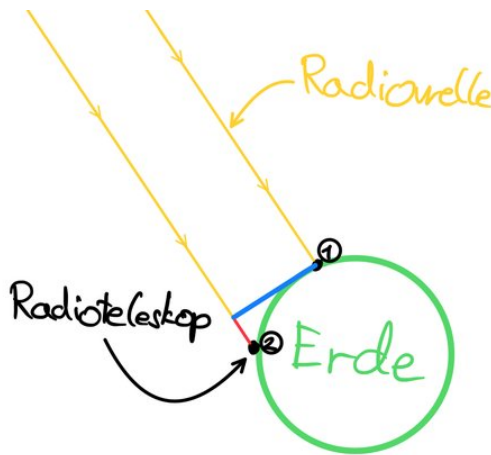
Wir hatten im Onlineteil unserer zwei Wochen der Akademie das Vergnügen, dass sich Norbert Junkes, der am Teleskop arbeitet, zu uns in die Videokonferenz geschaltet hat. Er erzählte uns sehr viel Interessantes über das Effelsberger Radioteleskop und zum Schluss hatten wir die Möglichkeit, Fragen zum 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 zusammenzuschalten, 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

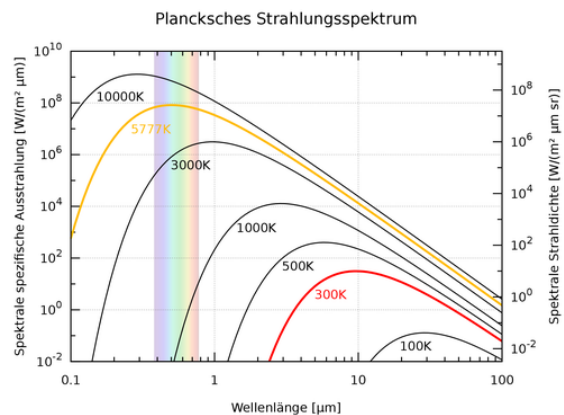
Wie das funktioniert, wird an der schematischen Abbildung deutlich. Die gelbe Radiowelle wird an den beiden schwarzen Punkten, den Radioteleskopen, aufgezeichnet. Hierbei gehören auf der Welle die Endpunkte der blauen Linie zu dem selben Zeitpunkt. Da diese nicht bei beiden Radioteleskopen gleichzeitig 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

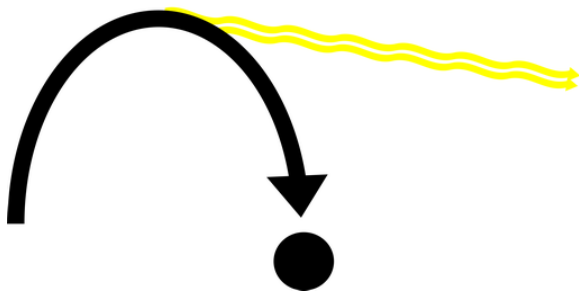


Strahlungsspektrum von Schwarzkörpern verschiedener Temperaturen. Abbildung: Wikimedia (Wikimedia-User Prog, CC BY-SA 4.0)

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.

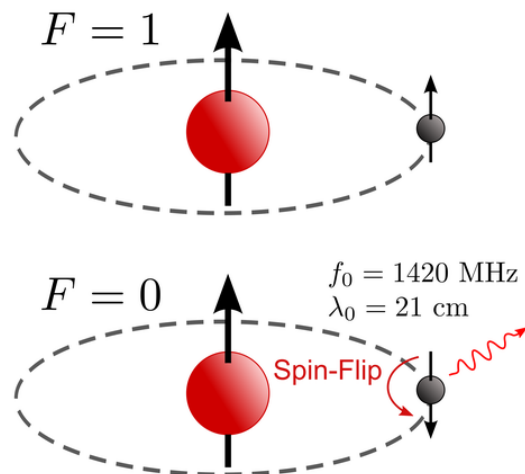
Wenn sich geladene Teilchen mit einer Geschwindigkeit nahe der Lichtgeschwindigkeit c durch Magnetfelder bewegen, werden diese abgelenkt. Dies ist eine Form der beschleunigten Bewegung. Dabei wird elektromagnetische Strahlung verschiedener Wellenlängen – abhängig von der Stärke des Magnetfeldes und der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

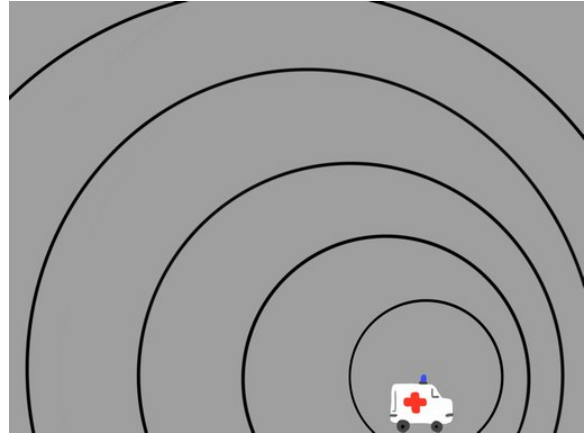
Doppler-Effekt

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

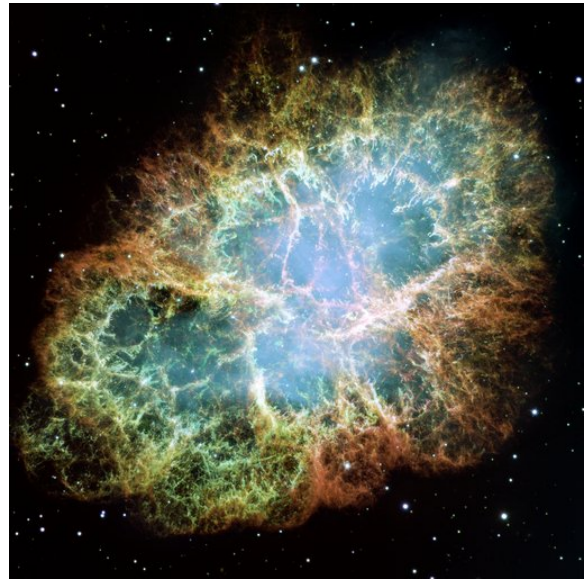
LUKAS HOESCHEN, PHILIPP KUNNER

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

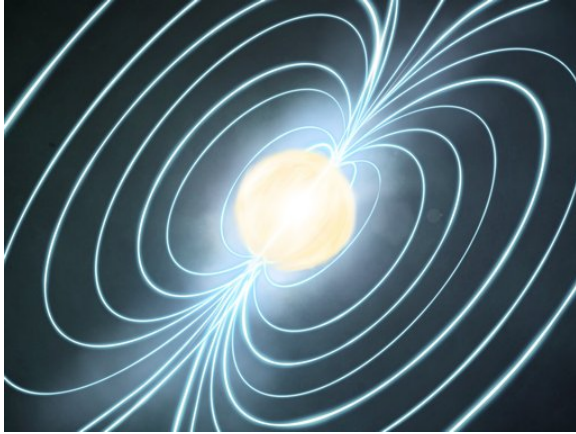
Sonnenmassen) können auch vollends zu einem Schwarzen Loch zusammenbrechen.



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)

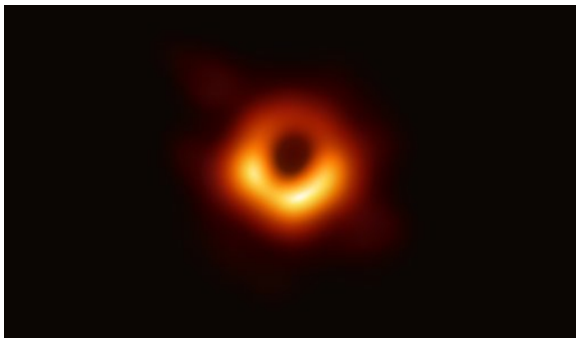
Der Krebsnebel hat noch zwei weitere Komponenten: einen Pulsarwindnebel und einen Neutronenstern. Neutronensterne haben sehr viele besondere Eigenschaften. Sie entstehen direkt bei der Supernova durch den katastrophalen Zusammenbruch des Kerns des Sterns. Ein Neutronenstern hat eine Masse von etwa eineinhalb 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.

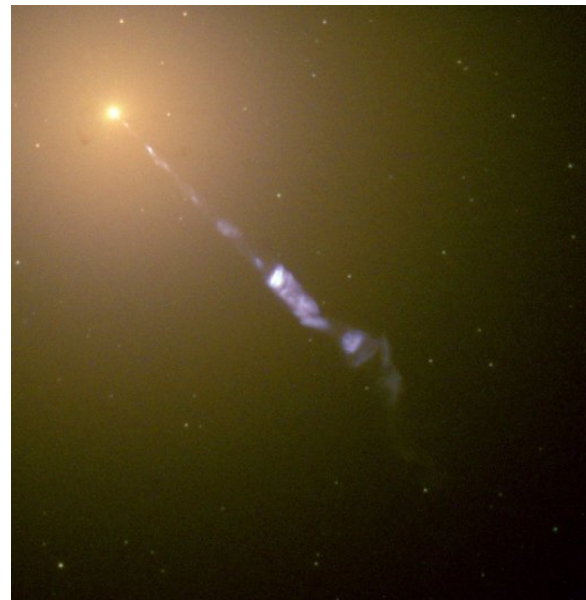
Viele Neutronensterne haben zudem ein sehr starkes Magnetfeld, viel stärker als das der Erde. Haben Sie schon einmal versucht, sich 30 mal pro Sekunde um Ihre eigene Achse zu drehen? Wir zwar auch nicht, aber das macht der Neutronenstern im Krebsnebel ... uns wird schon bei der Vorstellung schwindelig. 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.

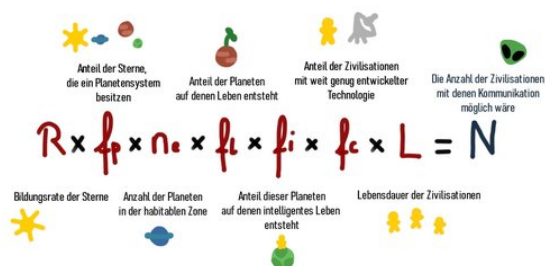
Das Bild vom Schatten des Schwarzen Loches ist ein Beispiel für Meilensteine, die die Radioastronomie erreicht hat. Zwar existierte mit Albert Einsteins Relativitätstheorie bereits eine genaue Beschreibung Schwarzer Löcher, einen so direkten Beweis lieferte aber erst das Event Horizon Telescope, das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

SETI

NIKA HIEBER, ALEXANDER KIENTLE,
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 interstellar 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.

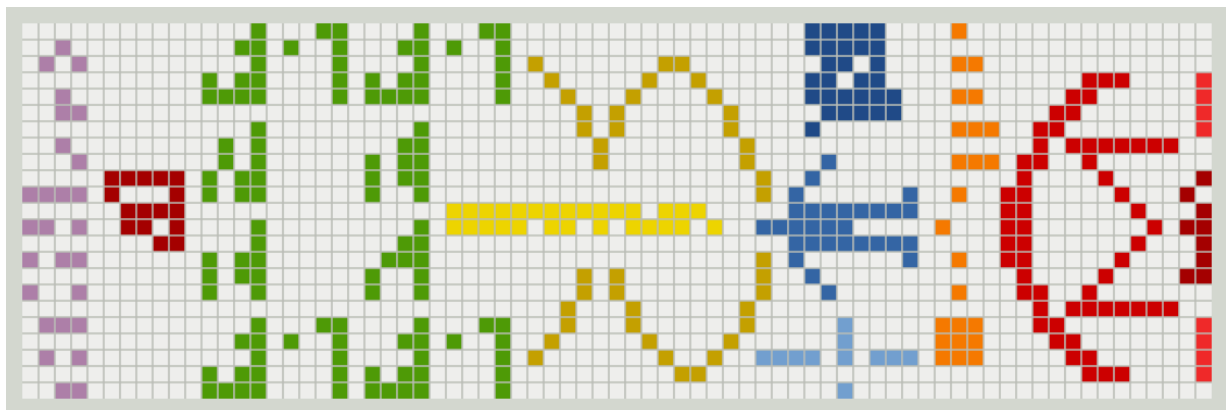
Arecibo-Signal

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.

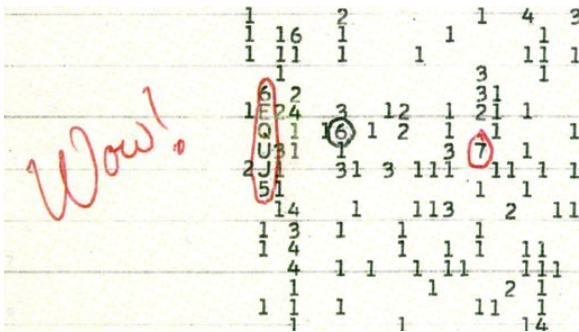
Als wir uns dieses Bild zum ersten Mal anschauten, brauchten wir einige Zeit, bis wir es wenigstens zum Teil entschlüsseln konnten. Deshalb machten wir uns darüber Gedanken, wie schwer es erst für andere Zivilisationen wäre, das Arecibo-Signal zu entschlüsseln, denn es gibt viele nicht selbsterklärende 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.



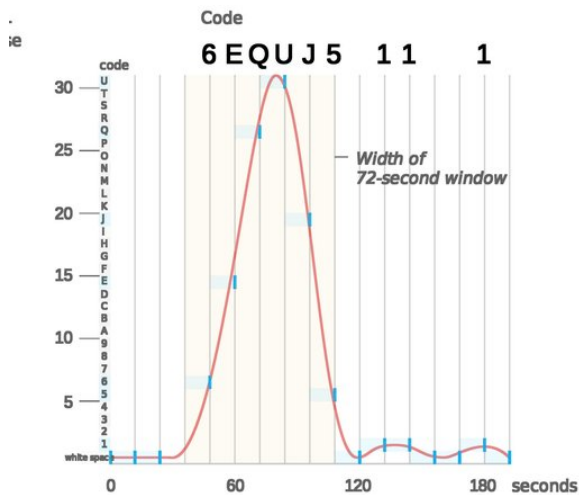
Arecibo-Botschaft farbig dargestellt.

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)

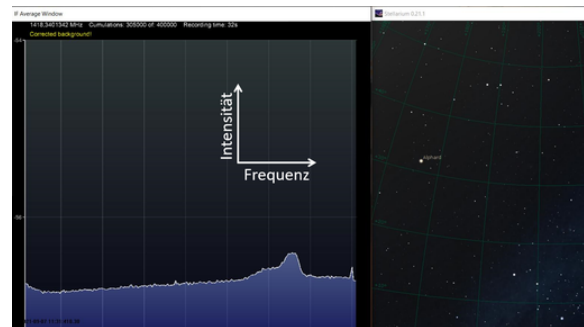
Die vielversprechendste mögliche außerirdische Botschaft ist das Wow!-Signal. Das schmalbandige Radiosignal wurde am 15.08.1977 von Jerry R. Ehman im Rahmen eines SETI-Projekts aufgezeichnet. Benannt wurde es nach dem Kommentar, den er auf dem Ausdruck der Messung daneben geschrieben hat. Als möglicher 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.

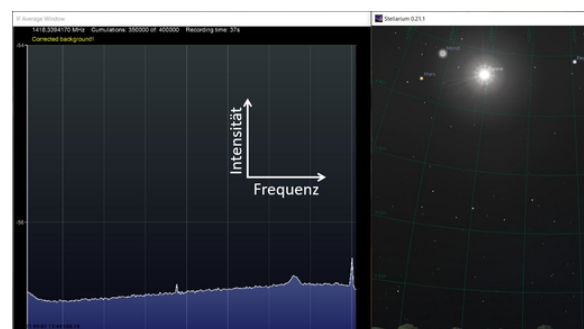
Ein außerirdisches Signal zu empfangen wäre natürlich der Jackpot gewesen, als Akademieziel vielleicht aber doch etwas hoch gesteckt. Deshalb haben wir uns stattdessen anderen Beobachtungen gewidmet.

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.

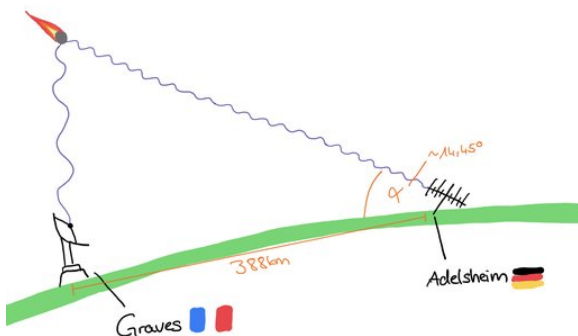
Diese eigenen Messungen für die 21 cm-Linie des Wasserstoffs führten wir in Adelsheim mit einem Radioparabolspiegelteleskop durch.

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.



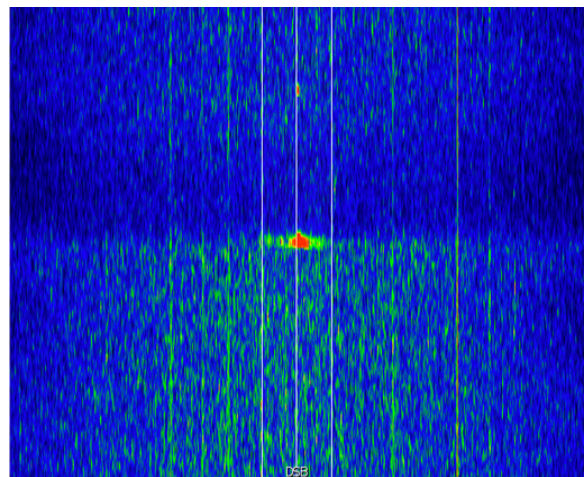
Veranschaulichung des Prinzips der Meteormessungen. Grafik: Philipp

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 soge-

nanntes 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.



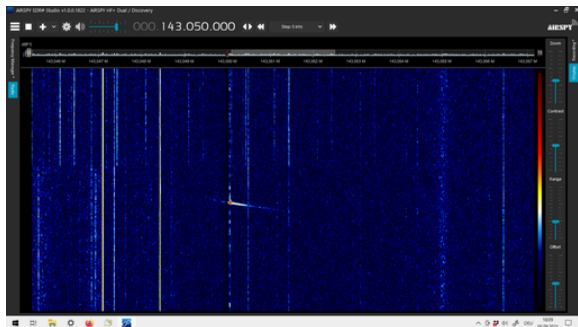
Hintergrund: unsere Yagi-Antenne; Vordergrund: laufende Messungen am Computer



x-Achse: Frequenz, y-Achse: Zeit (die neusten 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

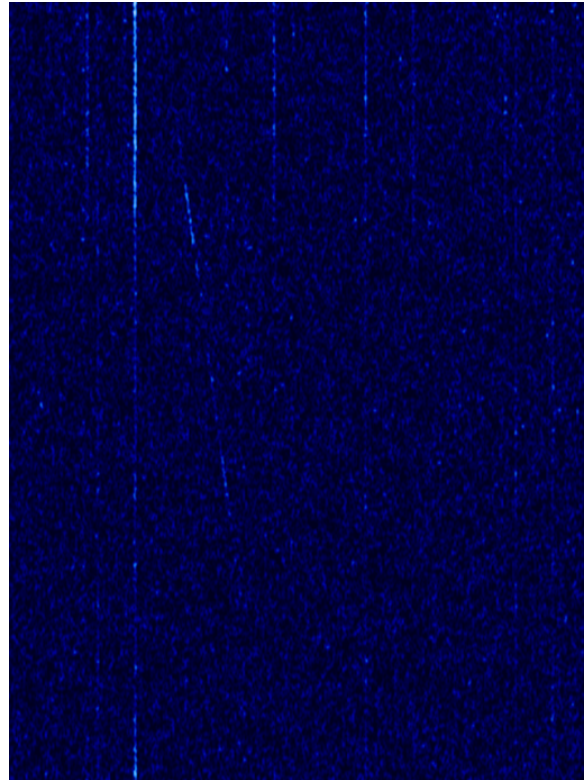
BENNO ESSRICH, MARVIN HE

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.

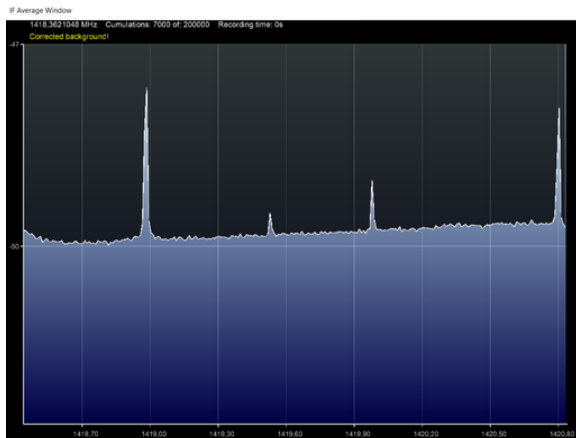


Störsignal eines Flugzeuges

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.



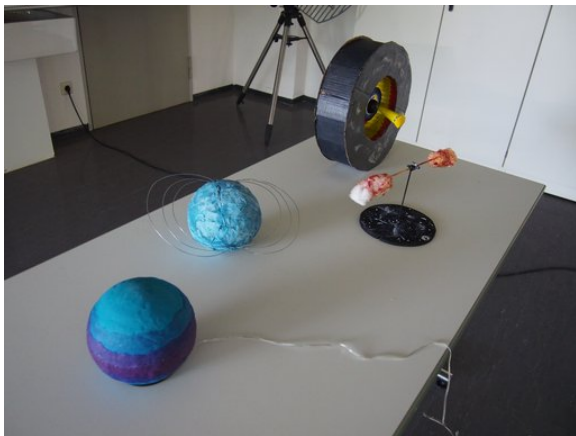
Gruppe 2 beim Präsentieren

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 können.

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 125 l 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



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_Bluetenstand_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 Bildern unter einer CC-SA-Lizenz werden hiermit unter derselben Lizenz weitergegeben.