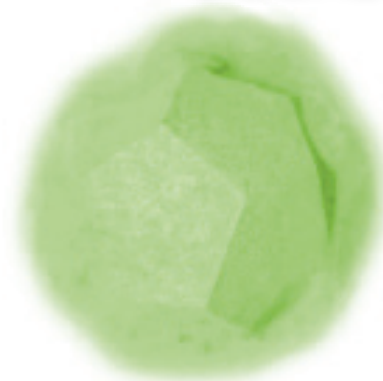


Hessische Schülerakademie 2022

OBERSTUFE



Dokumentation

21.8. – 2.9.2022

veranstaltet von
Goethe-Universität Frankfurt am Main

Hessische Lehrkräfteakademie

Hessische Heimvolkshochschule
BURG FÜRSTENECK

Schirmherr: Kultusminister Prof. Dr. Alexander Lorz

17. Hessische Schülerakademie Oberstufe

21. August – 2. September 2022

– Lehreraus- und Weiterbildung –

Dokumentation

Herausgegeben von
Cynthia Hog-Angeloni, Peter Gorzolla
und Gregor Angeloni

Eine Veröffentlichung der

Hessischen Heimvolkshochschule
BURG FÜRSTENECK
Akademie für berufliche und
musisch-kulturelle Weiterbildung

Am Schlossgarten 3
36132 Eiterfeld

Diese Dokumentation ist erhältlich unter:

<http://www.hsaka.de>

ISBN: 978-3-910097-41-4

DOI: 10.5281/zenodo.8107241



Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 4.0 International (CC BY-SA 4.0)

Dies ist eine allgemeinverständliche Zusammenfassung der Lizenz (die diese nicht ersetzt).

Sie dürfen:

Teilen — das Material in jedwedem Format oder Medium vervielfältigen und weiterverbreiten

Bearbeiten — das Material remixen, verändern und darauf aufbauen und zwar für beliebige Zwecke, sogar kommerziell.

Unter folgenden Bedingungen:



Namensnennung — Sie müssen angemessene Urheber- und Rechteangaben machen, einen Link zur Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden. Diese Angaben dürfen in jeder angemessenen Art und Weise gemacht werden, allerdings nicht so, dass der Eindruck entsteht, der Lizenzgeber unterstütze gerade Sie oder Ihre Nutzung besonders.



Weitergabe unter gleichen Bedingungen — Wenn Sie das Material remixen, verändern oder anderweitig direkt darauf aufbauen, dürfen Sie Ihre Beiträge nur unter derselben Lizenz wie das Original verbreiten.

Keine weiteren Einschränkungen — Sie dürfen keine zusätzlichen Klauseln oder technische Verfahren einsetzen, die anderen rechtlich irgendetwas untersagen, was die Lizenz erlaubt.

Hinweise:

Sie müssen sich nicht an diese Lizenz halten hinsichtlich solcher Teile des Materials, die gemeinfrei sind, oder soweit Ihre Nutzungshandlungen durch Ausnahmen und Schranken des Urheberrechts gedeckt sind.

Es werden keine Garantien gegeben und auch keine Gewähr geleistet. Die Lizenz verschafft Ihnen möglicherweise nicht alle Erlaubnisse, die Sie für die jeweilige Nutzung brauchen. Es können beispielsweise andere Rechte wie Persönlichkeits- und Datenschutzrechte zu beachten sein, die Ihre Nutzung des Materials entsprechend beschränken.

Der Abdruck einiger Grafiken erfolgt gemäß den von den Urhebern bestimmten Lizenzbedingungen. Die Rechte an diesen Grafiken werden durch die vorliegende Lizenz nicht berührt.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	3
2	Grußwort	4
3	Handreichung zum Lesen der Dokumentation	5
4	Mathematikkurs: Die Symmetrie der Dinge	6
4.1	Einführung in die Gruppentheorie I	6
4.2	Einführung in die Gruppentheorie II	8
4.3	Wand- und Friesmuster	12
4.4	Raumgruppen	15
4.5	Die Suche nach allgemeinen Lösungsformeln	19
5	Informatik – Apps im echten Leben	22
5.1	Motor und Gedächtnis — Backends und Datenbanken, Teil 1	22
5.2	Motor und Gedächtnis — Backends und Datenbanken, Teil 2	24
5.3	Meine Glühbirne hat ein Update — Internet of Things und Smart Devices	26
5.4	Von der Steintafel zum Cockpit — Frontend-Logik, SPAs und Vue, Teil 1	27
5.5	Von der Steintafel zum Cockpit — Frontend-Logik, SPAs und Vue, Teil 2	29
5.6	Wasserfälle und Sprints — Organisation von Softwareentwicklung	31
5.7	Just a Touch — Nahbereichskommunikation	32
5.8	Im Gespräch — Server-Client-Kommunikation	34
5.9	Von kleinen Lampen und kleineren Computern — Microcontroller	36
5.10	Leinwand und Pinsel — HTML und CSS	37
6	Physikkurs	39
6.1	Das Element Wasserstoff	40
6.2	Thermische Strahlung	41
6.3	Einführung in die Kernphysik	43
6.4	Gebundene Systeme und Zerfälle	45
6.5	Nukleosynthese und Fusion	46
6.6	Lebenszyklus und Klassifizierung von Sternen	48
6.7	Kompakte Sterne	49
6.8	Quellen der kosmischen Strahlung	50
6.9	Quark-Gluon Plasma	52
6.10	Plasma, der vierte Aggregatzustand	53
7	Geschichte – Was ist Kultur?	56
7.1	Zur Einführung	56
7.2	Zum Arbeitsprozess	58
7.3	Hochkultur	59
7.4	Leitkultur	61
7.5	Kulturelle Narrative	64
7.6	Kultur vs. Natur	65
7.7	Subkultur	67
8	Akademieplan	71
9	Teilnehmer:innen	74

1 Vorwort

Das Akademiejahr 2022 war ein Jahr der beinahe ungebrochenen *Freude* – endlich durften wir die Schülerakademie wieder im regulären Umfang und mit voller Besetzung durchführen! Die *Begeisterung* aller Beteiligten darüber war an jedem Tag auf Burg Fürsteneck deutlich spürbar. Und sicher hat es uns auch gutgetan, dabei zu realisieren, wie wenig Beachtung und *Dankbarkeit* wir in der Vergangenheit scheinbar selbstverständlichen Aspekten unseres Lebens entgegengebracht hatten: sei es unserer Freiheit, unserer Gesundheit u.v.m. Diese Erkenntnis wurde natürlich durch die besorgniserregenden politischen Entwicklungen des Frühjahrs noch verstärkt, sodass wir mit Fug und Recht behaupten können, dass *Wertschätzung* zu einem zentralen Thema dieser 17. Hessischen Schülerakademie für die Oberstufe geworden ist.

Der Hinweis auf den Ukraine-Krieg deutet schon an, dass in diesem Sommer auf Burg Fürsteneck nicht alles eitel Sonnenschein war. Wie auch die Mittelstufenakademie durften wir erfahren, dass die vergangenen Jahre unter allen Teilnehmenden – und hier insbesondere unter den uns anvertrauten Schüler*innen – ihre mentalen und seelischen Spuren hinterlassen hatten. Wenn wir das mit den vielen anderen Berichten aus Schule, Universität und Arbeitswelt zusammenbringen, müssen wir zum vorläufigen Schluss kommen, dass Corona hier nicht Ursache war, sondern lediglich als Auslöser und vor allem verstärkender Faktor für Probleme und problematische Strukturen gedient hat, die vorher schon vorhanden, aber eben nicht sichtbar waren.

Es ist klar, dass auf einer Sommerakademie für begabte junge Menschen das Thema *Leistung* eine zentrale Rolle spielt. Ein positives, selbstbestimmtes Leistungsverständnis, das Potentiale öffnet und Leistungsbereitschaft fördert, hat immer schon das Bildungskonzept der Schülerakademie ausgemacht. Auf das Ausüben von Leistungsdruck konnten wir mit gutem Gewissen verzichten – und hatten mit diesem in der Regel nur zu tun, wenn es um Peer Pressure oder von daheim mitgebrachte Leistungserwartungen ging. Und genau dieses „von daheim“ übersetzte sich im Post-Corona-Jahr 2022 ganz anders, als wir es zuvor gewohnt waren: Die Schüler*innen brachten *mehr Druck*, mehr Stress, mehr Ängste mit auf die Akademie. Und gerade weil wir darum bemüht sind, auf der Akademie *mehr Raum* zu geben, hat dies, wie wir vermuten, den mitgebrachten Druck oft erst an die Oberfläche gebracht.

Wir haben daraus unsere Schlüsse gezogen. Unser Experiment mit Einheiten selbstbestimmter *Projektzeit* geht im nächsten Jahr weiter und erhält nun eine weitere Dimension von Aufmerksamkeit. Auch wenn es unvermeidbar ist, dass die 12 Tage Oberstufenakademie immer „zu voll“ gepackt sind, werden wir uns um Rückzugsräume und Flexibilisierungsmöglichkeiten bemühen, die den unterschiedlichen Bedürfnissen aller Teilnehmenden besser gerecht werden können. Prozessbegleitung ab der Kursvorbereitung, Supervisionsangebote vor und während der Akademie und die Entwicklung eines neuen Schulungskonzepts für das Team runden diese Pläne ab.

Überhaupt ist „das Team“ ein Bereich, bei dem wir gut daran tun, uns in *Wertschätzung* des scheinbar Selbstverständlichen zu üben und uns daran zu erinnern, dass die absolute Mehrheit unseres studentischen Teams nicht für universitäre Credit Points arbeitet, sondern freiwillig, kostenlos und aus Überzeugung; dass alle unsere Kursleitungen sich entweder für sehr geringe Honorare oder gänzlich ehrenamtlich engagieren. In diesem Team wirken immer mehr ehemalige Teilnehmer*innen mit, sowohl als studentische Betreuer*innen wie inzwischen auch schon in den Kursleitungen. Das ist Nachwuchsarbeit, die uns sehr glücklich macht!

Ohne dieses Team wäre die Akademie nicht möglich. Daher wollen wir unserer *Freude* und *Wertschätzung* Ausdruck verleihen und all jenen, die die 17. Hessische Schülerakademie für die Oberstufe 2022 sowie diese Dokumentation mit ihrer *Begeisterung* und ihren *Leistungen* möglich gemacht haben, unsere tief empfundene *Dankbarkeit* aussprechen.

Frankfurt am Main und Bad Homburg, im April 2023
Peter Gorzolla, Cynthia Hog-Angeloni und Gregor Angeloni

2 Grußwort der Vorsitzenden des Kuratoriums



Nachdem die Hessischen Schülerakademien wegen der Corona-Pandemie zwei Jahre lang nur eingeschränkt oder gar nicht stattfinden konnten, war 2022 endlich wieder der volle Betrieb auf Burg Fürsteneck möglich. Auch wenn in der Zwischenzeit neue kreative Wege der (digitalen und hybriden) Durchführung entwickelt und gute Erfahrungen gemacht wurden, waren alle Beteiligten doch dankbar und froh, wieder ohne Beschränkungen (außer der regelmäßigen Tests) 10 Tage lang in den alten Gemäuern der Burg gemeinsam und auf Augenhöhe lernen und leben zu können. Nur das digitale Format des Gästenachmittags der Oberstufenakademie war noch ein Erbstück von Corona – ein sehr spannendes und ein sehr überzeugendes!

Aber neben der Begeisterung am Lernen, Forschen, an Kreativität, Konzentration und gemeinsamem Gestalten, am „Flow“, der in den Akademien so präsent ist, darf nicht vergessen werden, dass die Jugendlichen auch andere Erfahrungen mit auf die Burg bringen;

bleibende Erfahrungen aus der Corona-Pandemie, Existenzsorgen angesichts des sich verändernden Klimas und des Ukrainekriegs, aber auch demütigende und bittere Erfahrungen aus ihrem Alltag. In Einzelgesprächen, in kleineren und größeren Gesprächsgruppen dürfen und müssen die pädagogischen Teams darauf reagieren. Das ist nicht immer einfach und erfordert Empathie, Respekt und pädagogisches Können. Und es erfordert das immer wieder herzustellende Gleichgewicht von Nähe („auf Augenhöhe lernen“) und der professionellen Distanz, die sich der Wahrung von persönlichen Grenzen bewusst ist.

Ein wichtiges Ziel der Schülerakademien sind, neben der fachlichen Förderung von kognitiven und kulturellen Kompetenzen, auch Persönlichkeitsbildung und Empowerment. Wenn Schülerinnen und Schüler in verschiedener Hinsicht gestärkt aus den 10 oder 12 Tagen der Akademien in ihren Alltag zurückkehren, hat sich der vielfältige Einsatz der (Kurs-)Leitungen, aber auch aller Menschen, die mit ihren Erfahrungen und Ideen den Prozess der Akademien begleiten, gelohnt.

Diese Dokumentation, die Sie in Ihren Händen halten, zeigt – mehr oder weniger versteckt –, dass die Hessischen Schülerakademien die Jugendlichen in einem ganzheitlichen Sinn fördern, deutlich wird das sehr schön in den Worten eines 14-jährigen Schülers, der am Ende eines Kurses über Apokalypsen in der Geschichte der Menschheit schrieb: „Es kann vorteilhaft sein, sich bewusst zu machen, dass der Einfluss einer Entscheidung nicht vorhersehbar ist. Dennoch können wir versuchen, gute Entscheidungen zu treffen. Somit müssen wir uns gar nicht abstrakte Weltbilder ausdenken. Wir entscheiden mit unserem Verhalten über unser Leben morgen. Auch wenn jeder nur einen kleinen Teil bewirkt, haben alle Menschen gemeinsam einen gigantischen Einfluss auf das Morgen.“

Ich möchte an dieser Stelle einen großen Dank all denjenigen aussprechen, die die Schülerakademien mit Ideen und Visionen guten Lernens, mit Arbeit auf verschiedenen Ebenen und mit Begeisterung für unser Konzept begleiten, die (Kurs-)Leiter und Leiterinnen, das Team der Burg Fürsteneck, unsere Förderer wie das Hessische Kultusministerium, die Hessische Lehrkräfteakademie, die Universität Frankfurt und das Beilstein-Institut zur Förderung der chemischen Wissenschaften, aber auch die Mitglieder des Kuratoriums der Schülerakademien. Sie alle machen die Hessischen Schülerakademien erst möglich!

Dr. Claudia Wulff
Vorsitzende des Kuratoriums der Hessischen Schülerakademien

3 Handreichung zum Lesen der Dokumentation

Liebe Leser*innen,

unter dem Begriff der „Dokumentation“ können zugegebenermaßen sehr unterschiedliche Inhalte und Formate gefasst werden. Wir erlauben uns daher, Ihnen mit ein paar erklärenden Worten eine Handreichung zum Lesen dieser Dokumentation darzubieten.

Die *gedruckte* Dokumentation beinhaltet neben einigen rahmenden Bestandteilen im Wesentlichen Texte zur Arbeit in den Fachkursen. (Berichte aus den musisch-kulturellen Kursen, Bilder und vieles mehr finden Sie unter www.hsaka.de in der *Online-Fassung* der Dokumentation.)

Die Teilnehmer*innen an der Oberstufenakademie wählen in ihren Fachkursen bereits im Vorfeld aus einem auf Grundlage des Sitzungskonzepts entwickelten Angebot individuelle Themen aus, die sie gemeinsam mit ihren studentischen Betreuer*innen für die Sitzungen im Sommer auf- und vorbereiten. Im Anschluss an die Sitzungen entstehen – wieder gemeinsam mit den Betreuer*innen – die Dokumentationsbeiträge. Folglich stellen diese keine Protokolle oder gar didaktische Anleitungen dar, sondern sind als Produkte einer länger währenden inhaltlichen Auseinandersetzung der Schüler*innen mit „ihrem“ Thema zu lesen. Über die eigene Vorbereitung hinaus berücksichtigen sie die Ergebnisse der Diskussionen auf der Schülerakademie, können aber genauso gut auch in der Vorbereitung erarbeitete Aspekte thematisieren, die in der Sitzung nicht oder nicht vertieft behandelt werden konnten.

Form und Format der Dokumentationsbeiträge können sich von Kurs zu Kurs unterscheiden, weil sie von Fachkultur und gewähltem Kurskonzept abhängig sind. In der Folge lesen sich die Texte auch durchaus unterschiedlich: manche etwa wie wissenschaftliche Handbuch-Einträge, andere vielleicht eher wie fachliche Reflexionen über Bedeutung und Umfang des Themas. Innerhalb eines Kurses jedoch sind Form und Stil weitestgehend vereinheitlicht, und das nicht nur, um einem gemeinsamen Kurskonzept Rechnung zu tragen: Das Schreiben im jeweils gültigen Format stellt eine der Herausforderungen dar, mit denen sich die Teilnehmer*innen auf der Akademie konfrontiert sehen – und deren Bewältigung ist eine Gemeinschaftsaufgabe des ganzen Kurses. Ob die Texte in Einzelbetreuung, in Feedbackgruppen oder gar in kleinen Schreibwerkstätten produziert werden, sie durchlaufen in jedem Fall einen mehrstufigen Erarbeitungsprozess, der von den Schüler*innen über die studentischen Betreuer*innen bis zu den Kursleiter*innen führt. Dabei haben letztere Gruppen wiederum eigene Entwicklungsaufgaben zu erfüllen: Die Betreuer*innen unterstützen nicht nur den Schreibprozess ihrer Schüler*innen direkt und vor Ort, sie müssen diese Individualleistungen dann auch inhaltlich und stilistisch in das von den Kursleiter*innen gestaltete und verantwortete Gesamtkonzept der jeweiligen „Kursdokumentation“ einpassen.

Das Ergebnis dieser Gemeinschaftsleistung dokumentiert also sowohl individuelles wie gemeinschaftliches Arbeiten. Die Prozessorientierung steckt aber in der Entstehung der Texte, nicht in ihrer Darstellung: Diese ist auf die Themen selbst fokussiert und soll damit durchaus auch Möglichkeiten eröffnen, inhaltliche Impulse in einen didaktischen Raum (wie z.B. Schule oder universitäre Lehrerbildung) zu geben.

Peter Gorzolla & Cynthia Hog-Angeloni

4 Mathematikurs: Die Symmetrie der Dinge

Symmetrien und symmetrische Muster begegnen uns überall im Leben, in Kunst, Architektur, aber auch der Natur. Wir empfinden symmetrische Verhältnisse als besonders harmonisch und schön. Mathematisch gesehen ist Symmetrie eine Art Invarianz: eine Eigenschaft eines Objekts, die unter gewissen Operationen oder Transformationen erhalten bleibt.

Während Zahlen Größe messen, werden Symmetrien durch Gruppen beschrieben. Die Permutationen einer endlichen Menge zusammen mit der Hintereinanderausführung liefern ein wichtiges Beispiel einer Gruppe. Wir haben sogar zeigen können, dass sich jede endliche Gruppe als Untergruppe einer solcher Permutationsgruppe auffassen lässt. Vor allem haben wir aber gelernt, wie genau sich Symmetrien durch Gruppen beschreiben lassen. Die Anwendungen der Gruppentheorie gehen dabei weit über die Geometrie hinaus: So finden wir sie zum Beispiel bei der Frage danach, ob es für Polynome n -ten Grades eine Lösungsformel gibt.

Wir haben uns aber auch den Symmetrien in Natur, Kunst und dem menschlichen Miteinander zugewandt und blickten dabei (frei von Esoterik) in Kristalle, klassifizierten Tapetenmuster und modellierten Interaktion als (symmetrisches) Spiel.

Kursleitung

Dr. Cynthia Hog-Angeloni, Mathematikerin an der Gutenberg-Universität Mainz und der Goethe-Universität Frankfurt am Main

Theresa Kumpitsch, Doktorandin der Mathematik an der Goethe-Universität Frankfurt am Main

Dr. Maxim Gerspach, Postdoktorand der Mathematik an der KTH Stockholm

4.1 Einführung in die Gruppentheorie I

oder auch: *Die Symmetrie diskreter Strukturen*

*Schüler*innen: Lucia Klöckner und Yannick Müller*

Betreuer: Julian Grob

Gruppen

Eine Menge G bildet zusammen mit einer inneren Verknüpfung \circ eine *Gruppe* (G, \circ) , falls die folgenden Bedingungen (Gruppenaxiome) gelten:

- (i) Assoziativität: Für alle $a, b, c \in G$ gilt: $a \circ (b \circ c) = (a \circ b) \circ c$.
- (ii) Neutrales Element: Es existiert ein Element $e \in G$, sodass für alle $a \in G$ gilt $e \circ a = a \circ e = a$.
- (iii) Inverse Elemente: Für alle $a \in G$ existiert ein Element $a^{-1} \in G$, sodass $a \circ a^{-1} = a^{-1} \circ a = e$.

Gilt zusätzlich

- (iv) Kommutativität: Für alle $a, b \in G$ ist $a \circ b = b \circ a$,

so heißt die Gruppe *abelsch*.

Die ganzen Zahlen \mathbb{Z} mit der Addition sind ein Beispiel für eine abelsche Gruppe, $(\mathbb{Z}, +)$. Dies ist leicht einzusehen: Die Summe von ganzen Zahlen ist eine ganze Zahl, Addition ist bekanntlich assoziativ, das neutrale Element ist 0, das Inverse zu $a \in \mathbb{Z}$ ist $-a$.

Sei (G, \circ) eine Gruppe und sei k eine ganze Zahl. Für die k -fache Verknüpfung eines Gruppenelements a mit sich selbst wird die folgende Notation verwendet:

$$a^k := \underbrace{a \circ a \circ \dots \circ a}_{k\text{-fach}}$$

Die *Ordnung* $|G|$ einer Gruppe G ist definiert als die Mächtigkeit der zugrundeliegenden Menge. Sei $g \in G$. Die kleinste natürliche Zahl $n \in \mathbb{N} \cup \{\infty\}$ für das $g^n = e$ gilt, bezeichnen wir als *Ordnung des Gruppenelements* g und notieren dies als $n = \text{ord}(g)$.

Untergruppen

Eine *Untergruppe* ist eine nichtleere Teilmenge H einer Gruppe G , die unter der Operation von G selbst eine Gruppe bildet.

Eine Untergruppe der Gruppe $(\mathbb{Z}, +)$ ist gegeben durch die Menge der geraden ganzen Zahlen $2\mathbb{Z}$, welche offenbar die Null enthält und unter Addition abgeschlossen ist.

Um zu testen, ob eine Teilmenge H einer Gruppe (G, \circ) eine Untergruppe bezüglich der gleichen Verknüpfung \circ ist, reicht es zu prüfen, ob $e \in H$, ob für alle $a, b \in H$ gilt $a \circ b \in H$ und ob für alle $a \in H$ gilt $a^{-1} \in H$.

Die von einem Element $a \in G$ erzeugte Untergruppe ist definiert als

$$\langle a \rangle := \{a^k : k \in \mathbb{Z}\}.$$

Eine Gruppe heißt *zyklisch*, wenn sie von nur einem Element erzeugt wird. Ein solches Element heißt *Erzeuger* der zyklischen Gruppe. Ein Beispiel stellt die Drehgruppe C_3 eines gleichseitigen Dreiecks dar, welche die Identität id (also die Drehung um 0°), sowie die Drehungen d um 120° und die Drehung d^2 um 240° enthält.

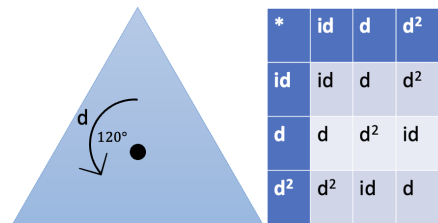


Abb. 1. Drehsymmetrie des gleichseitigen Dreiecks und die zugehörige Verknüpfungstabelle.

Abbildungen und Permutationen

Seien A, B Mengen. Eine Abbildung $f: A \rightarrow B$ heißt *injektiv*, wenn jedes Element der Zielmenge B maximal ein Urbild hat. Eine Abbildung $f: A \rightarrow B$ heißt *surjektiv*, wenn jedes Element der Zielmenge B mindestens ein Urbild hat. Eine Abbildung $f: A \rightarrow B$ heißt *bijektiv*, wenn f surjektiv und injektiv ist. Eine *Permutation* ist eine bijektive Abbildung einer endlichen Menge A auf sich selbst. Permutationen können also als Umordnungen endlicher Mengen aufgefasst werden. Für $A = \{1, 2, 3, 4, 5\}$ können wir eine Permutation von A darstellen als

$$\sigma = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 3 & 1 & 2 & 5 & 4 \end{bmatrix}$$

Die Matrixschreibweise gibt die Funktionsvorschrift von σ wieder. Es gilt demnach beispielsweise $\sigma(1) = 3$. Offenbar ist σ bijektiv. Mit der Komposition (Hintereinanderausführung) von Abbildungen bilden die Permutationen einer endlichen Menge A eine Gruppe, welche wir als *Permutationsgruppe* S_A von A bezeichnen. Ist $A = \{1, \dots, n\}$, so sprechen wir von der *symmetrischen Gruppe* und notieren diese als S_n .

Homomorphismen und Isomorphismen

Seien $(G, *)$, (H, \circ) Gruppen. Eine Abbildung $\varphi : G \rightarrow H$ heißt *Gruppenhomomorphismus*, falls für alle $a, b \in G$ gilt

$$\varphi(a * b) = \varphi(a) \circ \varphi(b).$$

Ein *Isomorphismus* ist ein bijektiver Gruppenhomomorphismus. Zwei Gruppen G und H heißen *isomorph* (in Zeichen $G \cong H$), wenn ein Isomorphismus zwischen ihnen existiert.

Satz von Cayley

Satz 1 (Satz von Cayley). *Jede endliche Gruppe ist isomorph zu einer Untergruppe einer symmetrischen Gruppe.*

Beweis. Sei (G, \circ) eine Gruppe. Zu jedem Gruppenelement $a \in G$ sei die Abbildung $\tau_a : G \rightarrow G$ (Links-multiplikation) definiert durch $x \mapsto \tau_a(x) := a \circ x$. Wir zeigen, dass die Zuordnung $T : a \mapsto \tau_a$ einen injektiven Gruppenhomomorphismus von G in die Permutationsgruppe S_G der zugrundeliegenden Menge G darstellt.

Für diese Abbildung gilt:

1. Für alle $a, b \in G$ gilt $\tau_a \circ \tau_b = \tau_{a \circ b}$. Dies folgt aus der Assoziativität der Gruppenverknüpfung von G .
2. Für das neutrale Element $e \in G$ gilt $\tau_e = \text{id}_G$.
3. Für alle $a \in G$ ist $\tau_a \circ \tau_{a^{-1}} = \tau_{a \circ a^{-1}} = \text{id}_G = \tau_{a^{-1} \circ a} = \tau_{a^{-1}} \circ \tau_a$. Damit ist $\tau_{a^{-1}}$ die Umkehrabbildung von τ_a .

Diese Abbildung ist injektiv, da aus $\tau_a = \tau_b$ folgt $a = a \circ e = b \circ e = b$. Damit stellt T einen Gruppenisomorphismus zwischen G und dem Bild von T in S_G dar. Ferner ist die Gruppe S_G isomorph zur Gruppe $S_{|G|}$ durch Identifikation der Elemente von G mit $\{1, \dots, |G|\}$, und die Behauptung folgt. \square

Literaturverzeichnis

[Gal17] J. Gallian, *Contemporary abstract algebra*, Cengage Learning, 2017.

4.2 Einführung in die Gruppentheorie II

oder auch: *Die Symmetrie in der Matrix*

Schüler*innen: Lea Baron und Ole Toussaint
 Betreuer: Bastian Hohm

Rubik's Cube Group: Die Symmetrie des Zauberwürfels

Der Rubik's Cube ist ein Würfel, der aus drei Arten von Cubies besteht: Acht Eckensteine mit jeweils drei Farben, zwölf Kantensteine mit jeweils zwei Farben und sechs Zentrumssteine mit jeweils einer Farbe. Am Würfel kann man sechs Basisdrehungen mit den jeweils entgegengesetzten Drehungen durchführen. Beschreiben kann man diese durch Up und Down, gekennzeichnet mit U und D , Back und Front, gekennzeichnet mit B und F und Right und Left, gekennzeichnet mit R und L .

Zur mathematischen Beschreibung nummerieren wir die Cubies außer den Zentrumssteinen, da diese nicht bewegt werden, mit den Zahlen $1, \dots, 8$ bzw. $1, \dots, 12$. Die Stellungen des Würfels lassen sich somit als Permutationen der Mengen $E = \{1, 2, \dots, 8\}$ sowie $K = \{1, 2, \dots, 12\}$ auffassen, also Elemente des Produkts symmetrischer Gruppen $S_8 \times S_{12}$. Entsprechend können wir unsere 6 Basisdrehungen U, D, B, F, R und L als Elemente von $S_8 \times S_{12}$ auffassen. Wir bezeichnen die davon erzeugte Untergruppe $G := \langle U, D, B, F, R, L \rangle$ als *Rubik's Cube Group*. Offenbar entspricht das neutrale Element in der Gruppe dem "Nicht-Durchführen" von Umformungen am Würfel und das Inverse eines Elements korrespondiert zu dem Rückgängigmachen der entsprechenden Umordnung. Wir bemerken, dass diese Untergruppe $G \subseteq S_8 \times S_{12}$ nicht kommutativ ist, da beispielsweise $L \circ U \neq U \circ L$.

Die Ordnung der Gruppe entspricht der Anzahl der möglichen paarweise verschiedenen Konfigurationen, hier konkret ca. 43,3 Trillionen:

$$|G| = \frac{8! \cdot 3^8 \cdot 12! \cdot 2^{12}}{2 \cdot 2 \cdot 3} = 43.252.003.274.489.856.000 \approx 4,33 \cdot 10^{19}.$$

Der Term setzt sich grob wie folgt zusammen: Es gibt $8!$ Möglichkeiten, die Eckwürfel anzuordnen. Es gibt jeweils drei Orientierungen, die die Ecken einnehmen können, was dem Faktor 3^8 im Zähler entspricht. Zudem existieren zwölf Positionen, an denen sich die Kantenwürfel befinden können, was dem Faktor $12!$ im Zähler entspricht. Jede Kante kann zwei Orientierungen annehmen, was den Faktor 2^{12} erklärt. Zuletzt lassen sich 3 Invarianten in den Orientierungen der Ecken und Kanten identifizieren, was die Anzahl der Anordnungen letzten Endes nochmal um einen Faktor 12 reduziert.

Einführung in das Rechnen mit Matrizen

Eine Matrix ist eine rechteckige Anordnung beliebiger Abmessung von Elementen (hier: reellen Zahlen) bestehend aus m Zeilen und n Spalten. Wir schreiben eine Matrix A als

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \in \mathbb{R}^{m \times n}.$$

Man schreibt manchmal auch $A = (a_{ij})$. Dabei meint a_{ij} den Eintrag in der i -ten Zeile und der j -ten Spalte.

Man verwendet sie zur Darstellung linearer Abbildungen, zur Beschreibung und Lösung linearer Gleichungssysteme und kann sie bei Anwendung des Gauß-Algorithmus zur Lösung linearer Gleichungssysteme in Matrix-Schreibweise nutzen. Matrizen kann man jeweils komponentenweise addieren, subtrahieren und mit Skalaren multiplizieren. Die Matrixmultiplikation ist nur dann definiert, wenn die Spaltenzahl der ersten Matrix mit der Zeilenzahl der zweiten Matrix übereinstimmt. Unter anderem ist dies ein Beispiel dafür, dass die Matrixmultiplikation im Allgemeinen nicht kommutativ ist: $A \cdot B \neq B \cdot A$.

Mit E_n bezeichnen wir die $n \times n$ -Matrix, welche nur Einsen auf der Diagonalen und sonst nur Nullen enthält. Wir bezeichnen E_n als *Einheitsmatrix*. Wir nennen eine $n \times n$ -Matrix *invertierbar*, wenn eine Matrix A^{-1} existiert, sodass

$$A \cdot A^{-1} = A^{-1} \cdot A = E_n.$$

Wir nennen A^{-1} die *inverse Matrix* von A . Wir bemerken, dass ein solches Inverses nicht immer existiert.

Die Determinante ordnet jeder quadratischen Matrix $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$ eine Zahl $a \in \mathbb{R}$ zu, die geometrisch dem orientierten Volumen des durch die Spaltenvektoren aufgespannten Parallelepipeds entspricht. Wir geben hier keine allgemeine Formel, sondern erklären, wie man Determinante und Inverse einer (invertierbaren) Matrix A für $n = 1, 2$ und 3 bestimmt.

Eine 1×1 -Matrix entspricht einfach einer reellen Zahl a . Die Determinante ist dann die Zahl selbst. Ist $a \neq 0$, so existiert ein multiplikatives Inverses, nämlich $a^{-1} = \frac{1}{a}$.

Sei nun

$$A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$$

eine 2×2 -Matrix. Die Determinante ist in diesem Fall gegeben durch die Formel

$$\det A = ad - bc.$$

Ist $\det A \neq 0$, so berechnet sich das Inverse von A als

$$A^{-1} = \frac{1}{\det A} \begin{pmatrix} d & -b \\ -c & a \end{pmatrix}.$$

Sei nun

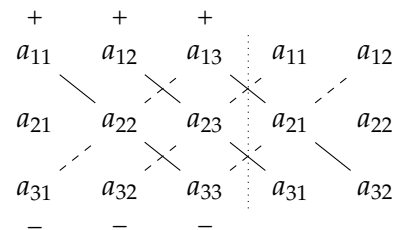
$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} \end{pmatrix}$$

eine 3×3 -Matrix.

Dann ist die Determinante von A gegeben durch die Formel

$$\det A = a_{11}a_{22}a_{33} + a_{12}a_{23}a_{31} + a_{13}a_{21}a_{32} - a_{31}a_{22}a_{13} - a_{32}a_{23}a_{11} - a_{33}a_{21}a_{12},$$

welche auch als *Regel von Sarrus* bekannt ist. Diese Formel muss man nicht auswendig lernen, man kann sie sich wie rechts abgebildet merken. Die Produkte der „Hauptdiagonalen“ gehen positiv, die der „inversen Diagonalen“ negativ in die Summe ein.



Wenn $\det A \neq 0$, berechnet sich die inverse Matrix als

$$A^{-1} = \frac{1}{\det A} \cdot \begin{pmatrix} a_{22}a_{33} - a_{32}a_{23} & -a_{21}a_{33} + a_{23}a_{31} & a_{21}a_{32} - a_{31}a_{22} \\ -a_{12}a_{33} + a_{13}a_{32} & a_{11}a_{33} - a_{13}a_{31} & -a_{11}a_{32} + a_{12}a_{31} \\ a_{12}a_{23} - a_{13}a_{22} & -a_{11}a_{23} + a_{13}a_{21} & a_{11}a_{22} - a_{12}a_{21} \end{pmatrix}.$$

Insbesondere gilt ganz allgemein, dass eine quadratische Matrix genau dann invertierbar ist, wenn $\det A \neq 0$.

Als Nächstes definieren wir die *Transponierte* A^T einer $m \times n$ -Matrix $A = (a_{ij})$ als die $n \times m$ -Matrix

$$A^T = (a_{ji}) = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{m1} \\ \vdots & & \vdots \\ a_{1n} & \dots & a_{mn} \end{pmatrix}.$$

Also anders gesagt: Wir tauschen Zeilen und Spalten von A . Ist $n = m$, so entspricht dies einfach der Spiegelung an der Hauptdiagonalen der Matrix. Ist zum Beispiel

$$A = \begin{pmatrix} 9 & 8 & 7 \\ 6 & 5 & 4 \\ 3 & 2 & 1 \end{pmatrix}, \quad \text{dann ist} \quad A^T = \begin{pmatrix} 9 & 6 & 3 \\ 8 & 5 & 2 \\ 7 & 4 & 1 \end{pmatrix}.$$

Wir nennen eine $n \times n$ -Matrix *orthogonal*, wenn ihr Produkt mit der transponierten Matrix A^T die Einheitsmatrix ergibt, d.h. gilt $A^T = A^{-1}$. Daraus lässt sich insbesondere folgern, dass in diesem Fall gilt $\det A = \pm 1$.

Allgemeine Lineare Gruppe und Orthogonale Gruppe

Eine Abbildung

$$f: \mathbb{R}^m \rightarrow \mathbb{R}^n$$

heißt *lineare Abbildung*, wenn für alle $v, w \in \mathbb{R}^m$ und $a, b \in \mathbb{R}$ gilt $f(av + bw) = af(v) + bf(w)$. Das bedeutet nichts anderes, als dass f als Linksmultiplikation einer festen Matrix $m \times n$ -Matrix A dargestellt werden kann, d.h. $f(x)$ hat für $x = (x_1, \dots, x_m)^T$ die Form

$$f(x) = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & a_{mn} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{pmatrix}.$$

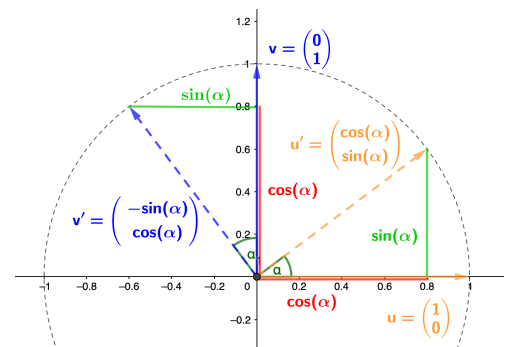
Führen wir nun zwei lineare Abbildungen (mit gleichem Werte- bzw. Definitionsbereich) hintereinander aus, so wird die Komposition einfach durch das Produkt der darstellenden Matrizen beschrieben.

Die Menge aller invertierbaren reellwertigen $n \times n$ -Matrizen zusammen mit der Matrixmultiplikation bildet eine Gruppe, die wir als *allgemeine lineare Gruppe* $GL_n(\mathbb{R})$ bezeichnen. Wir können zeigen, dass die Teilmenge der orthogonalen Matrizen eine Untergruppe dieser Gruppe bilden. Wir bezeichnen diese mit $O(n)$ und nennen sie *orthogonale Gruppe*.

Spiegelungen und Drehungen im Raum können durch orthogonale Matrizen beschrieben werden. Die Teilmenge von Matrizen in $O(n)$, die Drehungen beschreiben, zeichnet sich dadurch aus, dass ihre Determinanten $+1$ sind. Alle orthogonalen Matrizen mit positiver Determinante bilden eine Untergruppe von $O(n)$, welche wir als *spezielle orthogonale Gruppe* bezeichnen und mit $SO(n)$ notieren. Matrizen im Komplement von $SO(n)$ haben Determinante -1 und beschreiben Drehspiegelungen im Raum.

Betrachten wir nun $n = 2$. Die Abbildungsmatrix der Drehung um einen Winkel α um den Ursprung lässt sich herleiten, indem man die Bilder der beiden Einheitsvektoren bestimmt. Diese stellen die beiden Spalten der Abbildungsmatrix dar. Es ergibt sich die folgende Matrix:

$$D(\alpha) = \begin{pmatrix} \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix}$$



Ähnlich kann man in Dimension 3 sehen, dass sich eine Drehung in einer geeigneten Basis darstellen lässt als

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ 0 & \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix}.$$

Literaturverzeichnis

- [Ch22] J. Chen, *Group Theory and the Rubik's Cube.*, Letzter Abruf: 28.08.2022 unter <https://people.math.harvard.edu/~jjchen/docs/Group%20Theory%20and%20the%20Rubik%27s%20Cube.pdf>
- [Sc12] M. Schlederer. *SO(2) und SO(3)*, 2012, Letzter Abruf: 28.08.2022 unter https://www.desy.de/~jlouis/Vorlesungen/PS_12/V7.pdf.
- [Ba22] W. von Basil, *Zauberwürfel*, 2022, Letzter Abruf: 28.08.2022 unter https://en.wikipedia.org/wiki/Rubik%27s_Cube

4.3 Wand- und Friesmuster

oder auch: *Die Symmetrie an der Wand*

Schüler: Jan Niklas Arends und Leon Rosar
Betreuerin: Martina Cao

Einleitung

Seit Anbeginn der menschlichen Existenz verzieren wir uns und unsere Habseligkeiten oftmals mit Friesen und Wandmustern. Die Symmetrie dieser übt eine große Anziehung auf uns aus. Wir finden sie über alle Epochen hinweg und überall, auch heute noch schmücken wir uns und unsere Behausungen mit ihnen. Doch was fasziniert uns so an Fries- und Wandmustern?

Grob gesagt, ihre Einfachheit und ihre symmetrische, unendliche Ausdehnung. Unser Gehirn amüsiert es, dass etwas, was unendliche Ausdehnungen hat, überall gleich aussieht, perfekt ineinanderpasst und gleichzeitig, dem vermeintlichen Widerspruch zum Trotz, so simpel sein kann. Man würde meinen, unendliche Muster müssen komplex und eintönig sein, doch ihr Aufbau ist vergleichbar einfach und die verschiedenen Gruppen erlauben mannigfaltige Variationen an Motiven, die Muster müssen nur gewissen Regeln bei der Anordnung befolgen. Auch der Fakt, dass die Muster mit ihren unzähligen Variationen einer Ordnung folgen und Gruppen zugeordnet werden können, wirkt faszinierend und so kommt es, dass Frieze und Wandmuster in allen Kulturen verwendet werden.

Um dieses Phänomen zu verstehen, müssen wir zuerst die Symmetrie beziehungsweise die Isometrie und die Symmetrieeoperationen, welche für die Erzeugung von Fries- und Wandmustern verwendet werden, verstehen.

Friesmuster

In der Mathematik werden Symmetrien durch Isometrien beschrieben. Eine Abbildung $f: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$ heißt *Isometrie*, falls für alle $v, w \in \mathbb{R}^n$ gilt

$$|f(v) - f(w)| = |v - w|,$$

wobei $|\cdot|$ den euklidischen Abstand bezeichnet. Für den Fall der Wand- und Friesmuster interessieren uns die Isometrien der Ebene.

Die einfachste Symmetrieeoperation ist die *Translation* oder Verschiebung, die wir mit τ_L bezeichnen. Ein *Friesmuster* ist eine zweidimensionale Struktur, die in einer Dimension beschränkt ist und eine Translationssymmetrie besitzt, sodass die zugehörige Gruppe der Isometrien diskret ist.

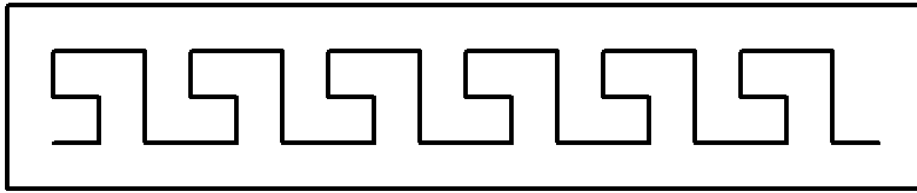


Abb. 1. Friesmuster mit Translation

Eine weitere mögliche Symmetrieoperation ist die Achsenspiegelung. Es sei $g \subset E$ eine Gerade. Zu jedem Punkt $A \in E$, der nicht auf g liegt, existiert ein eindeutig bestimmter Punkt $A' \in E$, so dass die Gerade AA' Mittelsenkrechte von g ist und der Abstand von A zu g gleich dem Abstand von A' zu g ist. Zwei Spezialfälle sind die *Horizontalspiegelung* ρ_H entlang einer horizontalen Achse und die *Vertikalspiegelung* ρ_V entlang einer vertikalen Achse.

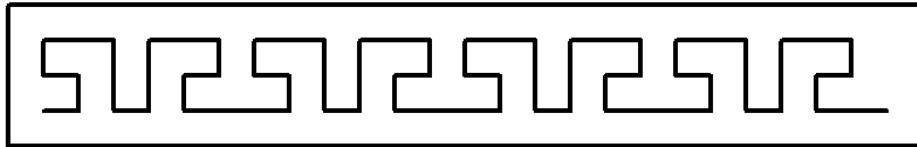


Abb. 2. Friesmuster mit Vertikalspiegelung

Die Hintereinanderausführung von Translation τ_L und Horizontalspiegelung ρ_H wird Gleit- oder auch Schubspiegelung genannt. Sie wird mit $\tau_L \circ \rho_H$ notiert.

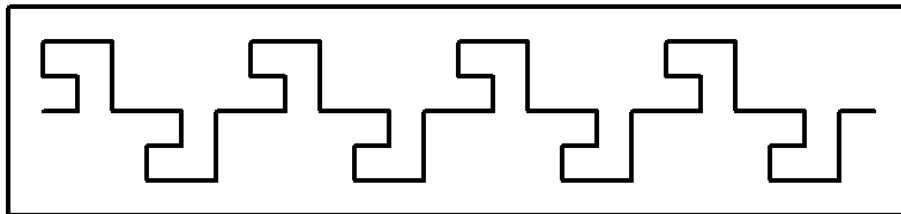
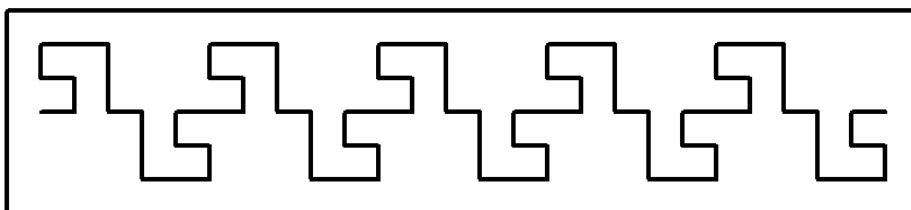


Abb. 3. Friesmuster mit Schubspiegelung

Die letzte Symmetrieoperation in den Friesgruppen ist die Drehung oder auch Rotation. Sind $M \in E$ ein Punkt der Ebene und α ein Winkel, dann gibt es für jeden Punkt $P \in E, P \neq M$, einen eindeutig bestimmten Punkt P' mit $|MP| = |M'P'|$ und $\angle PMP' = \alpha$.


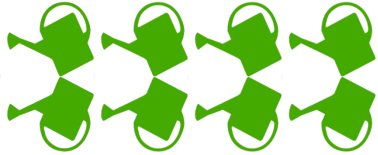





Abb. 4. Friesmuster mit einer Rotation um 180°

In einem Friesmuster ist die y -Achse begrenzt und somit sind nur Drehungen um 180° möglich. Eine solche lässt sich als Verknüpfung einer Horizontalspiegelung ρ_H und einer Vertikalspiegelung ρ_V beschreiben, also durch $\rho_H \circ \rho_V$. Die Verschiebung bei der Gleitspiegelung bei Friesmustern ist halb so lang wie bei der Translation. Daraus ergibt sich für Gleitspiegelung von Friesmustern die Beschreibung $\tau_{\frac{L}{2}} \circ \rho_H$.

Tatsächlich gilt, dass alle Friesgruppen erzeugt werden von τ_L und einer Teilmenge der $\rho_V, \rho_H, \rho_H \circ \rho_V$ und $\tau_{\frac{L}{2}} \circ \rho_H$.

Wir kommen auf 7 valide Erzeugersysteme für die (im allgemeinen nicht kommutativen) Friesgruppen, da sich aus Horizontal-, Vertikal- und Gleitspiegelung zunächst 9 Muster ergeben und eines, das nur aus der Translation besteht. Jedoch sind 2 nicht valide, denn die horizontale Spiegelung und die Gleitspiegelung würden zusammen die Translation um $L/2$ erzeugen, und weitere 2 sind identisch.

In folgender Abbildung stellen wir zu jeder Friesgruppe ein Fries dar mit entsprechender Symmetriegruppe.

Ornament-Typ	Ornament
$\langle \tau_L \rangle$	
$\langle \tau_L, \rho_H \rangle$	
$\langle \tau_L, \rho_V \rangle$	
$\langle \tau_L, \rho_H \circ \rho_V \rangle$	
$\langle \tau_L, \rho_V, \rho_H \rangle$	
$\langle \tau_L, \tau_{\frac{L}{2}} \circ \rho_H \rangle$	
$\langle \tau_L, \rho_V, \tau_{\frac{L}{2}} \circ \rho_H \rangle$	

Wandmuster

Ein *Wandmuster* ist eine (unendliche) zweidimensionale Struktur, die zwei linear unabhängige Translationssymmetrien besitzt, sodass die Gruppe der Isometrien diskret ist. Bei den Wandmustern stellt sich heraus, dass nicht nur Drehwinkel von 180° , sondern auch 60° , 90° und 120° möglich sind. Dies macht man sich klar wie folgt:

Eine Parkettierung ist eine vollständige und überlappungsfreie Überdeckung der Ebene mit Vielecken (Polygonen). Bei einer Parkettierung der Ebene sind nur Drehsymmetrien von 0° , 60° , 90° , 120° und 180° möglich. Dies hängt damit zusammen, dass die Innenwinkelsumme eines Polygons mit n Ecken genau $(n-2)180^\circ$ beträgt. Für den Innenwinkel β einer Ecke des regelmäßigen Polygons gilt dann: $\beta = \frac{w_s}{n} = \frac{(n-2)180^\circ}{n}$. Nun prüft man, ob β den Vollwinkel 360° ganz teilt:

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

muss eine ganze Zahl sein. Dies ist nur bei 3, 4 und 6 der Fall.

Daraus ergeben sich dann letztlich 17 verschiedene Möglichkeiten: eine nur mit Translation und die 16 Kombinationen, welche aus den vier Symmetrieoperationen Horizontal-, Vertikal-, Gleitspiegelung und Rotation entstehen können, gepaart mit Translation.

Literaturverzeichnis

[St21] H.K. Strick, *Mathematik ist wunderwunderschön - Noch mehr Anregungen zum Anschauen und Erforschen für Menschen zwischen 9 und 99 Jahren*, 2. Auflage, 2021, Springer.

[FFM90] J. Flachsmeyer, U. Feiste, K. Manteuffel, *Mathematik und ornamentale Kunstformen*, 1990, Teubner.

4.4 Raumgruppen

oder auch: *Die Symmetrie in Kristall und Gitter*

Schüler*innen: Johann Gaulke und Clarissa Troidl
Betreuer: Jonas Ellwanger

Wir haben uns bereits die Symmetrien von Wandmustern angeschaut. Doch wie sehen die Symmetrien aus, wenn man eine Dimension höher ins Dreidimensionale geht? Das Pendant dazu in der Realität sind dann Kristallgitter, die von chemischen Interesse sind. Anstatt uns die Klassifikation dieser in 230 Klassen anzuschauen, wollen wir uns überlegen, was passiert, wenn man diese Gitter verallgemeinert und in noch höheren Dimensionen betrachtet. Dabei treten erstaunliche Resultate auf: Die Anzahl der Drehwinkel ist für jede Dimension endlich und wir können sogar eine Formel herleiten, mit der wir die möglichen Drehwinkel für eine beliebige Dimension berechnen können.

Grundlagen

Gitter in der Optik Um den geometrischen Aufbau eines Gitters genauer zu verstehen, betrachten wir zunächst Kristallstrukturen aus der Chemie. Ein Kristall besteht aus Bausteinen, die in regelmäßigen Abständen angeordnet sind, wobei sich einzelne Strukturen immer wieder wiederholen. Indem wir Röntgen-Strahlen auf den Kristall schicken und die dabei entstehenden Beugungsmuster untersuchen, können wir herausfinden, um welchen Stoff es sich handelt. Diese Eigenschaft ist insbesondere in der modernen Biophysik von großer Bedeutung.

Mathematisch stellen wir uns als Bausteine einzelne Gitterpunkte und zwischen den Bausteinen Vektoren vor. Eine Klassifikation der möglichen Gitter wird durch die sogenannten Bravais-Gitter geleistet. Die kleinste seiner Struktureinheiten heißt Elementarzelle.

Was ist eine Abbildung und welche interessieren uns? Obwohl wir es bei einem Gitter mit Punkten zu tun haben, legen wir einen Ursprung im Raum fest und arbeiten mit Vektoren (in der Schule auch als Ortsvektoren bekannt). Eine Symmetrie des Gitters ist nun nichts anderes als eine Funktion $f: V \rightarrow V$, die einen Vektor des Gitters auf einen anderen Vektor des Gitters abbildet. Wir verlangen zusätzlich, dass die zu untersuchenden Abbildungen Isometrien sind, siehe vorheriges Thema.

Isometrien setzen sich aus Translationen, Drehungen und Spiegelungen zusammen. Jede Isometrie können wir in der Form $f(x) = Ax + t$ schreiben. Dabei ist A eine orthogonale Matrix, beschreibt also Drehungen und Spiegelungen und t ein Verschiebungsvektor.

Symmetriegruppen und Raumgruppen Die Symmetriegruppe eines Objekts ist die Menge aller Isometrien, die dieses auf sich selbst abbilden. Ist das Objekt also rotationssymmetrisch mit Ordnung n , erhalten wir nach einer Drehung des gesamten Raums um $\alpha = \frac{360^\circ}{n}$ das gleiche Objekt wieder; somit enthält die Symmetriegruppe diese Drehung. Ein Spezialfall der Symmetriegruppen sind die Raumgruppen. Diese sind Symmetriegruppen von Gittern im n -dimensionalen Raum, welche sich auch in alle n Richtungen erstrecken.

Kristallographische Restriktion in 3D

Wir haben im vorherigen Vortrag gesehen, dass in zweidimensionalen Gittern ausschließlich Rotationssymmetrien der Ordnungen 1, 2, 3, 4 und 6 möglich sind. Mithilfe von Eulers Rotationssatz können wir nun beweisen, dass diese Aussage auch in 3D gilt. Dies ist das kristallographische Restriktionstheorem.

Wir beschränken unsere Betrachtung zunächst auf eine Elementarzelle eines Bravais-Gitters, denn da das Gitter aus Elementarzellen aufgebaut ist, besitzt es die gleichen Rotationssymmetrien wie eine dieser. Wir starten in der Basis, die durch die minimalen Translationen des Gitters gegeben ist und führen einen Basiswechsel in eine Orthonormalbasis durch. Diese wählen wir so, dass die Rotationsachse durch den letzten Basisvektor gegeben ist.

Dann können wir nach EULERS Rotationssatz die Rotation durch die Matrix

$$A = \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

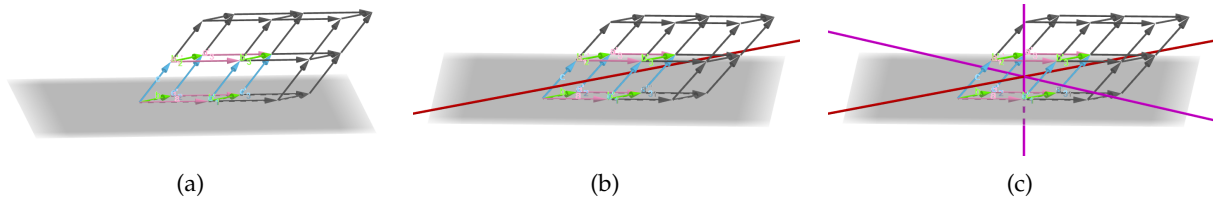


Abb. 1. (a) Bravais-Gitter mit ganzzahliger Basis, (b) Bravais-Gitter mit Rotationsachse, (c) Bravais-Gitter mit Orthonormalbasis

beschreiben. Allerdings sind dadurch die Einträge nicht mehr zwangsläufig ganzzahlig. Jedoch können wir uns zunutze machen, dass die Spur einer Matrix invariant unter Basiswechsel ist. Damit bleibt die Spur $2 \cos \alpha + 1$ der Matrix weiterhin ganzzahlig. Das heißt, für α kommen nur die Werte $60^\circ, 90^\circ, 120^\circ, 180^\circ, 0^\circ$ infrage, die den Ordnungen 1, 2, 3, 4 und 6 entsprechen.

Kristallographische Restriktion in höheren Dimensionen

Einheitswurzeln, Kreisteilungspolynome und Begleitmatrizen

Jede Rotation in der Symmetriegruppe eines diskreten Gitters muss einen Punkt bei wiederholter Anwendung irgendwann wieder auf sich selbst abbilden, weil die Punkte des Gitters nicht beliebig nah beieinander liegen können. Um zu entscheiden, ob im n -Dimensionalen eine Drehung der Ordnung m möglich ist, müssen wir überprüfen ob die Gleichung $A^m - I_n = 0$ für eine orthogonale Matrix A mit ganzzahligen Einträgen lösbar ist. Ersetzt man A durch eine reelle Variable und I_n durch 1, so sind die Lösungen dieser Gleichung als Einheitswurzeln bekannt und liegen regelmäßig mit einem Winkel von $2\pi/m$ auf dem Einheitskreis verteilt (siehe Abbildung 2). Es kann vorkommen, dass dieselben Einheitswurzeln für verschiedene m auftreten: So ist zum Beispiel -1 eine Lösung der Gleichung $x^{2a} - 1 = 0$ für alle $a \in \mathbb{N}$. Daher trifft man folgende Unterscheidung:

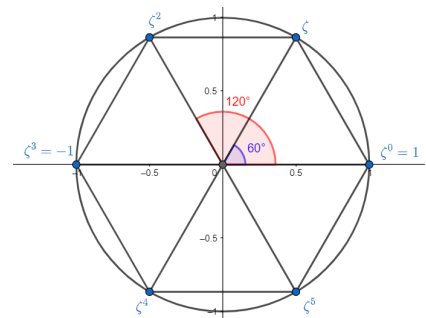


Abb. 2. Die sechsten Einheitswurzeln

Definition (Primitive Einheitswurzel). Eine Einheitswurzel $\gamma_a = e^{\frac{a}{n}2\pi i}$ heißt *primitiv*, wenn sie ein erzeugendes Element der Gruppe der n -ten Einheitswurzeln ist.

Um die Anzahl der primitiven Einheitswurzeln abzuzählen, benötigen wir die Eulersche Phifunktion φ , die für $n \in \mathbb{N}$ definiert ist als

$$\varphi(n) := \{1 \leq a \leq n : \text{ggT}(a, n) = 1\}.$$

Damit ergibt sich das folgende

Korollar 1 (Anzahl der primitiven Einheitswurzeln). Eine n -te Einheitswurzel $\gamma_a = e^{\frac{a}{n}2\pi i}$ ist genau dann *primitiv*, wenn a und n teilerfremd sind. Es gibt demnach $\varphi(n)$ verschiedene primitive n -te Einheitswurzeln.

Definition (Kreisteilungspolynom). Das Polynom $\Phi_n(x) := \prod_{\gamma \in \Gamma} (x - \gamma)$ heißt n -tes Kreisteilungspolynom. Γ bezeichnet dabei die Menge aller primitiven n -ten Einheitswurzeln.

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & \dots & 0 & -a_0 \\ 1 & 0 & \dots & 0 & -a_1 \\ 0 & 1 & \ddots & \vdots & -a_2 \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & 1 & -a_{n-1} \end{pmatrix}$$

Abb. 3. Definition der Begleitmatrix

Das Kreisteilungspolynom Φ_n hat sehr nützliche Eigenschaften. Es ist ein normiertes Polynom vom Grad $\varphi(n)$, dessen Koeffizienten in den ganzen Zahlen liegen. Zusätzlich ist das Polynom irreduzibel (über \mathbb{Q}). Es ergibt sich, dass das Produkt

$$\prod_{i|n} \Phi_i = x^n - 1$$

die Zerlegung von $x^n - 1$ in irreduzible Faktoren ist.

Jetzt suchen wir eine Matrix, die eine Nullstelle des Polynoms $x^n - 1$ ist. Es gilt, dass jede Matrix Nullstelle ihres charakteristischen Polynoms ist (Satz von Cayley-Hamilton). Außerdem können wir zu einem Polynom $p(x) = x^n + a_{n-1}x^{n-1} + \dots + a_1x + a_0$ eine Begleitmatrix C (siehe Abbildung 3) konstruieren, die $p(x)$ als charakteristisches Polynom besitzt. Wählen wir als $p(x) = \Phi_n(x)$, so erhalten wir eine $\varphi(n) \times \varphi(n)$ Begleitmatrix C , die Nullstelle von Φ_n und damit auch von $x^n - 1$ ist. Da das Polynom Φ_n irreduzibel ist, gibt es auch kein normiertes Polynom kleineren Grades, das die Matrix C als Nullstelle besitzt.

Tatsächlich können wir über die Modifikation von C sehr viel mehr Matrizen der gleichen Ordnung erzeugen. Sei $B \in GL(\varphi(n), \mathbb{Z})$ und C die Begleitmatrix von Φ_n . Dann hat $A = BCB^{-1}$ die gleiche Ordnung wie C (siehe Abbildung 4).

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 9 & 7 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 2 & 9 & 7 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 3 & 1 \end{pmatrix}^{(-1)} = \begin{pmatrix} 2 & -23 & 7 & -6 \\ 1 & -50 & 12 & -7 \\ 4 & -187 & 45 & -27 \\ 0 & 35 & -8 & 3 \end{pmatrix}$$

Abb. 4. Die Begleitmatrix von Φ_{12} in der Mitte wird modifiziert. Die entstehende Matrix ist eine Nullstelle des Polynoms $x^{12} - 1 = 0$.

Das folgende Theorem gibt uns eine Charakterisierung, ab welcher Dimension n es möglich ist, eine Matrix der Ordnung m mit ganzzahligen Einträgen zu erzeugen. Auffällig ist, dass die Funktion $W(m)$ nur gerade Werte annehmen kann, sodass in den Dimensionen $2a$ und $2a + 1$ immer die gleichen Ordnungen möglich sind, so wie wir es bereits im Fall 2D und 3D gesehen haben.

Theorem 2. Sei $m = p_1^{e_1} p_2^{e_2} \dots p_t^{e_t}$ mit $p_1 < p_2 < \dots < p_t$, so existiert eine Matrix $B \in GL(n, \mathbb{Z})$ mit Ordnung m genau dann, wenn $W(m) \leq n$ ist. Dabei sei $W(m)$ definiert als:

$$W(m) := \begin{cases} \sum_{i=1}^t (p_i - 1) p_i^{e_i - 1} - 1, & \text{falls } p_1^{e_1} = 2 \\ \sum_{i=1}^t (p_i - 1) p_i^{e_i - 1}, & \text{sonst} \end{cases}$$

Zur Hinrichtung stellt sich die Frage: Wie kann man eine Matrix der Dimension $W(m) \times W(m)$ konstruieren, die die Dimension m hat? Dabei hilft es, auf die Formel für $W(m)$ zu schauen und eine Blockmatrix aus kleineren Matrizen zu bauen.

Die Rückrichtung, dass keine kleinere Matrix existiert, kann man über die Faktorisierung des Minimalpolynoms zeigen.

Mit der Formel $W(m) \leq n$ folgen mehrere wirklich starke Aussagen: Je höher die Dimension des Raumes wird, desto mehr und kleinere Rotationswinkel sind in diskreten Gittern möglich. Jedoch bleibt die Anzahl an möglichen Drehwinkeln im n -dimensionalen Raum immer endlich. Außerdem gilt, dass sich für jeden Drehwinkel $\frac{a}{b}2\pi$ ab einer bestimmten Dimension ein Gitter mit dieser Symmetrie erstellen lässt. Dies lässt sich verwenden, um zu zeigen, dass es in jeder Dimension nur endlich viele Raumgruppen gibt; damit sind Symmetrien (n -dimensionaler, unendlich ausgedehnter) Kristalle gemeint. Diese Fragestellung war auch Teil des 18-ten Hilbertschen Problems, das 1912 von Ludwig Bieberbach gelöst wurde.

Literaturverzeichnis

- [Br19] Franka Miriam Brückler *Mathematische Grundlagen der Kristallographie*, Springer Spektrum, 2019.
- [KP02] James Kuzmanovich, Andrey Pavlichenkov *The American Mathematical Monthly*, Finite Groups of Matrices Whose Entries Are Integers, 2002.

4.5 Die Suche nach allgemeinen Lösungsformeln

oder auch: *Die Symmetrie von Nullstellen*

Schülerinnen: *Jana-Nicole Wiesch und Wiebke Dintelmann*
 Betreuerin: *Lea Maria Bach*

Es ist bekannt, wie man Nullstellen von Polynomen zweiten, dritten und vierten Grades in den reellen Zahlen berechnen kann; zunächst durch Verwendung der pq-Formel, Polynomdivision, Substitution, Horner-Schema oder anderer Verfahren. Ferner gibt es bis zum vierten Grad explizite Lösungsformeln. Immer wieder stolpern wir dann jedoch über anscheinend nicht lösbare Gleichungen, wenn der Radikand negativ ist. Abhilfe kommt von den komplexen Zahlen \mathbb{C} .

Diese sind eine Erweiterung der reellen Zahlen \mathbb{R} um die imaginäre Zahl i , die wir als Lösung der Gleichung $i^2 = -1$ definieren. Nachdem wir gezeigt haben, dass wir in \mathbb{C} addieren und multiplizieren können, betrachten wir Polynome auch über den komplexen Zahlen. Dann können wir auf das folgende wichtige Resultat zurückgreifen:

Theorem 1 (Fundamentalsatz der Algebra). *Jedes Polynom vom Grad n in den komplexen Zahlen hat genau n Nullstellen (mit Vielfachheit gezählt).*

Sind $x_1, \dots, x_n \in \mathbb{C}$ die Nullstellen eines beliebigen Polynoms, können wir es mithilfe des Fundamentalsatzes der Algebra in Linearfaktoren zerlegen und betrachten die Gleichung

$$0 = x^n + a_{n-1}x^{n-1} + \dots + a_1x + a_0 = (x - x_1) \cdot (x - x_2) \cdot \dots \cdot (x - x_n).$$

Unser Ziel ist nun, Lösungsformeln zu finden, mit denen wir diese Nullstellen aus den Koeffizienten a_i berechnen können. Dabei ist die Grundidee die der „Reduktion von Symmetrien“: Wenn wir die Linearfaktorzerlegung ausmultiplizieren und Koeffizienten vergleichen, erhalten wir Gleichungen für a_0, \dots, a_{n-1} in Abhängigkeit der Nullstellen x_i . Wir sehen dabei, dass die Koeffizienten vollständig symmetrisch sind, das heißt x_1, \dots, x_n können beliebig vertauscht werden, ohne die Koeffizienten zu ändern. Die sogenannte *Galoisgruppe* eines Polynoms beschreibt die Symmetrieeigenschaften seiner Nullstellen.

Leitfaden für die Berechnung von Nullstellen von Gleichungen 3. Grades in den komplexen Zahlen

Wir wollen die komplexen Nullstellen x_1, x_2, x_3 des Polynoms

$$f(x) = x^3 + a_2x^2 + a_1x + a_0$$

bestimmen.

Im ersten Schritt definieren wir die Diskriminante D_3 durch

$$D_3 := (x_0 - x_1)^2(x_0 - x_2)^2(x_1 - x_2)^2 = a_2^2a_1^2 + 18a_2a_1a_0 - 4a_2^3a_0 - 4a_1^3 - 27a_0^2.$$

Wir sehen, dass auch D_3 ein vollständig symmetrischer Ausdruck in den Nullstellen ist. Einen Teil dieser Symmetrien geben wir auf, indem wir die Quadratwurzel aus D_3 ziehen:

$$W := \sqrt{D_3}.$$

Schreiben wir W in Abhängigkeit von x_1, x_2, x_3 , sehen wir, dass W nur unter geraden Permutationen der Nullstellen erhalten bleibt. Ausdrücke dieser Form nennen wir *teilweise symmetrisch*. Wir haben also jetzt eine erste Reduktion von Symmetrien vorgenommen. Für den zweiten Schritt suchen wir nun nach vollkommen unsymmetrischen Ausdrücken, mit deren Hilfe wir x_1, x_2, x_3 direkt berechnen können und deren Potenzen teilweise symmetrisch sind. Diese definieren wir wie folgt:

$$\begin{aligned} b_1^3 &= -a_2^3 + \frac{9}{2}a_2a_1 - \frac{27}{2}a_0 - \frac{3}{2}i\sqrt{3}W, \\ b_2^3 &= -a_2^3 + \frac{9}{2}a_2a_1 - \frac{27}{2}a_0 + \frac{3}{2}i\sqrt{3}W. \end{aligned}$$

Durch das Wurzelziehen erhalten wir für b_1 und b_2 nun gänzlich unsymmetrische Ausdrücke:

$$b_0 = -a_2, \quad b_1 = \sqrt[3]{b_1^3}, \quad b_2 = \sqrt[3]{b_2^3}.$$

Um diese Ausdrücke in Abhängigkeit von x_1, x_2 und x_3 darzustellen, brauchen wir die dritten Einheitswurzeln.

$$\omega_3 = 1, \quad \omega_2 = -\frac{1}{2} - i\frac{\sqrt{3}}{2}, \quad \omega_1 = -\frac{1}{2} + i\frac{\sqrt{3}}{2}.$$

Nun können wir die berechneten Werte in die Gleichungen einsetzen und erhalten die gesuchten Nullstellen:

$$x_1 = \frac{1}{3}(b_0 + \omega_2b_1 + \omega_1b_2), \quad x_2 = \frac{1}{3}(b_0 + \omega_1b_1 + \omega_2b_2), \quad x_3 = \frac{1}{3}(b_0 + b_1 + b_2).$$

Nichtauflösbarkeit für Polynome 5. Grades

Wir können auch die bekannte pq -Formel mit einer analogen Überlegung zu Symmetriereduktionen herleiten. Auch für Polynome 4. Grades gibt es eine Formel, (man sagt, das allgemeine Polynom vierten Grades ist *auflösbar*) allerdings gibt es keine allgemeine Formel zur Berechnung von Nullstellen von Polynomen 5. Grades. Für den Beweis dieser Aussage brauchen wir ein paar gruppentheoretische Grundlagen.

1. Eine Untergruppe $N \subset G$ von G ist ein *Normalteiler*, wenn für jedes Gruppenelement $g \in G$ und für alle $n \in N$ alle Elemente der Form $g^{-1}ng$ in N liegen.

2. Eine Gruppe ist *einfach*, wenn sie nur sich selbst und die triviale Gruppe $\{\text{id}\}$ als Normalteiler besitzt.
3. *Auflösbare Gruppen* sind Gruppen, die eine Subnormalreihe mit abelschen Faktorgruppen haben. Wir werden allerdings nur die Charakterisierung auflösbarer Gruppen über das folgende Lemma verwenden.

Lemma 2. *Einfache Gruppen, deren Ordnung keine Primzahl ist, sind nicht auflösbar.*

Dass der Begriff einer auflösbaren Gruppe auch für unser Problem über die Auflösbarkeit von Polynomen hilfreich ist, zeigt der folgende Satz.

Theorem 3. *Ist ein Polynom*

$$f(x) = x^n + a_{n-1}x^{n-1} + \dots + a_1x + a_0$$

auflösbar, so ist auch die Galoisgruppe von f auflösbar.

Um zu zeigen, dass ein Polynom mit Galoisgruppe S_5 nicht auflösbar ist, zeigen wir, dass S_5 selbst nicht auflösbar ist. Dazu betrachten wir die alternierende Gruppe A_5 , also die Gruppe der geraden Permutationen. Wir zeigen, dass diese Gruppe einfach ist und keine Primordnung hat.

Letzteres ist klar: Die Ordnung von A_5 berechnen wir als $\frac{1}{2}5! = 60$. Das ist keine Primzahl, womit A_5 nicht auflösbar ist.

Für Ersteres müssen wir zeigen, dass es keine nichttrivialen Normalteiler von A_5 gibt, und argumentieren in den folgenden Schritten: Es sei N ein Normalteiler von A_5 .

1. Wenn N ein nichttriviales Element enthält, können wir zeigen, dass es mindestens einen Dreierzykel in A_5 geben muss.
2. Wenn in N ein Dreierzykel enthalten ist, müssen auch alle anderen Dreierzykel enthalten sein.
3. Wir können jedes Element aus A_5 als Produkt von Dreierzyklen darstellen. Ein Normalteiler von A_5 , der alle Dreierzykel enthält, stimmt also mit A_5 überein.
4. Dadurch wissen wir, dass A_5 einfach und somit nicht auflösbar ist. Daraus folgt, dass die Galoisgruppe des Polynoms mit der Untergruppe A_5 auch nicht auflösbar ist.

Damit haben wir gezeigt, dass es Polynome 5. Grades gibt, die nicht auflösbar sind, sodass es keine allgemeine Lösungsformel für Polynome vom Grade mindestens 5 geben kann, anders als für Polynome ersten bis vierten Grades.

Literaturverzeichnis

[NW20] M. Nieper-Wißkirchen, *Elementare Galoistheorie - ein konstruktiver Zugang*, 2020, Springer.

[JB19] Jörg Bewersdorff, *Algebra für Einsteiger*, 2019, 6. Auflage, Springer.

[Gr07] Daniel Grieser, *Grundideen der Galoistheorie*, 2007, letzter Aufruf 30.08.2022 unter https://www.staff.uni-oldenburg.de/daniel.grieser/wwwpapers/Grundideen_Galois.pdf

5 Informatik – Apps im echten Leben: Wie funktionieren sie und wie baut man eine eigene?

Ob man Freunde einlädt, Pizza bestellt oder Filme schaut: Das Internet und seine Apps sind nicht mehr aus dem Alltag wegzudenken. Wir wollten gemeinsam mit den Teilnehmenden verstehen, was genau passiert, wenn man zum Beispiel auf den „Bestellen“-Knopf drückt, und dieses Wissen praktisch anwenden, indem wir unsere eigene vernetzte Applikation bauen.

Wir haben hierbei alle Aspekte einer Applikation bearbeitet – vom Design der User Interfaces über die Maschine-zu-Maschine-Kommunikation bis hin zu Datenbanken und der Übersetzung digitaler Signale in physische Aktionen von IoT Devices.

Zusammen haben wir diese Konzepte in verschiedenen Anwendungen zusammengeführt, z.B. in einer Schnitzeljagd-App, bei der an verschiedenen Stationen Rätsel mit den Händen und dem Smartphone gleichermaßen gelöst werden sollen.

Für die Umsetzung unseres Projekts haben wir aktuell relevante Technologien und Methoden eingesetzt, wie sie heute auf der ganzen Welt für neue Apps verwendet werden. Am Ende des Kurses haben hoffentlich alle verstanden, wie die digitale Welt um sie herum funktioniert und wie eigene Ideen in neue Apps umgesetzt werden können.

Kursleitung

Leon Strauss, Gründer eines Softwareberatungsunternehmens

Mischa Holz, Gründer eines Softwareberatungsunternehmens

5.1 Motor und Gedächtnis – Backends und Datenbanken, Teil 1

Schülerin: Farida Ayman

Betreuer: Hilmar Wiegand

Um im Internet etwas zu finden, müssen wir nichts über Datenbanken, Hashes, Netzwerkprotokolle oder Containermanagement wissen – es genügt, zu einer Suchmaschine zu navigieren und einen passenden Begriff einzugeben. Abgesehen davon, dass Letzteres oft eine Wissenschaft für sich sein kann, ist keinerlei Wissen über Informatik oder Programmierung erforderlich, obwohl eindeutig Programmcode verwendet wird.

Um dies zu ermöglichen, gibt es das *Frontend* – die Benutzeroberfläche, mit welcher die NutzerInnen interagieren, etwa eine Webseite oder die grafische Oberfläche einer Handy-App. Dieses Frontend wiederum kommuniziert mit dem *Backend*, dem Gehirn der Anwendung, das tatsächliche Berechnungen durchführt, Daten verwaltet oder mit weiteren Systemen in Verbindung steht. Die Vorgänge im Backend sind für NutzerInnen meist nicht zugänglich und dürfen das in vielen Fällen auch gar nicht sein, etwa wenn es um Passwörter oder persönliche Daten geht.

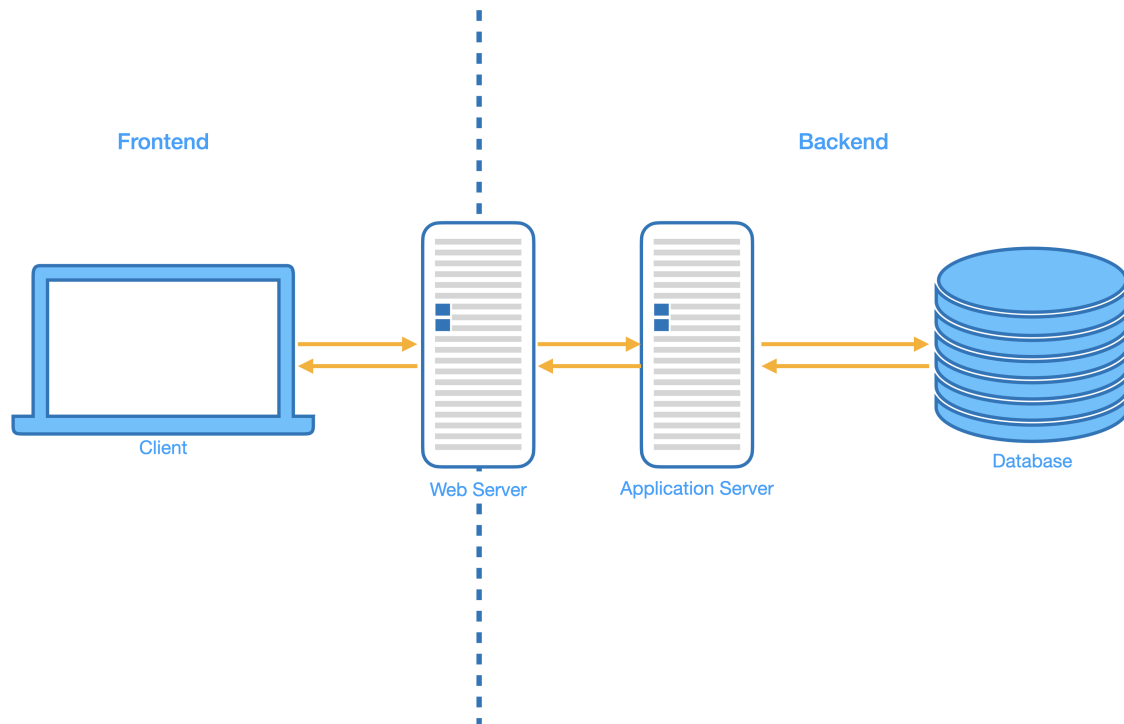


Abb. 1. Frontend und Backend. Author: Seobility, License: CC BY-SA 4.0, Quelle: s. zweiten Quellen- eintrag

Im Fall von Webseiten ist das Frontend durch die Plattform des Browsers auf wenige Programmiersprachen begrenzt, meist HTML, CSS und JavaScript. Im Backend dagegen können Sprache und Framework je nach Anwendungszweck frei gewählt werden. Es lohnt sich daher in vielen Fällen, das Backend auf einen oder mehrere leistungsstarke Computer auszulagern, sogenannte *Server*. Sie ermöglichen es, über simple statische Webseiten ohne Interaktionsmöglichkeiten weit hinauszugehen, etwa mit Benutzerkonten, Shopping-Portalen oder eigenen Browser-Spielen.

Backends bestehen meist aus zwei Komponenten: der serverseitigen Software, auch *Middleware* genannt, und einer Datenbank. Die Middleware nimmt Anfragen aus dem Frontend entgegen und verarbeitet sie. Dabei können Daten in der Datenbank abgerufen, neu eingefügt oder abgeändert werden. Schließlich wird eine Reaktion ans Frontend gesendet, welche den NutzerInnen dann angezeigt werden kann. So besteht eine ständige Kommunikation zwischen Front- und Backend – die NutzerInnen interagieren mit dem Frontend, das Frontend wiederum mit dem Backend.

Praxisphase

Während der Akademiezeit entwickelte ich mit meiner Teampartnerin eine Schnitzeljagd. Die SpielerInnen erhalten dabei vage Hinweise zu Orten auf der Burg, an denen QR-Codes versteckt sind. Ziel ist, alle zu finden, einzuscannen und damit das Rätsel zu lösen.

Wir begannen mit einem Entwurf des Spielkonzepts auf Papier, um bei der Programmierarbeit den Überblick zu behalten. Immer wieder griffen wir während des Projekts darauf zurück. Danach erstellten wir eine Liste der Orte, an denen die QR-Codes versteckt werden sollten, sowie für jeden einen passenden Hinweis. Ergänzt um die QR-Codes selbst übertrugen wir sie ins Backend. Zuletzt sorgten wir dafür, dass die Orte in zufälliger Reihenfolge ohne Doppelungen ans Frontend übergeben werden.

Die Implementierung des Frontends war damit der nächste Schritt. Wir verwendeten das Framework *Vue*, um NutzerInnen die Liste der Hinweise auf einer Webseite anzuzeigen. Außerdem integrierten wir dynamische Elemente, mit denen NutzerInnen ihren aktuellen Spielstand abrufen können.

Unsere größte Problemquelle war die Kommunikation zwischen Front- und Backend. Meistens handelte es sich um kleinere Fehler wie falsche Funktionsnamen oder undeklarierte Variablen, aber einige Male mussten wir auch Formatierungen ändern oder Schnittstellen komplett überarbeiten. Wir lernten definitiv, wie wichtig es ist, einen guten Überblick über die Interaktionen der einzelnen Komponenten eines Software-Projekts zu behalten.

Quellen

- <https://www.youtube.com/watch?v=WwbBOQaMOZw> (Zugriff: 30.08.2022)
- <https://www.codecademy.com/resources/blog/front-end-vs-back-end/> (Zugriff: 30.08.2022)

5.2 Motor und Gedächtnis – Backends und Datenbanken, Teil 2

Schüler: Emil Vinu
Betreuer: Hilmar Wiegand

Digitale Fotoalben, Handy-Apps, Computerspiele, Onlineshops – sie alle speichern Informationen in der Form von strukturierten Daten. Für Google, Facebook und WhatsApp sind es zum Beispiel Suchverlauf, Kontakte oder Nachrichten ihrer NutzerInnen, und hier ist bereits offensichtlich, welche unfassbar große Menge von Daten verwaltet werden muss. Um dies effizient und strukturiert zu gestalten, verwenden wir *Datenbanken*.

Um zu verstehen, was eine Datenbank ist, müssen wir uns erst damit beschäftigen, was *Daten* sind: Wir verstehen darunter strukturierte Informationen wie E-Mail-Adressen und Namen, Password-Hashes oder Koordinaten, die durch ihren Inhalt, aber auch durch ihren Zweck definiert sind. Sie können durch verschiedene *Datentypen* repräsentiert werden, beispielsweise *Boolean* (Wahrheitswert, also entweder „wahr“ oder „falsch“), *Integer* (ganze Zahl), *Float* (Gleitkommazahl) oder *Character* (Buchstabe). Der Datentyp definiert, wie die Information beim Lesen interpretiert wird.

Die wichtigste Eigenschaft von Datenbanken ist ihre Fähigkeit, die strukturierte Abfrage dieser Daten effizient zu ermöglichen. Eine Datenbank besteht daher aus zwei Hauptkomponenten: dem *Datenbankmanagementsystem* (DBMS) und den Daten selbst. Das DBMS ist die Software der Datenbank, organisiert ihre interne Struktur sowie die Speicherung von Daten und ermöglicht die effiziente Abfrage.

Architektonisch lässt sich das DBMS durch verschiedene Modelle umsetzen. Weit verbreitet sind *relationale Datenbankmodelle*, welche Daten in einem tabellenartigen Format aus Zeilen und Spalten abspeichern. Dazu wird häufig die *Structured Query Language* (SQL) verwendet, eine Datenbanksprache mit bekannten Vertretern wie MySQL, PostgreSQL und SQLite. Es gibt auch alternative, nicht-relationale Datenbankmodelle, genannt *NoSQL*. Diese speichern Daten auf verschiedenste Arten ab, zum Beispiel in Form von Key-Value-Pairs, ganzen Dokumenten, spaltenbasiert oder auch als Graphen. Sie werden vor allem für spezialisierte Anwendungsbereiche eingesetzt.

Unabhängig vom konkreten Modell weisen alle Datenbanken ihren Datensätzen jeweils eine einzigartige ID zu, um Elemente identifizieren zu können, wie etwa in dieser SQL-Abfrage:

```
SELECT ID, first_name, last_name
FROM users
WHERE id = 1;
```

Dieser Befehl listet die Eigenschaften „ID“, „first_name“ und „last_name“ eines Eintrags in der „users“-Datenbank auf und filtert die Ergebnisse nach einem bestimmten „ID“-Wert, nämlich 1.

Praxisphase

In der praktischen Kursphase arbeitete ich mit meinem Teampartner an dem Spiel „Color Match“. Ziel des Spiels ist es, zwei verschiedenfarbig leuchtende Lampen aneinander anzugleichen. Es wird zu dritt gespielt, denn die drei SpielerInnen sind jeweils verantwortlich für eine der drei Grundfarben Rot, Grün und Blau, aus denen alle möglichen Lampenfarben gemischt werden können. Sobald die SpielerInnen es geschafft haben, gemeinsam beide Glühbirnen in der gleichen Farbe leuchten zu lassen, ist das Spiel gewonnen.

Unser Konzept stand schnell fest: Die Benutzeroberfläche ist eine Web-App, auf welcher die NutzerInnen ein Spiel starten und ihre Farbe auswählen können. Die Glühbirnen werden unterdessen über einen Mikrocontroller gesteuert, der regelmäßig aktuelle Werte vom Backend erhält. Doch bevor wir uns an den Code wagen konnten, brauchten wir einen sehr viel konkreteren Plan. Wir mussten klar herausarbeiten, welche Funktionen im Frontend (der Webseite), im Backend und für die Steuerung der Lampen unverzichtbar sein würden – kurz, ein *Minimum Viable Product* (MVP) finden. Wir nahmen diesen Schritt mit Stift und Papier vor, um uns nicht in Code zu verzetteln, und zerlegten die komplexe Applikation in ihre Grundbausteine.

Die erste dieser Komponenten ist das Frontend, eine Webseite, die in der Lage sein muss, den NutzerInnen den aktuellen Spielstand anzuzeigen und ihre Farbeingaben entgegenzunehmen. Wir entschieden uns für die Verwendung des Frameworks *Vue*, um verschiedene Sektionen mit Informationen anzuzeigen und den SpielerInnen einen Schieberegler für ihre Farben zur Verfügung zu stellen.

Abgesehen davon benötigt das Frontend eine Verbindung zum Backend, um die Eingaben der SpielerInnen weiterzureichen. Das Backend wiederum sendet regelmäßig den aktuellen Spielzustand ans Frontend und kommuniziert mit dem Controller der Lampen, um diese in den entsprechenden Farben leuchten zu lassen.

Um all diese Komponenten synchron zu halten, definierten wir *Spielerobjekte* in einem globalen Spielzustand. Jedes Spielerobjekt enthält die dem Spieler zugeordnete Grundfarbe, den Zielfarbwert sowie den aktuell eingestellten Wert des Spielers.

Die Entwicklung einer solchen Anwendung verläuft allerdings selten so geradlinig wie hier beschrieben. Wir verbrachten viel Zeit mit *Debugging*, also der Suche nach Fehlern in unserem Code. Oft stellte sich am Ende heraus, dass der Übeltäter nur ein verwechselter Variablenname oder ein Tippfehler war. In schwerwiegenderen Fällen half uns das sogenannte *Rubber Duck Debugging*: Wir erklärten unseren Code einer anderen Person, die nicht einmal viel davon verstehen musste, oder sogar wie in der namensgebenden Anekdote einer Gummi-Ente. Doch allein durch das ausführliche Darlegen unserer Arbeit entdeckten wir logische Fehler, die wir in einem Fall von Betriebsblindheit bisher übersehen hatten. Quack!

Quellen

- <https://phoenixnap.com/kb/database-types> (Zugriff: 30.08.2022)
- <https://mint-first.de/datenbanken/datenbanken-grundlagen-einfach-erklart/> (Zugriff: 30.08.2022)

5.3 Meine Glühbirne hat ein Update — Internet of Things und Smart Devices

Schüler: Björn Brestel
Betreuer: Benedikt Ebert

Smart Devices und das *Internet of Things* (IoT) erleichtern uns heutzutage zahlreiche Alltagsaufgaben oder nehmen sie uns sogar ganz ab – vom Einparken und Türklingeln per Twitter über frischen heißen Kaffee direkt beim Aufwachen bis zu automatischen Passkontrollen am Flughafen. Sie alle haben eines gemeinsam: Im Idealfall müssen sie nicht mehr manuell bedient werden.

Das Internet of Things ist ein Netz von Geräten, die Informationen untereinander austauschen und anhand dieser Informationen selbstständig arbeiten. Daher auch der Name *Smart Devices*: Dazu zählen im Allgemeinen alle Geräte, die eine Verbindung zum Internet oder zueinander aufbauen können. Sie sind meist mit unterschiedlichen Komponenten wie kleinen Chips, Datenspeichern, Softwaresystemen und Sensoren ausgestattet. Im eigenen Zuhause fassen wir sie zum *Smart Home* zusammen, mit Geräten wie Kameras, Smartphones, Alexa oder sogar Heizungen.

Die Hardwarekomponente, welche für die Verbindung mit anderen Geräten verantwortlich ist, heißt *Schnittstelle*, zum Beispiel das weit verbreitete Datenübertragungssystem USB. *Netzwerkprotokolle* wiederum bezeichnen die für Verbindungen zuständige Softwarekomponente. Zur Veranschaulichung kann man sich das Protokoll wie eine Sprache (Deutsch, Englisch etc.) und die Schnittstelle wie ein Medium (Buch, Radio etc.) vorstellen.

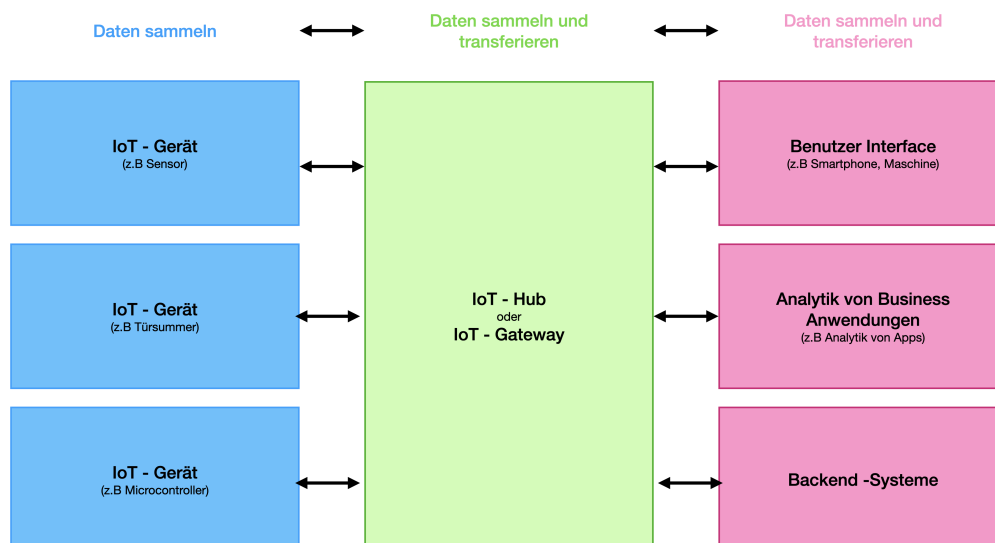


Abb. 1. Beispiel eines IoT-Systems. Eigene Grafik

Ein Beispiel für ein Protokoll kabelloser Schnittstellen ist das *Advanced Message Queuing Protocol* (AMQP). Es stellt unabhängig von Programmiersprachen über eine *Message-Oriented Middleware* (MOM) indirekte Kommunikation zwischen Geräten her, indem es Vereinbarungen für den Informationsaustausch und die Form der Informationen festlegt. Genügen alle Komponenten diesen Vereinbarungen, können sie über die MOM miteinander kommunizieren, ohne direkten Einfluss aufeinander zu nehmen. Diese Protokolle sind oft auf Anwendungsgebiete spezialisiert, etwa *ZigBee* und *Bluetooth* für drahtlose Netzwerke mit geringem Datenaufkommen.

Praxisphase

Während der Zeit auf der Burg entwickelte ich zusammen mit meiner Teampartnerin ein eigenes Minispiel. Ziel des Spiels ist das Fangen des gesamten Informatikkurses wie Pokémon, indem die SpielerInnen zu jedem Mitglied des Informatikkurses einen zugehörigen QR-Code scannen. Im Backend liegen dafür Daten bereit, insbesondere eine vollständige Liste aller InformatikerInnen, während im Frontend die aktuell gesammelten InformatikerInnen angezeigt werden. Mit Hilfe eines *v-for-Loops* konnten wir die Liste im Frontend mit wenigen Zeilen Code aufbauen, sodass wir Code-Dopplungen zwischen Front- und Backend vermieden.

Schließlich fügten wir noch einen eigenen Catch-Button hinzu sowie ein *Modal*. Dies ist ein Fenster, das sich beim Anklicken der InformatikerInnen in der Tabelle öffnet, um zusätzliche Informationen wie Alter, Augenfarbe, Beruf, Schule oder MuKK-Kurse anzuzeigen.

Gotta scan 'em all!

Quellen

- <https://www.bigdata-insider.de/was-ist-das-internet-of-things-a-590806/> (Zugriff: 30.08.2022)
- <https://iot.telekom.com/de/blog/was-ist-das-internet-of-things> (Zugriff: 30.08.2022)
- <https://www.amqp.org/sites/amqp.org/files/amqp.pdf> (Zugriff: 30.08.2022)
- <https://www.youtube.com/watch?v=pV7jUqrTJoI> (Zugriff: 30.08.2022)
- https://www.youtube.com/watch?v=yLZbzb0_7yQ (Zugriff: 30.08.2022)

5.4 Von der Steintafel zum Cockpit – Frontend-Logik, SPAs und Vue, Teil 1

Schülerin: *Sophia Fischle*
Betreuer: *Hannes Güdelhöfer*

Komplexe Software besteht heutzutage aus Dutzenden oder sogar Hunderten von Komponenten, die in verwobenen Netzen zusammenarbeiten. Müssten wir direkt mit ihnen interagieren, so wären sie ohne fundierte Programmierkenntnisse unbenutzbar, und selbst mit würde es Ewigkeiten dauern – daher haben sie eine eigene Komponente nur zur Benutzerinteraktion: das Frontend.

So sahen Anwendungen natürlich nicht immer aus. Lange waren Computer nur für Informatiker von Nutzen, und die erste Webseite entstand erst vor knapp über 30 Jahren in 1991. Sie wurde von Tim Berners-Lee in der von ihm entwickelten Ausdruckssprache *Hypertext Markup Language* (HTML) geschrieben, die bis heute verwendet wird. Auch die Seite ist unter <http://info.cern.ch> noch zu erreichen. Dort ist zum ersten Mal der Name zu finden, der unsere Welt verändern würde: *World Wide Web*, als *W3* abgekürzt.

Anfangs wurde das World Wide Web vor allem zum Austausch von wissenschaftlichen Inhalten genutzt. Für die zunächst rein textbasierten Seiten wurden nach und nach mehr Designoptionen entwickelt, etwa das Nebeneinanderstellen von verschiedenen Texten und Bildern in tabellenbasierten Seiten – lange keine Selbstverständlichkeit!

Erste echt interaktive Webseiten entstanden in 1996 mit dem *Flash Player*, sogenannte Flash-Webseiten. Waren zuvor nur Verlinkungen zu anderen Seiten möglich gewesen, so gab es nun Animationen, interaktive Knöpfe, komplizierte Tabellen und sogar Spiele im World Wide Web. Viele dieser Konzepte finden wir heute wieder in *Single Page Applications*.

Einen weiteren Sprung machten Webseiten um 2007 mit dem Aufkommen von Smartphones und später Tablets: Browser entwickelten sich von reinen Desktop-Anwendungen zu ständigen Begleitern, und Seiten sollten damit dynamisch an verschiedenste Plattformen und Bildschirmformate angepasst werden. Hier ist die Aufteilung des Frontends in Struktur und Design von Vorteil: Der altbekannte HTML-Code gibt die Struktur und Inhalte der Webseite vor, etwa verschiedene Textkörper oder Videos. Hinzu kommen *Cascading Style Sheets* (CSS), mit welchen diese Inhalte ansprechend gestaltet und an die Gegebenheiten des Formats angepasst werden. Durch JavaScript gibt es außerdem die Möglichkeit, interaktive Elemente einzubauen.

Praxisphase

Während der Zeit auf der Burg arbeiteten wir in Zweiergruppen an kleinen Spielen, in unserem Fall „Gotta Catch ‘em All!“. Ziel ist es, alle InformatikerInnen durch das Abscannen ihres jeweiligen QR-Codes zu „fangen“.

Auf der technischen Seite bedeutet dies, dass jeder QR-Code eine URL mit einer ID enthält, die zu genau einem Informatiker oder einer Informatikerin gehört. Wird der Code gescannt, landet er zunächst im Frontend – dem Teil unseres Spiels, mit dem die NutzerInnen interagieren. Das Frontend sendet die Information dann weiter zum Backend, dem „Gehirn“ der Anwendung, wo der entsprechende Eintrag in der Liste der fangbaren InformatikerInnen abgehakt wird. Das Frontend kann diese Liste jederzeit beim Backend abfragen, um sie den NutzerInnen anzuzeigen. Außerdem sind die Einträge der InformatikerInnen-Liste im Frontend interaktiv und zeigen auf Klick weitere Informationen wie Alter, MuKks oder Augenfarbe an.

Gotta Catch'em All

01001001 01101110 01100110 01101111 00100000 01000101 01100100 01101001 01110100
01101001 01101111 01101110

Fange Informatiker - scanne Ihren QR-Code im Namensschild!

(Tipp: du kannst dir Informationen anzeigen lassen, indem du auf die Namen in der Tabelle klickst.)

1	Sophia
2	???
3	???
4	???

Abb. 1. Informatiker fangen. Eigene Grafik

Front- und Backend unseres Spiels sind beide in JavaScript verfasst, das Frontend zusätzlich mit HTML und CSS. Für den CSS-Anteil verwenden wir die Library *Bulma*, welche Komponenten für Knöpfe, Eingabefelder, verschiedene Bildschirmformate und vieles mehr liefert. Für die Interaktivität nutzen wir *Vue*, ein Framework, welches HTML-Code mit Hilfe von HTML-Vorlagen und simpler JavaScript-Logik generiert.

Während der Arbeit stießen wir immer wieder auf kleinere und größere Programmierfehler. Obwohl es bei den meisten mühsam war, sie zu beheben, boten sie doch auch die Möglichkeit für jede Menge Lernerfahrungen und spannende bis witzige Gespräche – zum Beispiel darüber, dass Computer es wirklich sehr genau nehmen, sodass selbst ein einziges falsches Komma ein ganzes Programm zum Stillstand bringen kann. Und in vielerlei Hinsicht lernten wir dabei nicht nur etwas über das Programmieren (woran ich mich übrigens auf der Schülerakademie zum ersten Mal versuchte), sondern über die Bewältigung von Problemen im Allgemeinen.

Quellen

- <https://designmodo.com/history-website-building/>. (Zugriff: 30.08.2022)
- <https://www.linkedin.com/pulse/history-websites-101-sami-alsayyed/> (Zugriff: 30.08.2022)
- <https://www.2440media.com/blog/interesting-history-of-web-design> (Zugriff: 30.08.2022)

5.5 Von der Steintafel zum Cockpit — Frontend-Logik, SPAs und Vue, Teil 2

Schüler: Alexander Kohl
Betreuer: Hannes Güdelhöfer

Täglich nutzen wir das World Wide Web – wir erstellen Präsentationen, stehen über soziale Netzwerke mit unserem Freundeskreis in Kontakt, synchronisieren Einkaufslisten und vieles mehr. So unterschiedlich die Webseiten dazu auch aussehen mögen, haben viele davon doch eines gemein: Sie sind *Single Page Applications* (SPA).

Die ersten Webseiten im World Wide Web hatten kaum mehr Funktionen als das Abrufen und Lesen von Textdokumenten. Benutzerinteraktionen beschränkten sich im Wesentlichen auf Weiterleitungen zu anderen Dokumenten, was wir noch heute aus Hyperlinks wie *hsaka.de* kennen. Ändert sich etwas auf einer solchen traditionellen Webseite, muss sie außerdem vollständig neu geladen werden, inklusive aller unveränderten Inhalte und Informationen zur Darstellung.

SPAs hingegen werden nur beim ersten Aufruf einmal geladen. Zusätzlich zu Inhalt und Darstellung aus HTML und CSS wie bei herkömmlichen Webseiten verfügen sie über eigene Logik, häufig in JavaScript implementiert, welche dynamische Interaktionen ermöglicht. Ändert sich etwas auf der Webseite, werden nur die entsprechenden Daten angefragt und über diese Logik an der richtigen Stelle angezeigt, ohne den Rest der Webseite neu zu laden. Dadurch fühlen SPAs sich für den Benutzer wie Desktop-Applikationen an, welche nur diejenigen Teile neu laden, die sich auch wirklich verändern.

Bei der Entwicklung werden SPAs meist in kleinere wiederverwertbare Komponenten unterteilt, die jeweils für einen Teil des *User Interface* (UI) verantwortlich sind, etwa einen Knopf oder ein Textfeld. Um all diese Komponenten auch bei großen und komplexen Webseiten aktuell und synchron zu halten, werden *State-Management-Lösungen* verwendet. Diese sammeln die relevanten Daten in einem *State*, statt sie innerhalb einzelner Komponenten zu speichern. Die Logik der App verwendet dann

die States, um die Webseitenansicht zu erzeugen. Interagieren Benutzer mit der Webseite und ändern dadurch gewisse States, werden automatisch alle verbundenen Komponenten und damit auch die Webseitenansicht aktualisiert.

Oft werden Frameworks verwendet, welche die grundlegende Logik für SPAs bereitstellen, um nicht für jede Webseite die SPA-Basislogik erneut implementieren zu müssen. Stattdessen kann der Fokus auf den wesentlichen Funktionen der Webseite liegen. *Vue* ist ein solches Framework, welches wir während der Akademiezeit einsetzen.

Praxisphase

Während der Zeit auf der Burg arbeiteten wir in Zweiergruppen an der Entwicklung von Minispielen, in unserem Fall einem Reaktionstest. Wir implementierten eine Web-Applikation, welche die Reaktionsgeschwindigkeit von Spielern misst und in einer Bestenliste mit Namen speichert.

Durch das Scannen eines QR-Codes werden eine Erklärung des Spiels und ein Startknopf angezeigt. Wird das Spiel gestartet, färbt der Knopf sich zunächst rot und wird dann innerhalb eines bestimmten Zeitraums zufällig grün, woraufhin er möglichst schnell betätigt werden muss. Wir messen die Zeit zwischen Grünfärbung und dem Drücken des Knopfes als Reaktionsgeschwindigkeit und zeigen sie an. Wird der Knopf gedrückt, wenn er noch rot ist, gibt es stattdessen eine Fehlermeldung und das Spiel beginnt von vorn.

Bei der Entwicklung konzeptionierten wir zunächst den Ablauf „analog“ mit Blatt und Papier. Wir stießen bereits auf erste Probleme und Lösungen, ohne auch nur eine Zeile Code geschrieben zu haben. Im nächsten Schritt implementierten wir die Kernfunktionen der Applikation in einem *Minimum Viable Product* (MVP). Auf dieses konnten wir später aufbauen und weitere Komponenten hinzufügen.

Ein wichtiger Arbeitsschritt war dabei das Testen unserer Funktionen, um zu kontrollieren, ob alles sich so verhält wie geplant. Dafür mussten wir auf unserem Laptop Programme neu installieren, allerdings lief etwas schief und er stürzte ab. Leider hatten wir das gesamte Frontend (die Nutzerinteraktionen) nicht abgespeichert, sodass etwa die Hälfte unseres bisherigen Fortschritts verloren ging und uns nur die Backend-Logik blieb. Obwohl das ein großer Rückschlag war, nutzten wir die Gelegenheit, den Code besser und vor allem übersichtlicher neu zu schreiben.

Außerdem lernten wir eine ganz grundlegende Regel beim Programmieren: immer wieder speichern und regelmäßig Backups erstellen, erst recht wenn ein Feature fertiggestellt und getestet ist!

Quellen

- <https://blog.pshrmn.com/how-single-page-applications-work/> (Zugriff: 30.08.2022)
- <https://diarybydhanushka.dev/2019/07/12/state-management-why-it-is-a-must-have-in-spas/> (Zugriff: 30.08.2022)
- <https://pinia.vuejs.org/> (Zugriff: 30.08.2022)
- <https://geekflare.com/de/single-page-applications/> (Zugriff: 30.08.2022)

5.6 Wasserfälle und Sprints — Organisation von Softwareentwicklung

Schüler: Lukas Jesussek
Betreuer: Leon Strauss

Die Software-Industrie mag keine physischen Produkte herstellen wie die herkömmliche Industrie, doch einen zentralen Aspekt haben die beiden trotzdem gemein: Ohne einen gut ausgearbeiteten Produktionsprozess ist es kaum möglich, fortwährende Qualität und Konsistenz der Produkte sicherzustellen.

Ein klassisches Modell hierfür ist der *Wasserfallprozess*. Er folgt der Analogie, dass Produkte durch festgeschriebene Produktionsschritte fließen – wie durch einen Wasserfall.

Der Prozess startet mit einer Liste von Wünschen und Ideen für ein zukünftiges Softwareprodukt. Diese müssen zunächst zu möglichst konkreten Anforderungen modelliert werden, ergänzt durch sogenannte *Architekturtreiber* wie gesetzliche oder operative Einschränkungen und Vorgaben. Zusammen liefern sie einen Rahmen, in welchem der Code geschrieben werden kann.

Nun werden Architektur und Anforderungen an die Entwicklungsableitung übergeben, um sie dort in geeigneten Programmiersprachen zu implementieren. Das entstandene Produkt muss danach durch *Use Cases* getestet werden, in denen jedes absehbare Verhalten der zukünftigen NutzerInnen simuliert wird. Sobald dadurch gefundene Fehler und Bedienprobleme behoben sind, ist das Produkt zur Veröffentlichung bereit.

Endlich wird die Software für den Endbenutzer bereitgestellt. Dies beinhaltet den Upload in App Stores, das Zusammenstellen von Installationspaketen, das Aufsetzen von Applikationsservern und vieles mehr, damit die zukünftigen NutzerInnen es herunterladen, installieren oder direkt aufrufen können. Die meisten Produkte müssen nach der Bereitstellung noch weiterhin gepflegt werden, sei es durch Beratung, Unterstützung oder Updates.

Der Wasserfallprozess stellt somit sicher, dass keine groben Ideen sofort in die Entwicklung gereicht werden oder ungetestete Software ausgeliefert wird. Die Vorgehensweise kann allerdings auch zu Problemen führen: Die Anforderungen aus dem ersten Schritt füllen oft ganze Romane, und selbst wenn der Umfang sich in Grenzen hält, entstehen an dieser Stelle schnell Fehler. Sind Anforderungen etwa unklar formuliert oder ändern sich während der Entwicklungszeit, kann das Umdisponieren sehr teuer werden – man muss das Produkt sozusagen den Wasserfall wieder hinauftragen und im schlimmsten Fall von vorne anfangen.

Allzu langfristige Planung ist also nicht immer effektiv, egal wie gut durchdacht sie ist, da Bedingungen und Anforderungen sich schnell und unvorhersehbar ändern können. Hinzu kommt, dass oft jeder Produktionsschritt von einer anderen Abteilung übernommen wird, zwischen denen nicht immer regelmäßiger Kontakt herrscht. Viele Produkte scheitern so noch in der Entwicklungsphase.

Einen neuen Ansatz zur Lösung dieser Probleme liefert die *agile Softwareentwicklung*. *Agil* bedeutet in diesem Fall, dass die Software in kleinen Schritten von minimalen Features entwickelt wird, um so oft wie möglich Nutzerfeedback und -verhalten zu analysieren und den Informationsaustausch zu fördern.

Die populärste agile Methode ist der *Sprint*, ein fest abgesteckter Arbeitsabschnitt von zwei bis vier Wochen. Jeder Sprint hat ein festes Ziel, welches innerhalb dieser Zeit erreicht werden soll, woraufhin der nächste Sprint anschließt. Für den Erfolg dieser Methode ist entscheidend, dass vor und nach jedem Sprint ein funktionierendes Produkt vorliegt, welches durch Tests neues Feedback einbringen kann. Anhand dieses Feedbacks werden dann im nächsten Sprint direkt sowohl Software als auch Arbeitsweise angepasst.

Der größte Vorteil agiler Entwicklung ist, dass Produkte iterativ entwickelt werden, statt unaufhaltsam den sprichwörtlichen Wasserfall hinunterzufließen. Neue Anforderungen und Feedback können schnell eingearbeitet werden, und wenn doch etwas in die falsche Richtung läuft, muss man nicht das gesamte Produkt zurückrollen, sondern nur den letzten Sprint.

Praxisphase

Während der Zeit auf der Burg entwickelten wir in einem Zweierteam das Minispiel “Simon Says”. Ziel des Spiels ist es, die Reihenfolge bunt aufleuchtender Lampen auf dem eigenen Handy korrekt wiederzugeben. Die Lampen werden durch einen *Raspberry Pie* angesteuert, einen kaum faustgroßen Minicomputer.

Das Frontend unseres Spiels ist eine Webseite, auf welcher die NutzerInnen das Spiel starten, Informationen einsehen und ihre Farbreihenfolge eingeben können. Die eingegebenen Daten werden dort verarbeitet, bevor sie zum Backend weitergeleitet werden. Das Backend startet dann das Spiel, kommuniziert mit dem *Raspberry Pie* und gleicht die Benutzereingaben mit der korrekten Sequenz ab. Es steht also mit den NutzerInnen nur durch das Frontend in Verbindung, niemals direkt.

Unser Backend ist in der Programmiersprache *JavaScript* geschrieben. Anfangs hatten wir Probleme mit der Kommunikation zwischen Front- und Backend, weil Datenpakete nicht gelesen werden konnten. Im Gespräch mit den anderen SchülerInnen und den Betreuern konnten wir uns aber den Aufbau dieser Objekte erarbeiten und ein ganz neues Verständnis für *JavaScript* im Allgemeinen aufbauen.

Am meisten profitierte unsere Arbeit von der Suche nach dem *Minimum Viable Product* (MVP), der kleinstmöglichen Version der Software, die trotzdem alle wichtigen Grundfunktionen enthält. Sie half mir, Aufgaben nach Relevanz zu sortieren und weniger zentrale Komponenten wie das Design am Schluss zu erledigen.

Quellen

- <https://www.atlassian.com/de/agile> (Zugriff: 01.09.2022)
- <https://business.adobe.com/blog/basics/waterfall> (Zugriff: 01.09.2022)
- <https://www.forbes.com/advisor/business/what-is-waterfall-methodology/> (Zugriff: 01.09.2022)

5.7 Just a Touch – Nahbereichskommunikation

Schülerin: Ada Koçak
Betreuer: Tobias Chen

Nahbereichskommunikation bezeichnet den Informationsaustausch zwischen Geräten auf kurzen Distanzen von einigen Metern bis zu wenigen Zentimetern. Sie kommt überall auf der Welt in verschiedensten Bereichen zur Anwendung, von kabellosen Kopfhörern über Zugangskontrollen bis zum Bezahlen per Handy. Verbreitete Technologien dafür sind RFID, NFC und Bluetooth, mit denen wir uns im Kurs näher beschäftigt haben.

Radio-frequency identification (RFID) ist ein Funkstandard zur Identifikation und Lokalisation von Gegenständen. Das System besteht aus *Tags*, die an oder in Gegenständen befestigt werden, und einem *Reader*, welcher in *Tags* eingebettete Daten auslesen kann, zum Beispiel Artikelnummern. *Reader* gibt

es in unterschiedlichen Bauweisen, von Handgeräten bis hin zu großen Toren, die alle Tags auf einer Warenpalette gleichzeitig auslesen können. Der große Vorteil von RFID ist, dass die Tags selbst keinerlei Stromversorgung benötigen: Das elektromagnetische Feld des Readers stellt die Energie bereit, um den Code an den Reader zurückzuschicken. Dadurch und durch die Miniaturisierung der Tags eignen sie sich auch, um etwa Haustiere zu identifizieren, indem ein Tag unter ihre Haut implantiert wird.

Durch das Koppeln von zwei Antennen mit einem elektromagnetischen Feld wird für *Near Field Communication* (NFC) eine ähnliche Art der Datenübertragung genutzt. Anders als RFID erlaubt NFC Zwei-Wege-Kommunikation, welche über das bloße Senden eines Codes hinausgeht. NFC wird zum Beispiel auf Bankkarten genutzt, um das Bezahlen von kleinen Summen ohne PIN-Eingabe zu ermöglichen, oder auf Personalausweisen, um Menschen digital zu authentifizieren. Zudem besitzen viele moderne Handys einen NFC-Chip, welcher entweder wie der Tag einer Bankkarte zum Bezahlen verwendet werden kann oder aber als Reader, der mit anderen NFC-Transpondern kommuniziert.

Bluetooth ist ein weiterer verbreiteter Funkstandard, der im Alltag zum Beispiel für die Übertragung von Audiosignalen zwischen Kopfhörern und Smartphones verwendet wird. Das *Internet of Things* (IoT) bietet zahlreiche weitere Anwendungsmöglichkeiten, etwa das Vernetzen von Rauchmeldern, Thermostaten und anderen Sensoren in sogenannten *Piconets*. Darin können bis zu acht Geräte aktiv kommunizieren und weitere 255 im Netz „geparkt“ und auf Anfrage aktiviert werden.

Im Gegensatz zu RFID und NFC ermöglicht Bluetooth längerfristige Verbindungen und die schnellere Übertragung größerer Datenströme. Dabei kann NFC dennoch eine Rolle spielen, um die Bluetooth-Verbindung zu initialisieren.

Bluetooth wird von der *Bluetooth Special Interest Group* entwickelt. Seit 1999 wurden fünf Hauptversionen veröffentlicht (bis 2022). Dabei wurden die maximale Reichweite und Datenrate mehr als verzwanzigfach und die Unterstützung zusätzlicher Geräte mit geringem Energieverbrauch durch *Bluetooth Low Energy* (BLE) immer weiter verbessert. Es ist allerdings nicht immer möglich, all diese Errungenschaften gleichzeitig zu nutzen: Piconets sorgen zum Beispiel für eine erheblich reduzierte Datenrate, während BLEs eine eingeschränkte Reichweite haben.

Praxisphase

Während der Kurszeit erarbeitete ich zusammen mit meinem Teampartner ein Reaktionsspiel (siehe nebenstehende Abbildung). Sobald der Spieler auf den Startknopf drückt, wird ein zufälliger Timer zwischen 1 und 10 Sekunden gestartet. Mit Ablauf des Timers ändert sich die Farbe des Knopfes, und es ist die Aufgabe des Spielers, bei Färbänderung möglichst schnell noch einmal zu drücken. Diese Reaktionszeit wird gemessen.

Wir begannen damit, die Anforderungen an unser Spiel gründlich zu analysieren und Ideen zur Umsetzung zu sammeln. Die Struktur des Codes skizzierten wir zunächst auf Papier, insbesondere um die Kommunikation zwischen Front- und Backend zu klären und unsere Anforderungen in die entsprechenden Komponenten der App einzuteilen. Nachdem das Grundgerüst „offline“ festgelegt war, begannen wir mit der programmatischen Umsetzung im *Pair Programming*. Dabei arbeiten zwei Entwickler an einem Computer und tauschen sich während des Entwickelns fortlaufend über den Code aus, was viele Programmierfehler durch gegenseitige Korrektur bereits in der Entstehung vermeidet.

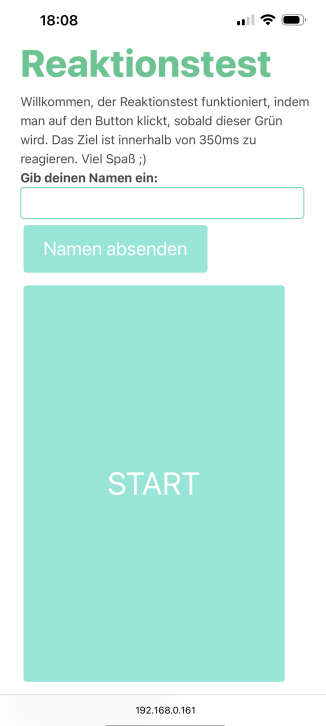


Abb. 1. Frontend des Reaktionstest. Eigene Grafik

In unserer ersten Implementierung wurde das Drücken des Startknopfes im Frontend registriert und ans Backend weitergeleitet. Nach besagter zufälligen Verzögerung von 1 bis 10 Sekunden signalisierte das Frontend dem Backend, die Farbe des Knopfes zu ändern, und der Zeitpunkt des Drückens wurde erneut ans Backend gesendet. Dieses konnte also die Reaktionszeit aus der Zeitdifferenz berechnen. Damit ergab sich allerdings eine signifikante Verfälschung der Messdaten, da die Kommunikationsverzögerung zwischen Front- und Backend in der gleichen Größenordnung liegt wie die menschliche Reaktionszeit.

In der nächsten Iteration verlagerten wir demnach das Stoppen der Zeit ins Frontend und gaben nur das Ergebnis ans Backend weiter. Dies eliminierte zwar die problematische Verzögerung, erlaubte jedoch dem Spieler, das System auszutricksen, indem er den zur Ausführung im Browser gespeicherten Code veränderte und falsche Werte ans Backend schickte. Stattdessen hätten wir auch die Verzögerung messen und von der Reaktionszeit abziehen können, für eine weitere Umsetzung fehlte uns allerdings die Zeit.

Wir lernten viel darüber, nicht nur auf Farbänderungen zu reagieren, sondern auch auf unvorhergesehene Anforderungen und Probleme in unserem Projekt.

Quellen

- <https://eu.mouser.com/applications/rfid-nfc-introduction/0> (Zugriff: 30.08.22)
- Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall: *Computer Networks*, Prentice Hall, Hoboken/New Jersey, 5th edition, 2010
- https://scholar.google.com/scholar?hl=de&as_sdt=0%2C5&q=andrew+tanenbaum+computer+networks+&btnG=0 (Zugriff: 30.08.22)

5.8 Im Gespräch – Server-Client-Kommunikation

Schüler: Toplink Li
Betreuer: Tobias Chen

Unsere Welt ist heute so vernetzt wie noch nie, und dabei bilden Computer keine Ausnahme. So wie wir Menschen verschiedene Möglichkeiten haben, einander zu kontaktieren – etwa durch Anrufe, persönliche Besuche oder Textnachrichten – können auch Software-Systeme auf unterschiedliche Arten kommunizieren. Und ganz wie bei uns haben alle Methoden Vor- und Nachteile.

Ein verbreitetes Kommunikationsmodell zwischen Geräten in einem Netzwerk ist das *Client-Server-Modell*, welches dem Namen entsprechend zwei Geräte für den Rahmen einer Interaktion in *Client* und *Server* einteilt. Der Server bietet dabei einen Dienst an, der vom Client in Anspruch genommen werden kann. Dies können zum Beispiel Daten wie Namen und Onlinestatus von Freunden in einem sozialen Netzwerk sein, welche abgerufen werden, sobald NutzerInnen sich einloggen. Oft übernimmt der Server weitere Aufgaben wie die Zugangskontrolle oder Aktualisierung von Daten.

Um sicherzustellen, dass Client und Server erfolgreich miteinander kommunizieren können, gibt es *Netzwerkprotokolle*, welche Regeln und Formate für den Datenaustausch definieren. Eines der ältesten und am weitesten verbreiteten ist das *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP), welches 1991 zur Übertragung von HTML-Seiten im Internet eingeführt wurde und seit 1992 auch andere Datentypen wie CSS, JavaScript oder Bilder übertragen kann.

Für den Datenaustausch über HTTP baut der Client zunächst eine Verbindung mittels *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP) auf, dem Basisprotokoll der Internetkommunikation. Über diese Verbindung sendet es dann eine HTTP-Anfrage, oft mit zusätzlichen Daten wie Cookies, Authentifizierung, Metadaten oder ganzen Dateien. Der Server bearbeitet die Anfrage und erwidert sie mit einer HTTP-Antwort, auch hier mit entsprechenden Daten. Die möglichen Anfragen sind danach eingeteilt, was genau mit den Daten geschieht: erstellen, lesen, aktualisieren oder löschen – im Fall von HTTP *POST, GET, PUT, DELETE*.

Aufbauend auf Netzwerkprotokollen können nun *Application Programming Interfaces* (API) definiert werden. Der Server legt dabei zwar auch fest, wie genau Anfragen gesendet werden müssen, doch diese können für jede API grundverschieden sein und ebenso die unterschiedlichsten Reaktionen auslösen. Der große Vorteil ist, dass Kommunikation anwendungsspezifisch, aber im Rahmen dieser Anwendung dennoch klar definiert ablaufen kann. Anbieter einer API können so zum Beispiel eine Liste der möglichen Anfragen bereitstellen, ohne etwas über die tatsächliche Funktionsweise ihres Systems preiszugeben. Umgekehrt müssen auch die NutzerInnen nichts über das System wissen, um die API zu verwenden.

APIs finden sich überall – der Hersteller Philips bietet beispielsweise eine API zur Steuerung seiner intelligenten Lampen an, die Twitter API ermöglicht die Einbettung von Tweets in andere Webseiten, und mit der Google Maps API können Standorte abgefragt werden.

Praxisphase

Die Akademiezeit bot in vielerlei Hinsicht die Möglichkeit, die theoretischen Kenntnisse aus der Vorbereitungszeit einzuordnen und zu vertiefen. Die Kursarbeit begann mit einer kurzen Arbeitsphase zu den vorbereiteten Themen, dann stiegen wir in die Planung unseres Kursprojekts ein.

In unserem Merkspiel „Simon Says“ wird den SpielerInnen durch bunte Lampen eine Farbreihenfolge präsentiert, die sie auf dem Handy korrekt wiedergeben sollen. Nach jeder korrekten Eingabe wird die Sequenz um ein Licht erweitert, sodass die Schwierigkeit immer weiter steigt. Zusätzlich zogen wir die Entwicklung eines Mehrspieler- und eines Herausforderungsmodus in Betracht.

Unser Verständnis zu der Datenübertragung zwischen Frontend, Backend, Datenbank, Microcontroller und Smart-LEDs war anfangs noch sehr abstrakt, und der Transfer in Programmcode stellte sich als zeitintensiver Prozess heraus. Wir entschieden uns schließlich, die Eingaben der Nutzer im Frontend zwischenspeichern, bevor sie an das Backend weitergereicht und dort an der entsprechenden Stelle in der Datenbank eingetragen werden. Sobald die Kommunikation zwischen den Komponenten geklärt war, fiel uns der Rest des Projekts sehr viel einfacher, auch wenn wir leider keine Zeit mehr für die alternativen Modi hatten.

Ausführliche Notizen, gründliche Planung und die Erklärungen unserer Betreuer waren uns auf dem Weg eine entscheidende Hilfe und ermöglichten es uns schließlich, alle Komponenten in Einklang zu bringen.

Quellen

- <https://www.youtube.com/watch?v=GZvSYJdk-us> (Zugriff: 02.09.2022)
- https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/JavaScript/Client-side_web_APIs/Introduction (Zugriff: 02.09.2022)
- <https://developer.mozilla.org/de/docs/Web/HTTP> (Zugriff: 02.09.2022)
- https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Server-side/First_steps/Introduction (Zugriff: 02.09.2022)
- https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Server-side/First_steps/Client-Server_overview (Zugriff: 02.09.2022)

5.9 Von kleinen Lampen und kleineren Computern — Microcontroller

Schüler: Philipp Semmel

Betreuer: Benedikt Ebert

Microcontroller sind spezialisierte Computerchips, die auf kleinstem Raum alle Komponenten für eine bestimmte Aufgabe vereinen. Sie sind heutzutage in zahllosen Geräten von Autos bis zu Smartphones und Uhren verbaut und aus unserer Technologie kaum noch wegzudenken.

Abbildung 1 zeigt den generischen Aufbau eines solchen Chips. Der *Processor Core* führt alle nötigen logischen Operationen aus. Der *Arbeitsspeicher* (RAM) ist für das Speichern derjenigen Daten und Programmbefehle zuständig, die aktuell für Berechnungen benötigt werden. In der *Data Storage* werden Daten dagegen längerfristig gespeichert, beispielsweise Messwerte. Die *System Clock* bestimmt über ein Signal die Frequenz der sequenziellen Operationen auf dem Chip, während der *System Bus* alle Komponenten verbindet, um Befehle und Daten zwischen ihnen auszutauschen. Ebenso ist er mit dem *Peripheral Bus* verbunden, welcher eine Schnittstelle zu externen Bauteilen wie Aktoren und Sensoren bereitstellt.

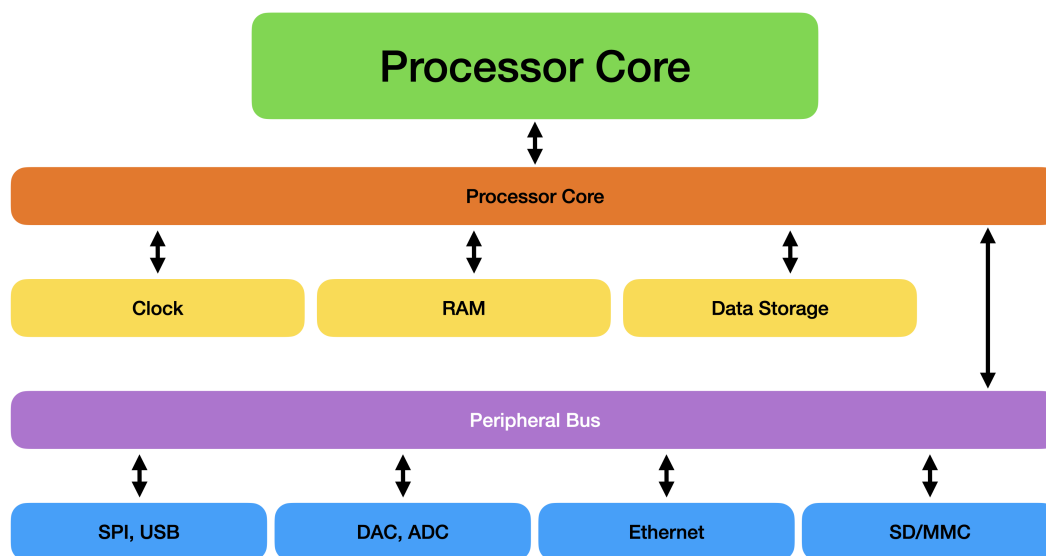


Abb. 1. Generische Architektur eines Microcontrollers. Eigene Grafik

Die meisten Microcontroller sind auf einen definierten Rahmen von Aufgaben spezialisiert. Dabei ist ihr Verhalten natürlich nicht ausschließlich über die Hardware-Architektur bestimmt, sondern auch über ihre Programmierung, die heutzutage meist in *Integrated Development Environments* (IDEs) mit Sprachen wie C++ oder Python geschrieben wird. Im Unterschied dazu sind Computersysteme wie Desktop-PCs auf mehrere Chips verteilt, was sie vielseitiger einsetzbar macht, in manchen Fällen aber auch ineffizienter als Microcontroller-Lösungen.

Praxisphase

In der Praxisphase arbeitete ich an der Implementation des Minispiels "Color Match". Nach der Anmeldung zum Spiel auf einer Webseite spielen immer drei SpielerInnen in einem Team. Ihnen wird jeweils eine der drei Grundfarben (Rot, Grün, Blau) zugeordnet, bevor eine Lampe in einer zufälligen

Farbe aufleuchtet. Nun müssen alle drei den Farbwert ihrer Grundfarbe über einen Schieberegler anpassen, um gemeinsam die Farbe der Lampe zu erreichen. Das Spiel endet, wenn die SpielerInnen nahe genug an ihre Zielfarbe herankommen.

Der erste Schritt in der Entwicklung war nicht das Schreiben von Code, sondern die Erarbeitung eines Konzepts mit Bleistift und Papier. Nachdem mein Partner und ich die Spielidee entwickelt hatten, definierten wir die verschiedenen Komponenten und ihre Aufgaben. In dieser Phase definierten wir die Multiplayer-Funktion nur insofern, als dass den SpielerInnen beim Spielstart jeweils eine Farbe und ein zufälliger Zielwert für die Gesamtfarbe zugeordnet würden.

In der Implementierung begannen wir mit der Anmeldung der Spieler. Beim Testen eines ersten Prototyps stießen wir allerdings auf Komplikationen mit dem Einstieg ins Spiel, die wir durch einen *Spielstatus* für die SpielerInnen lösten: Neu angemeldete SpielerInnen werden in den ersten Status versetzt und ihnen wird mitgeteilt, dass auf weitere Teilnehmende gewartet wird. Sobald drei SpielerInnen angemeldet sind, werden sie in den zweiten Status versetzt und das Spiel beginnt für sie. Weitere SpielerInnen werden währenddessen in den dritten Status versetzt: eine Warteschleife. Sobald ein Spiel beendet ist, werden alle aktiven SpielerInnen abgemeldet und maximal drei neue aus der Warteschleife angemeldet, also in den ersten Status versetzt.

Wir mussten feststellen, dass wir auch mit viel Zeit für Planung nicht antizipieren konnten, was die NutzerInnen alles falsch machen würden – es gilt also, Zeit für das Ungeplante einzuplanen.

Quellen

- <https://www.youtube.com/watch?v=CmvUY4S0UbI> (Zugriff: 02.09.2022)
- <https://en.wikipedia.org/wiki/Microcontroller> (Zugriff: 02.09.2022)
- <https://www.tescaglobal.com/blog/what-is-a-microcontrollers-and-how-does-it-work/> (Zugriff: 02.09.2022)
- <https://www.autodesk.com/products/eagle/blog/how-microcontrollers-work/> (Zugriff: 02.09.2022)

5.10 Leinwand und Pinsel — HTML und CSS

Schülerin: Katharina Gärtner
Betreuer: Jan Simon

Websites begegnen uns so alltäglich, dass wir sie meist als selbstverständlich hinnehmen und uns kaum Gedanken über ihren strukturellen Aufbau machen. Aber wie entsteht aus Zahlen, Zeichen und Buchstaben eine fertige Webseite?

Web Development mit *Cascading Style Sheets* (CSS) und *Hypertext Markup Language* (HTML) ist vergleichbar mit dem Malen eines Bildes. Ein *HTML-Tag* begrenzt das Dokument, welches als weiße Leinwand dient und mittels HTML mit weiteren Inhalten gefüllt wird. Einzelne Komponenten der Webseite werden jeweils von *Opening Tags* (wie `< p >`) und *Closing Tags* (wie `< /p >`) eingefasst. Zwischen den Tags stehen dann weitere Informationen, wie etwa in diesem Beispiel das Wortes „Beispieltext“ in HTML:

`< p > Beispieltext < /p >`

Im *Head Tag* sind Informationen festgelegt, die auf der Website selbst nicht angezeigt werden sollen. Dazu zählen etwa Titel und AutorIn der Seite, die stattdessen im Browsertab genannt sind. Alle inhaltlich relevanten Informationen wie Texte, Listen, Bilder, Links und Buttons dagegen finden sich im *Body Tag*. In *Opening Tags* können neue Attribute wie zum Beispiel *Klassen* hinzugefügt werden, um sie später in der Gestaltung wieder aufzugreifen.

Tags können innerhalb anderer Tags stehen. Dieses *Nesting* kann zum Beispiel dazu dienen, innerhalb eines Absatzes einzelne Wörter hervorzuheben:

```
< p > Dieser Absatz enthaelt < strong > nesting < /strong >< /p >
```

Nicht alle HTML-Tags haben Closing Tags, so etwa ``. Diese werden als *empty* oder *void elements* bezeichnet, da keine anderen Elemente oder Text in ihnen genested werden können.

Das Erscheinungsbild der bisher nur inhaltlich gefüllten Seite kann nun mit CSS angepasst werden – unserem Pinsel, der Farbe auf die Webseite bringt. HTML-Tags können in CSS direkt über ihren Namen referenziert und grafisch angepasst werden. Dazu werden in geschwungenen Klammern die gewünschten Eigenschaften angegeben, wie in Abbildung 1:

```
h1 {  
  color: rgb(74, 95, 56);  
  font-size: 4em;  
  font-family: "Courier New", Courier, monospace;  
}
```

Abb. 1. Eigenschaften einer Schrift. Eigene Grafik

Hier können Klassen verwendet werden, um zum Beispiel einen Stil auf mehrere Elemente zu übertragen. Diese CSS-Stylings werden der Übersichtlichkeit halber oft in einer separaten Datei angehängt. Es ist jedoch auch möglich, sie in den Opening Tags zu definieren oder zu modifizieren. Die beste Vorgehensweise hängt hier vor allem vom Umfang des Projekts und der Anzahl der benötigten CSS-Stylings ab.

Praxisphase

In einer Zweiergruppe entwickelten wir eine Schnitzeljagd, von der ersten Idee über eine leere Webseite zu einem interaktiven Minispiel. Ziel des Spiels ist es, mit vorgegebenen Hinweisen verschiedene Orte auf dem Burggelände zu finden.

Nach unserem Theorieteil waren wir gut darauf vorbereitet, unsere eigene Webseite zu erstellen. Wir legten den strukturellen Aufbau (HTML) und die Gestaltung (CSS) in ein einziges Dokument, verwendeten dabei aber vordefinierte Styles aus der CSS-Library *Bulma*, um unseren Code übersichtlich und den Look einheitlich zu halten. Mit Hilfe von Javascript wurde die Webseite schließlich interaktiv und ermöglichte es unseren SpielerInnen, die Burg von einer ganz neuen Seite kennenzulernen.

Quellen

- https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/Getting_started_with_the_web/HTML_basics (Zugriff: 02.09.2022)
- https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/CSS/First_steps/What_is_CSS (Zugriff: 02.09.2022)
- <https://www.w3schools.com/html/default.asp> (Zugriff: 02.09.2022)

6 Physikkurs

Astrophysik heißer und dichter Materie

Sterne erhellen unser Universum: Ohne sie wäre es kalt, dunkel, und Leben auf unserer Erde wäre nicht möglich. Gleichzeitig sind sie wichtige Quellen an chemischen Elementen in unserem Kosmos, sei es durch Nukleosynthese im Kern oder Einfangprozesse während ihres Kollapses. So stellt die Erforschung von Sternen und deren Lebenszyklus daher bis heute einen elementaren und großen Teil der modernen physikalischen Grundlagenforschung dar. Durch die Forschung an Sternen sah man Grundsätze der Quantentheorie experimentell bestätigt und auch technisch eifern wir ihnen nach, um die Energieerzeugungstechnologie der Kalten Fusion irgendwann womöglich zu realisieren. Intensiver Forschungsgegenstand ist besonders das Ende eines Sterns, denn solche hinterlassen nach ihrem Kollaps kompakte Objekte, wie Weiße Zwerge, Neutronensterne, oder Schwarze Löcher. Hierbei erhofft sich die forschende Gemeinschaft insbesondere von den Neutronensternen wichtige Rückschlüsse auf den Aufbau und die Eigenschaften von subatomarer Materie.

Bis auf die Schwarzen Löcher, haben alle genannten Beispiele eines gemeinsam: Sie haben mit den heißesten und dichtesten Zuständen der Materie im Universum zu tun. Daher haben wir uns in diesem Jahr mit diesen faszinierenden Objekten aus heißen und dichtem Plasma im Rahmen unseres Kurses beschäftigt. Wir tauchten hierfür in die Quanten- und Kernphysik ein, um die Zusammensetzung von Sternen, ihr Spektrum, und die (Fusions-)Prozesse in deren Inneren zu verstehen. Wir vollzogen nach, warum und wie Sterne kollabieren wenn sie immer schwerer werden und wie es zu den extremen Supernovae kommt. Zuletzt setzten wir uns in diesem Kurs zum Ziel zu verstehen, warum (kompakte) Sterne - wie z.B. Neutronensterne - und deren Prozesse so wichtig für das physikalische Verständnis der Natur sind und wie moderne Theorien anhand dieser getestet werden.

Kursleitung

Jan Fotakis, Doktorand am Institut für Theoretische Physik der Goethe-Universität Frankfurt am Main

Jesse Jones, Doktorand am Institut für Physikalische Chemie der Technischen Universität Berlin

Danksagung

Wir danken der Walter-Greiner-Gesellschaft zur Förderung der physikalischen Grundlagenforschung e.V. für ihre großzügige und kontinuierliche Förderung. Sie hat die Teilnahme unserer Teammitglieder finanziell unterstützt, und ohne die Gesellschaft wäre es schwer einen Physikkurs zu ermöglichen.

Darüber hinaus danken wir Prof. Dr. Wolf Aßmus für alles, was er für die Hessische Schülerakademie und insbesondere den Physikkurs getan hat. Sein Engagement und sein Rat ist unverzichtbar, und er hat den Physikkurs zu dem gemacht, was er heute ist.

6.1 Das Element Wasserstoff

Marie-Victorine Kessler
 Betreuer: Max Hansen

Vor der Einführung des Bohrschen Atommodells war das sog. Rosinenkuchenmodell ein populäres Modell, um den Aufbau eines Atoms zu erklären. In diesem Modell wird ein Atom als ein positiv geladener Brei (oder Kuchenteig) beschrieben, in welchem die negativ geladenen Elektronen - wie Rosinen - gleichmäßig verteilt sind. Dieses Modell konnte jedoch den Rutherford'schen Streuversuch nicht erklären. Hierbei schoss man α -Teilchen auf eine dünne Goldfolie der Dicke $8,6 \cdot 10^{-6}$ cm. Das Experiment zeigte, dass die meisten α -Teilchen durch die Folie entweder hindurch flogen oder leicht gestreut wurden; hingegen wurden nur selten Teilchen stark abgelenkt. Dieses Ergebnis war nicht aus dem Rosinenkuchenmodell erklärbar, da dieses einen großen Anteil an total-reflektierten Teilchen aufgrund der gleichmäßig verteilten positiven Ladungen im hypothetischen Kernmodell vorhersagte. Dagegen lässt sich die gemessene Verteilung der Streuwinkel dadurch erklären, dass sich die positiven Ladungen in einem kleinen massenreichen Kern befinden - dem Atomkern. In dieser Vorstellung würden sich dann die Elektronen in einer Atomhülle um den Atomkern herum bewegen.

Diese Rutherfordsche Vorstellung hatte jedoch ein großes Problem: Nach der klassischen Elektrodynamik würde das Elektron aufgrund seiner beschleunigten Kreisbewegung Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung verlieren. Zur Lösung postulierte Bohr anschließend im Jahr 1912 für das Wasserstoffatom, dass sich Elektronen in der Atomhülle auf gewissen wohldefinierten Bahnen mit diskreten Energien bewegen. Diese werden als stationären Zustände bezeichnet – so lautet das sog. erste Bohrsche Postulat. Darüber hinaus stehen diese stationären Zustände gleichzeitig für verschiedene Energieniveaus, die mit der Hauptquantenzahl n durchnummeriert werden können. In der Idee Bohr's muss der Drehimpuls des Elektrons auf solchen wohldefinierten Bahnen gequantelt sein. Gequantelt bedeutet, dass der Bahndrehimpuls des Elektrons lediglich ganzzahlige Vielfache des reduzierten Planckschen Wirkungsquantums $\hbar \approx 1,0546 \cdot 10^{-34}$ Js annehmen kann, d.h. mathematisch $L = m v_n r_n = \hbar n$.

Nach dem zweiten Bohrschen Postulat strahlt das Elektron auf diesen stationären Zuständen keine elektromagnetische Strahlung ab und stürzt somit nicht in den Kern wie es klassisch zu erwarten wäre. Eine Möglichkeit für das Elektron dennoch Energie aufzunehmen oder abzugeben ist die Absorption bzw. Emission eines Lichtquants (Photons). Bei der Absorption wird das Elektron hierbei auf ein höheres Energieniveau in der Atomhülle angehoben, während es bei der Emission auf ein niedriges Energieniveau fällt (siehe Abb. 1). Die Energie der Übergänge entspricht der Differenz der einzelnen diskreten Energien auf den Bahnen und diese Energiedifferenz ist gleich der Energie eines emittierten Photons, $\Delta E = h \cdot \nu$. Allgemein hängt die Frequenz ν einer Welle sowohl von ihrer Wellenlänge λ , als auch von ihrer Ausbreitungsgeschwindigkeit c ab. Es gilt $\lambda \cdot \nu = c$. Für das Photon ist c hierbei gleich der Lichtgeschwindigkeit.

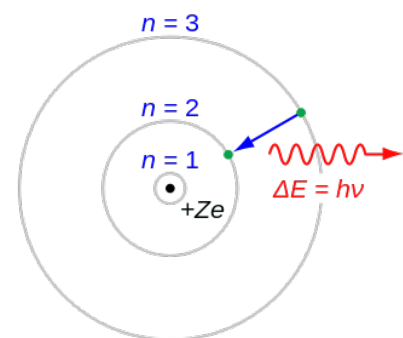


Abb. 1: Bohrsches Atommodell; Übergang des Elektrons von der dritten Schale auf die zweite Schale unter Emission eines Photons.

Das Emissionsspektrum des Wasserstoffs wird in verschiedene Klassen unterteilt. So beschreibt die Balmer-Serie den Übergang eines Elektrons von einem höheren Energieniveau auf das zweite Energieniveau ($n = 2$). Balmers Emissionsspektrum ist die einzige Spektralserie, die sich im für das menschliche Auge sichtbaren Teil des Lichtspektrums befindet. Hingegen befindet sich das Emissionsspektrum von Lyman, welches auf dem ersten Energieniveau ($n = 1$) endet, im UV-Bereich und damit außerhalb des sichtbaren Spektrums. Die Auswirkung des schalen-förmigen Aufbaus

der Atomhülle lassen sich auch in Form von Absorptionslinien im Lichtspektrum unserer Sonne feststellen. Aufgrund ihrer hohen Temperatur leuchten Sterne, d.h. sie geben ein kontinuierliches Spektrum im sichtbaren Bereich des Lichtspektrums ab. Teile dieses Farbspektrums werden aufgrund der diskreten Übergänge in den Gasatomen der Sonne (z.B. Wasserstoff) absorbiert. Dies führt zu schwarzen Streifen im Emissionsspektrum der Sonne, die als Fraunhoferlinien bekannt geworden sind. Die Fraunhoferlinien gelten als einer der Nachweise der atomaren Schalenstruktur und gaben zum ersten Mal Auskunft über die Zusammensetzung der Sonne.

Literatur

- [1] P.A. Tipler, G. Mosca, „Physik: für Wissenschaftler und Ingenieure“, 7. Auflage, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg (2015)
- [2] M. Scholz, „Die Physik der Sterne: Aufbau, Entwicklung und Eigenschaften“, 1. Auflage, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg (2018)
- [3] K.-H. Spatschek, „Astrophysik: Eine Einführung in Theorie und Grundlagen“, 2. Auflage, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg (2018)

Bildquellen

- [Abb. 1] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bohr_atom_model.svg (abg. am 30.08.2022), GNU Free Documentation License, Wikipedi-User: JabberWok.

6.2 Thermische Strahlung

Alexander Beruda
Betreuer: Max Hansen

Im alltäglichen Leben treffen wir regelmäßig auf verschiedene Prozesse der Wärmeübertragung, d.h. Transportmechanismen für Wärmeenergie. Im spezifischen zählen hierzu die *Wärmeleitung*, die *Konvektion*, und die *Wärmestrahlung*.

Wärmeleitung ist ein Transportmechanismus bei dem Wärmeenergie durch direkten Kontakt zwischen zwei Körpern übertragen bzw. geleitet wird. Diese findet insbesondere in Feststoffen und ohne jeglichen Materialtransport statt. Zur Anschauung kann man sich zwei Wärmeenergieserivoire - z.B. eine warme Tasse Tee und die kalte Umgebungsluft - vorstellen, welche miteinander durch einen Wärmeleiter - z.B. einen Löffel, der in der Tasse steht - verbunden sind. Hierbei definieren wir den Wärmestrom I als die durch den Leiter abtransportierte Wärmemenge ΔQ innerhalb eines gewissen Zeitraums, $I = \Delta Q / \Delta t$. Ähnlich wie bei der elektrischen Leitfähigkeit ist der Transportmechanismus der Wärmeleitung hierbei von drei Einflussfaktoren abhängig. Zuerst ist der Transport vom Material des Leiters abhängig, denn schon aus dem alltäglichen Leben ist klar, dass z.B. ein metallener Löffel die Wärme des Wassers in der besagten Tasse Tee besser an die Umgebungsluft ableitet als ein Holzlöffel. Diese Eigenschaft wird durch eine Materialkonstante k , die Wärmeleitfähigkeit, charakterisiert. Wie auch bei einem elektrischen Leiter ist in weiterer Einflussfaktor die Querschnittsfläche A des Wärmeleiters, denn je dünner ein Solcher ist desto weniger Wärme kann pro Zeiteinheit t durch den Leiter transportiert werden. Der dritte Einflussfaktor ist die Temperaturdifferenz vom heißeren Reservoir zum kälteren Reservoir, d.h. der Wärmegradient $\Delta T / \Delta x$ zwischen diesen. Im Falle der Wärmeleitung ergibt sich dann insgesamt für den Wärmestrom:

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = k \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x}.$$

Konvektion beschreibt den Wärmetransport in flüssigen Medien oder auch Gasen auf. Dieser geht immer mit einem Massen- bzw. Materialtransport einher, wie z.B. durch Winde bei Hoch- und Tiefdruckgebieten in der Meteorologie, oder bei Meeresströmungen.

Wärmestrahlung ist Abstrahlung von Wärmeenergie durch elektromagnetische Wellen. Betrachten wir Absorption und Reflexion von elektromagnetischer Strahlung an unterschiedliche Oberflächen, so ist alltäglich bekannt, dass schwarze Oberflächen den höchsten Absorptionsgrad haben. Des Weiteren besagt das sog. Kirchhoffsche Strahlungsgesetz, dass im thermischen Gleichgewicht das Absorptions- und Emissionsvermögen von elektromagnetischer Strahlung eines Körpers bei gegebener Wellenlänge identisch sind. Ein Körper, der ein optimales Absorptions- bzw. Emissionsvermögen besitzt wird „Schwarzer Strahler“ genannt. Als Modellvorstellungen für einen solchen Schwarzen Strahler kann ein Hohlraum mit einer kleinen Öffnung betrachtet werden. Die durch diese Öffnung eintretende Strahlung wird an den - in diesem Modell - perfekt verspiegelten Innenwänden des Hohlraums reflektiert, wobei diese Strahlung im thermischen Gleichgewicht zu den Hohlraumwänden steht. Das Strahlungsspektrum eines solchen Hohlraumstrahlers wird durch das Plancksche Strahlungsgesetz beschrieben:

$$B_{\lambda}(T) d\lambda = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{\exp\left(\frac{hc}{\lambda k_B T}\right) - 1} d\lambda,$$

welches den funktionellen Zusammenhang zwischen Wellenlänge λ , Temperatur T und der temperaturabhängigen Intensität B_{λ} quantifiziert. Hierbei sind h das von Planck hierzu extra eingeführte berühmte Plancksche Wirkungsquantum und k_B die Boltzmann Konstante.

In Abb. 1 ist das Strahlungsspektrum eines Schwarzen Strahlers für verschiedene Temperaturen über die Wellenlänge der emittierten Strahlung gezeigt. Es lässt erkennen, dass um so höher die Temperatur des Strahlers ist, desto mehr verschiebt sich das Emissionsmaximum zum kurzwelligeren Spektrum. Innerhalb des Graphen ist das Emissionsspektrum der Sonne, d.h. für $T \approx 5700\text{ K}$, in gelb dargestellt. Daraus lässt sich ablesen, dass die Sonne im für den Menschen sichtbaren Spektrum in allen Farben strahlt, wobei die höchste Intensität im grünen Teil des sichtbaren Spektrums liegt. Das Mittel aller Intensitäten liegt jedoch im gelben Bereich des sichtbaren Spektrums, weshalb die Sonne für uns gelb erscheint. Im Gegensatz zur Sonne ist die Intensität der Schwarzkörperstrahlung der Erde deutlich geringer, da die Oberflächentemperatur eines Körpers auf der Erde mit typischer Temperatur von ungefähr 300 K sehr viel niedriger als die der Sonne ist. Dementsprechend liegt das Strahlungsspektrum nicht im sichtbaren Bereich für Menschen.

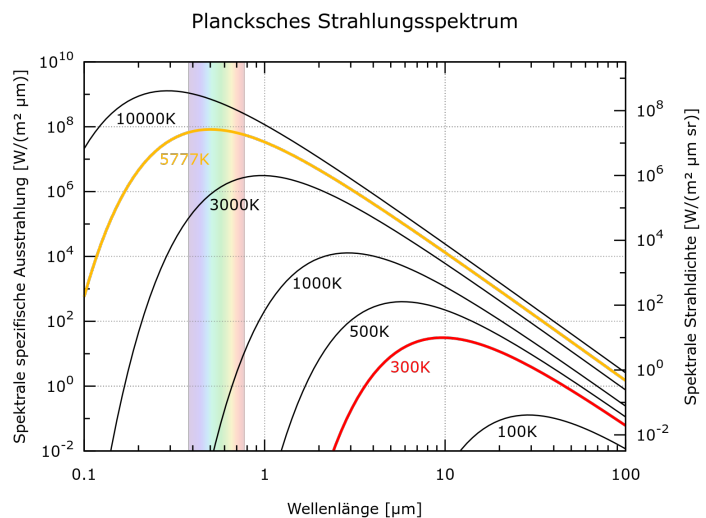


Abb. 1: log-log-Plot des Hohlraumstrahlungsspektrums verschiedener Temperaturen

Die durch einen schwarzen Strahler über seine Oberfläche A abgestrahlte Intensität P wird durch das Stefan-Boltzmann-Gesetz beschrieben in dem die Beziehung zur Temperatur T über die Stefan-Boltzmann-Konstante σ hergestellt wird.

$$P = A\sigma T^4.$$

Dieses Gesetz findet unter anderem in der Astrophysik Anwendung. Denn wenn man über das Spektrum der Strahlung die Temperatur eines Sterns und daraus dessen Leuchtkraft ermittelt, kann man die Distanz zwischen der Erde und dem betrachteten Stern bestimmen.

Literatur

- [1] P.A. Tipler, G. Mosca, „Physik für Wissenschaftler und Ingenieure“, 7. Auflage, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg (2015)
- [2] K.-H. Spatscheck, „Astrophysik: Eine Einführung in Theorie und Grundlage“, 2. Auflage, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg (2018)

Bildquellen

[Abb. 1] <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=60809691> (abg. am 30.8.2022), CC BY-SA 4.0, Prog

6.3 Einführung in die Kernphysik

Leonie Kiara Bepler
 Betreuer: Jakob Lohr

Der Kern eines Atoms, welchen man auch als Nukleus bezeichnet, besteht aus Protonen und Neutronen. Letztere besitzen keine elektrische Ladung wogegen Protonen positiv geladen sind. Als Oberbegriff für beide Bestandteile des Nukleus verwendet man das Wort „Nukleon“. Die Nukleonen sind im Kern gebunden, sodass sie sich nicht frei aus dem Kern bewegen (Abb. 1). In dieser Bindung steckt Energie. Um Atomkerne klassifizieren zu können, verwendet man eine sogenannte Nuklidkarte. In dieser lassen sich alle Atomkerne anhand von Protonenanzahl Z (oder auch Ladungszahl genannt) und Neutronenanzahl N ordnen (Abb. 2). Aus diesen zwei Kennzahlen definiert man eine weitere: Die sog. Massenzahl, welche die Anzahl aller Nukleonen im gegebenen Kern ist, $A = Z + N$. Ein Nuklid lässt sich dann kurz kennzeichnen über dessen Ladungs- und Massenzahl z.B. das Kohlenstoff mit 6 Protonen und 8 Neutronen (Massenzahl 14) kann entweder als ^{14}C , wobei die Ladungszahl durch die Elementbezeichnung des Kohlenstoffs (C) gekennzeichnet wird, oder ausführlicher über Massen- und Ladungszahl $^{14}_6\text{C}$ geschrieben werden.

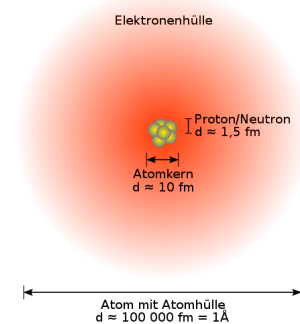


Abb. 1: Aufbau des Atomkerns

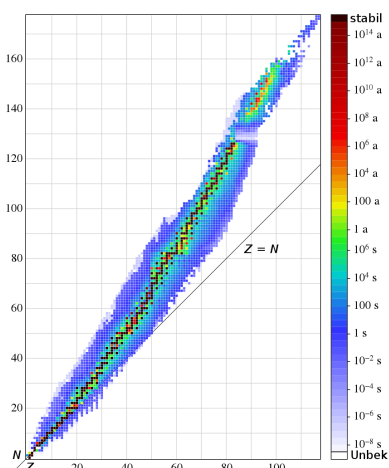


Abb. 2: Nuklidkarte

Darüber hinaus ordnet man Atomkerne ausgehend von einem Referenzkern abhängig von ihrer Ordnungs-, Massen- und Neutronenzahl in verschiedene Gruppen: die Isobare, Isotope und Isotone. Isobare eines Nuklids sind Elemente, die sich zwar in der Ladungszahl aber nicht in der Massenzahl $A = N + Z$ unterscheiden (z.B. ist $^{14}_6\text{C}$ isobar zu $^{14}_7\text{N}$). Bei den Isotopen ist die Ladungszahl Z (z.B. ist $^{14}_6\text{C}$ ein Isotop des stabilen $^{12}_6\text{C}$) und bei Isotonen ist die Neutronenanzahl N zwischen den gegebenen Nukliden gleich (z.B. ist Deuterium ^2_1H isoton zu ^3_2He). Die elektrische Ladung eines Kerns $Q = eZ$ lässt sich über die Ladungszahl und Elementarladung e berechnen.

Es gibt vier fundamentale Wechselwirkungen: das sind die elektromagnetische, die starke sowie schwache Wechselwirkung und die Gravitation. Für kernphysikalische Prozesse sind jedoch maßgeblich die starke und schwache Wechselwirkung relevant.

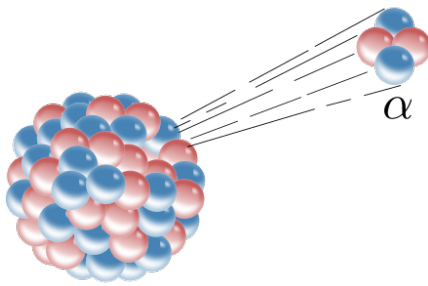


Abb. 3: Schematische Darstellung des α -Zerfalls

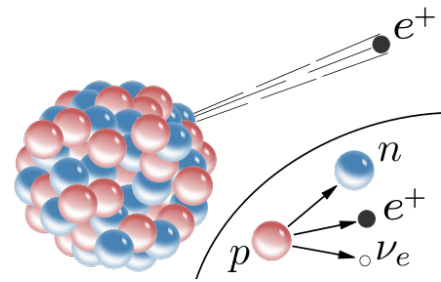


Abb. 4: Schematische Darstellung des β^+ -Zerfalls

Die Stabilität bzw. Instabilität ist eine Eigenschaft eines Atomkerns, bei der die Atomkerne mit zunehmender Massenzahl instabiler werden. Allgemein gilt, je größer die Bindungsenergie ist, desto stabiler ist ein Nukleus. Instabile Atomkerne zerfallen nach einer endlichen Lebensdauer und es kommt zur Emission von ionisierender Strahlung. Bei einem Zerfall zerbricht der Kern spontan in (mehrere) Kernfragmente oft begleitet von Teilchenstrahlung. Voraussetzung hierfür ist, dass die Energie des Anfangszustandes größer als die des Endzustandes sein muss sowie das Durchbrechen der Potentialbarriere des Kerns. Bei der sog. Kernspaltung trennt sich ein großer Kern in zwei kleinere Kerne und Neutronen auf. Dieser Vorgang kann kontrolliert, beispielsweise in einem Kernkraftwerk, ablaufen.

Zu den wichtigsten Zerfallsarten gehören der Alpha-, Beta-, und Gammazerfall sowie die Kernspaltung. Bei dem Alphazerfall kommt es zur Emission eines Alphateilchens (ein ${}^4_2\text{He}$ -Kern), welchem durch die frei werdende Bindungsenergie kinetische Energie zur Verfügung steht (Abb. 3). Bei dem Betazerfall unterscheidet man den β^+ - und β^- -Zerfall. Beim β^+ -Zerfall wird ein Proton unter Emission eines Positrons (e^+) und Elektroneneutrinos (ν_e) in ein Neutron umgewandelt (Abb. 4), wogegen beim β^- -Zerfall ein Neutron unter Emission eines Elektrons (e^-) und eines Anti-Elektroneneutrinos ($\bar{\nu}_e$) in ein Proton umgewandelt wird (Abb. 5). Der Gammazerfall tritt unter anderem als Folge des Alpha- oder Betazerfalls auf, wenn der Kern in einem angeregten Zustand zurückbleibt (Abb. 6). Der Kern emittiert hierbei Gammastrahlung (ein hochenergetisches Lichtteilchen oder auch genannt Photon) und fällt dabei in den Grundzustand des Kerns zurück.

Des Weiteren gibt es Erhaltungssätze, welche besagen, dass sogenannte Erhaltungsgrößen, bei bei obigen Zerfallsprozessen unverändert bleiben. Dabei kann im Zuge der Energieerhaltung ein leichtes Teilchen nicht in ein Schweres zerfallen oder ein schweres Teilchen nicht in nur ein einziges leichtes Teilchen. In der Folge können neue Teilchen nur erzeugt werden, sobald ausreichend Energie zur Verfügung steht da Energie weder erzeugt noch vernichtet werden kann.

Die Erforschung des Aufbaus, Zerfalls von und Prozessen in Atomkernen prägt seit dessen Beginn den Erkenntnisgewinn und die technologische Entwicklung der Menschheit. Auch heute findet sich derartige Forschung überall wieder: sei es in der nuklearmedizinischen Entwicklung zur Bekämpfung von Krebserkrankungen oder in der Konstruktion von hochpräzisen Kernuhren.

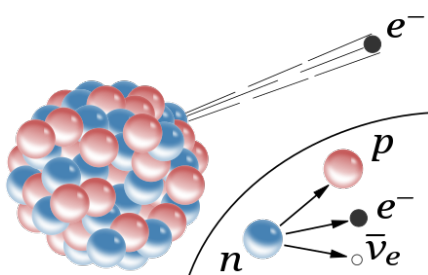


Abb. 5: Schematische Darstellung des β^- -Zerfalls

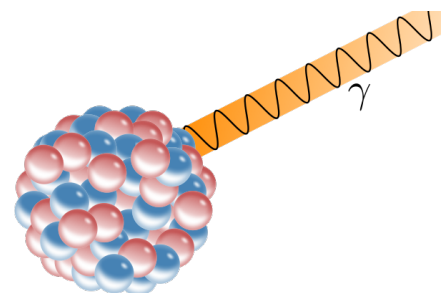


Abb. 6: Schematische Darstellung des γ -Zerfalls

Literatur

- [1] Wolfgang Demtröder, „Experimentalphysik 4“, 5. Auflage, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg (2017)
- [2] Bodgan Povh et al., „Teilchen und Kerne“, 9. Auflage, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg (2013)

Bildquellen

- [Abb.1] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Atom-schematic_de.svg (abg. am 30.08.2022), CC BY-SA 3.0, Urheber: Wikipedia-Nutzer Cweiseke
- [Abb.2] https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Isotopes_and_half-life.svg (abg. am 30.08.2022), Nutzung gemeinfrei, Urheber: Wikipedia-Nutzer BenRG
- [Abb.3] https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Alpha_Decay.svg (abg. am 30.08.2022), Nutzung gemeinfrei, Urheber: Wikipedia-Nutzer Inductiveloat
- [Abb.4] https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Beta-plus_Decay.svg (abg. am 30.08.2022), Nutzung gemeinfrei, Urheber: Wikipedia-Nutzer Master-m1000
- [Abb.5] https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Beta-minus_Decay.svg (abg. am 30.08.2022), Nutzung gemeinfrei, Urheber: Wikipedia-Nutzer Inductiveloat
- [Abb.6] [https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Gamma_radiation_\(alternative\).svg](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Gamma_radiation_(alternative).svg) (abg. am 30.08.2022), CC BY-SA 3.0, Urheber: Wikipedia-Nutzer Inductiveloat und Habitor terrae

6.4 Gebundene Systeme und Zerfälle

Luisa Priebe
Betreuer: Justin Mohs

Physik ist eine empirischen Wissenschaft. Dies bedeutet, dass Experimente getätigt und Beobachtungen analysiert werden, welche dann in mathematische Formulierungen und Gesetze gefasst werden. Gibt es widersprüchliche Beobachtungen zu den bisher aufgestellten Gesetzen, so müssen letztere angepasst werden. Beispielsweise hat der sogenannte Massendefekt vielen Physikern einige Zeit lang etliche Kopfschmerzen bereitet: Die aufsummierte Masse der Nukleonen beträgt weniger als die Masse des Atomkerns, der rein aus diesen Nukleonen zusammengesetzt ist. Eine Analogie unseres alltäglichen Lebens wäre ein Turm aus 100 Bauteilen, der weniger wöge, als die aufaddierten Massen derselben. Dies konnte schließlich mithilfe der sog. Masse-Energie-Äquivalenz und der starken Kernkraft erklärt werden. Die starke Kernkraft wirkt im Atomkern zwischen den einzelnen Nukleonen (also Protonen und Neutronen) und hält den Kern zusammen. Um einen Atomkern wiederum in seine Einzelteile zu zerlegen, müsste man die damit einhergehende Bindungsenergie ΔE aufwenden. Jene Energie kann mit Einsteins Masse-Energie-Äquivalenz, $\Delta E = \Delta mc^2$, durch die Beziehung über die Lichtgeschwindigkeit c auch als Masse (hier Δm) dargestellt werden und damit wird folgende Gleichung vollständig: Die resultierende Gesamtmasse M des Atomkerns ist folglich gleich der mit der Bindungsenergie assoziierten Masse Δm subtrahiert von den summierten Einzelmassen aller Nukleonen im Kern, genannt: der Massendefekt.

Doch wie genau lässt sich eigentlich die Bindungsenergie beschreiben? Dahinter kamen schließlich zwei Physiker namens Hans Bethe und Richard von Weizsäcker: Sie fassten die Bindungsenergie als Formel zusammen, welche maßgeblich durch folgende fünf Faktoren beeinflusst wird: Volumen und Oberfläche des Kerns, Coulombabstoßung der Protonen, Symmetrie der Nukleonen und Paarungsmöglichkeiten derselben. Insgesamt entsteht so die Bethe-Weizsäcker-Massenformel, welche

den Massendefekt quantifiziert und dafür die Bindungsenergie miteinbezieht. So erhält der Ausdruck für die Gesamtmasse des Atomkerns $M = M(A, Z)$ in Abhängigkeit von Nukleonenzahl A und Ladung Z folgende Form:

$$M(A, Z) = \underbrace{NM_n + ZM_p}_{\text{Masse Nukleonen}} - \underbrace{\left(a_v A - a_s A^{2/3} - a_c \frac{Z^2}{A^{1/3}} - a_a \frac{(N - Z)^2}{4A} - \frac{\delta}{A^{1/2}} \right)}_{\text{Bindungsenergie } \Delta E} / c^2$$

Hierbei sind die Konstanten M_n und M_p die Massen von Neutronen und Protonen. Des Weiteren sind a_v, a_s, a_c, a_a und δ sind für den jeweiligen Atomkern experimentell bestimmte Parameter. So hat man in jener Formel ein relativ einfaches Modell gefunden, welches eine erstaunlich gute Annäherung an die experimentell bestätigten Kernmassen bietet; ein nützliches Werkzeug, um Kernfusion und -zerfälle besser zu verstehen. Dadurch lässt sich bestimmen, welche Kerne fusionieren, welche zerfallen, und wie viel Energie bei jenen Prozessen jeweils frei wird.

Literatur

- [1] B. Povh et al., „Angewandte Physik“, 2. Auflage, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg (2014)
- [2] B. Povh, E. Soergel, „Teilchen und Kerne“, 9. Auflage, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg (2014)

6.5 Nukleosynthese und Fusion

Johanna Schubert
Betreuer: Justin Mohs

Wer bin ich? Wozu gehöre ich? Und woher komme ich?

Fragen, die sich jeder einmal stellt und die man vermutlich nicht unbedingt auf physikalischer Basis beantwortet haben möchte. Aber wieso eigentlich nicht? Immerhin ergibt es nur Sinn, sich mit dem Ursprung zu beschäftigen, wenn man sich selbst hinterfragen möchte. Ich kann eine einfache Antwort auf diese Fragen liefern: Sternenstaub. Die Aussage „Wir bestehen alle aus Sternenstaub“, sollte man tatsächlich teilweise wörtlich nehmen.

Gehen wir von dem kosmologischen Standardmodell aus, dass es einen Urknall vor circa 13,8 Milliarden Jahren gegeben hat, durch den Raum, Zeit und Materie entstanden sind, können wir die zeitliche Entwicklung des Universums annähernd verfolgen und erklären. Beginnend bei dem sogenannten Urganz, aus dem circa 400 Millionen Jahre nach dem Urknall die ersten Sterne durch Gravitationsdruck und Kontraktion entstanden sind. Diese bestanden hauptsächlich aus Wasserstoff, der in diesen Sternen fusioniert. Fusion bedeutet, dass zwei Atomkerne - in diesem Fall zwei Wasserstoffatomkerne - über weitere Schritte zu Helium-3- (${}^3_2\text{He}$), bzw. später zu den stabileren Helium-4-Kernen (${}^4_2\text{He}$) fusionieren. Bei diesen Prozessen wird Energie frei. Das ist essenziell für das Leben auf der Erde, denn unsere Sonne zieht aus der Wasserstofffusion ihre Energie und Leuchtkraft. Das heißt, gäbe es keine Wasserstofffusion in der Sonne, wäre es auf der Erde extrem kalt und dementsprechend wäre kein Leben möglich.

Jedoch existieren auch noch schwerere Elemente als Wasserstoff oder Helium z.B. in unserer Sonne oder unser Sonnensystem. Die Basis ihrer Entstehung ist die vorher benannte Wasserstofffusion. Zuerst muss ein Stern seinen Wasserstoffvorrat verbrennen, damit er zu weiteren Fusionsphasen übergeht, bis sein Kern aus Eisen besteht und er schließlich explodiert. Das durch Wasserstofffusion

entstandene Helium beginnt zu fusionieren. Diese Phase nennt sich „Heliumbrennphase“. Dabei entsteht im ersten Schritt Kohlenstoff, der dann mit weiteren Heliumkernen fusioniert, wodurch schwerere Elemente entstehen, wie Sauerstoff, Neon, Magnesium und Silizium. Diese fusionieren dann jeweils mit Kernen desselben Elements. Das bezeichnet man als Kohlenstoff-, bzw. Sauerstoff-, Neon-, Magnesium- und Siliziumbrennen. Je schwerer das fusionierte Element ist, desto weiter sinkt der Stoff aufgrund seiner höheren Masse zum Kern des Sterns ab - es kommt zur Schichtenbildung in dem Stern. Das geht so weiter, bis der Kern eines Sternes aus Eisen besteht. Jede dieser erwähnten Brennphasen kann nur dann einsetzen und aufrechterhalten werden, solange der Stern genügend hohe Temperaturen erreicht, die diese Brennphasen vorantreiben. Voraussetzung hierfür ist dessen eigene Masse.

Der Eisenkern hat die höchste Bindungsenergie pro Nukleon, weshalb sein Zustand am energetisch günstigsten ist. Aus diesem Grund stoppt die Fusion spätestens an diesem Punkt, woraus folgt, dass nun nicht mehr genug Strahlungsdruck aufgebaut wird, um der Gravitation zu widerstehen: Der Stern kollabiert. Die daraus resultierende Supernova führt zur Entstehung noch schwererer Elemente als Eisen.

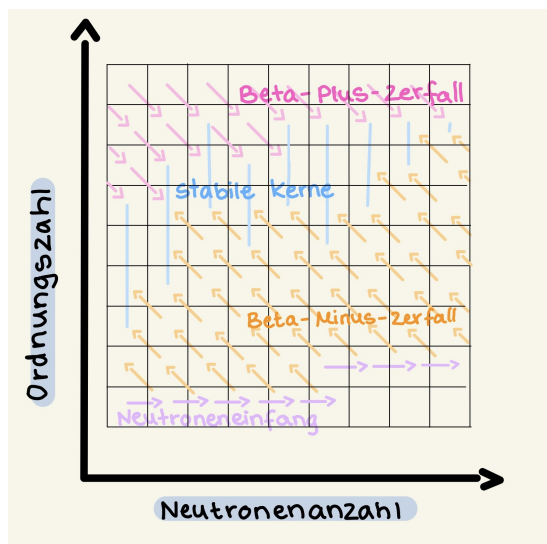


Abb. 1: Schematische Darstellung der Zerfallswege auf der Nuklidkarte (Grafik selbst erstellt von Johanna Schubert).

Stern nach einer Zeit explodiert und schwerere Elemente entstehen können. Bei dieser Explosion entstehen zudem Gaswolken, die dann wieder zu Sternen werden und sich die Vorgänge wiederholen.

Dabei fliegen sehr viele Teilchen - insbesondere die Neutronen - umher. Genau diese braucht es, damit Eisen durch den sog. Neutroneneinfangen zu schwereren Isotopen wird. Die Massenzahl des Eisen-Isotops steigt hierbei bis es schließlich instabil wird, weil der Neutronenüberschuss zu hoch ist (siehe Abb. 1). In Folge dessen zerfällt es zu dem nächst stabileren Isobar; einem neuen, schwereren Element derselben Massenzahl, jedoch einer höheren Ordnungszahl, denn eines der Neutronen ist durch den Beta-Minus-Zerfall zu einem Proton geworden. Dieser Vorgang wiederholt sich: Es werden Neutronen aufgenommen, bis die Isotope wieder zum nächst stabileren Isobar zerfallen.

So entstehen Elemente: Aus Sternstaub, bzw. Gaswolken, die zu Sternen werden, in denen Fusion stattfindet, weshalb der

Wenn du dich also das nächste Mal fragst: „Wer bin ich eigentlich?“

Schau in die Sterne und denk an deinen Ursprung.

Sternenstaub.

Wunderschön, nicht wahr?

Literatur

- [1] B. Povh, E. Soergel, „Anschauliche Physik“, 2. überarbeitete und ergänzte Auflage, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg (2014)
- [2] F. Boblest, T. Müller, G. Wunner, „Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie“, 1. Auflage, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg (2016)

6.6 Lebenszyklus und Klassifizierung von Sternen

Clara Katharina Gries
Betreuer: Annika Simon

Die Entstehung eines Sterns beginnt in interstellaren Gas- und Staubwolken, besser gesagt in Nebeln, die größtenteils aus Wasserstoff und Helium bestehen. Ein Beispiel für einen solchen Nebel ist der Orionnebel in unserer eigenen Galaxie (siehe Abb. 1). Die sogenannten Molekülwolken, in denen Sterne entstehen, sind dadurch charakterisiert, dass sie besonders kalt (10 - 20 Kelvin im Inneren, circa 100 Kelvin am Rand) und dicht sind; dort lagern sich Atome zu Molekülen zusammen.

Die Schwerkraft der Gasteilchen in der Wolke sorgt als treibende Kraft dafür, dass sich die Teilchen anziehen und die Wolke dadurch immer weiter komprimiert wird; sie wird kleiner, dichter und schließlich zu einer Kugel aus Gas. Die Gasteilchen stehen nun unter hohem Druck und die Temperatur steigt somit ebenfalls. Sobald dann ein kritischer Punkt erreicht ist, an dem es so heiß ist, dass die Wasserstoffteilchen miteinander zu Helium verschmelzen, (also die Kernfusion einsetzt), kommt es zur Freisetzung von Energie und der Stern fängt an zu leuchten. Die Strahlung eines Sternes stößt das bei dessen Entstehung zu schwach an den Stern gebundene Gas nach außen ab, wobei die leichteren Gase weit nach außen geschoben werden und die schwereren Staubwolken in der Nähe des Sterns bleiben. Aus diesen Staubwolken können sich dann schließlich Planeten bilden. Im Sterninneren herrscht nun aufgrund der Strahlung ein Gegendruck zur Gravitation, der dafür sorgt, dass

der Stern stabilisiert wird und nicht unter seiner eigenen Gravitation zusammenfällt. Dieses Gleichgewicht, welches nun vorherrscht, nennt man auch das hydrostatische Gleichgewicht. Die äußere Kraft, die Gravitation, gleicht sich hier mit den inneren Kräften, also dem Gasdruck, dem Strahlungsdruck und dem Zentrifugaldruck aus. Wenn der Stern das Stadium der Kernfusion erreicht, befindet er sich auf der sogenannten Hauptreihe; dort verweilen diese Sterne auch die meiste Zeit ihres Lebens. Das bedeutsamste Merkmal eines Hauptreihensterns ist die Verschmelzung von zwei Wasserstoffteilchen zu einem Heliumteilchen. Da ein Stern üblicherweise zu 90% aus Wasserstoff besteht, findet die Wasserstofffusion für die meiste Zeit ihrer aktiven Lebensdauer statt. Auf der Hauptreihe liegt zum Beispiel auch unsere Sonne. Sie hat gerade ungefähr die Hälfte ihres Lebens mit einem Alter von circa fünf Milliarden Jahren erreicht und befindet sich dementsprechend in ihrer stabilen Phase. Sobald der Wasserstoffvorrat eines Hauptreihensterns aufgebraucht ist, nähert sich der Stern dem Ende seines Lebens und es finden neue, masseabhängige Prozesse statt. Ein Stern, der masseärmer ist, bläht sich zu einem roten Riesen auf und endet schließlich als weißer Zwerg, so wie es auch unsere Sonne in schätzungsweise fünf Milliarden Jahren tun wird. Ein massereicher Stern, der circa mehr als achtmal die Masse unserer Sonne hat, bläht sich, erstmal ähnlich wie ein Stern mit wenig Masse, zu einem roten Überriesen auf. Jedoch endet ein massereicher Stern nicht als weißer Zwerg, sondern entwickelt sich - wieder abhängig von der Masse - nach einer Supernova entweder zu einem Neutronenstern oder einem schwarzen Loch. Durch die Supernova wird Gas ins All geschleudert, aus dem sich wieder neue Sterne bilden können. Das Leben eines Sternes ist, ganz wie unser Eigenes, ein beeindruckendes Ereignis.

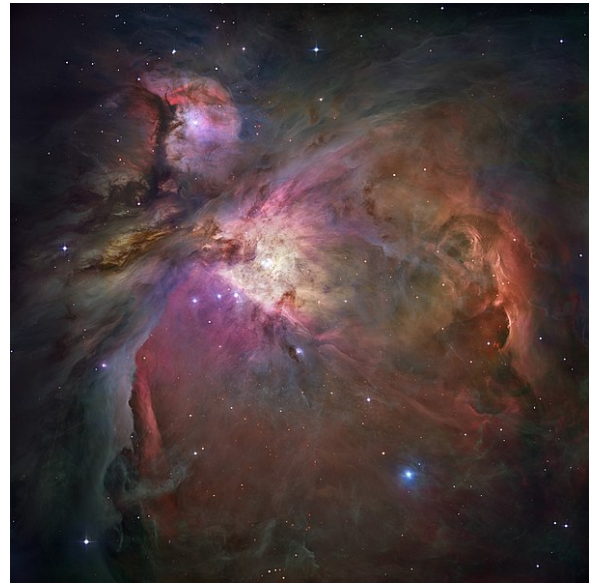


Abb.1: Orionnebel aufgenommen durch das Hubble-Teleskop.

Literatur

- [1] J. Bennett, M. Donahue, N. Schneider und M. Voit, „Astronomie- die kosmische Perspektive“, 5. aktualisierte Auflage, Pearson Studium (2009)
- [2] „Wie entstehen Sterne?“, https://www.planet-schule.de/mm/die-erde/Barrierefrei/pages/Wie_entstehen_Sterne.html (abg. am 30.08.22)
- [3] „Was ist das hydrostatische Gleichgewicht?“, <https://sternentstehung.de/was-ist-das-hydrostatische-gleichgewicht> (abg. am 30.08.22)
- [4] U. Schäfer, „Molekülwolken und Turbulenz“ (Uni Hamburg), https://www.physik.uni-hamburg.de/en/hs/group-banerjee/_documents/teaching/ws-13-14-Proseminar-Astrophysik/molekuelwolken-und-turbulenz.pdf (abg. am 30.08.22)

Bildquellen

- [Abb. 1] https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Orion_Nebula_-_Hubble_2006_mosaic_18000.jpg (abg. am 30.08.22), Nutzung gemeinfrei; NASA, ESA, M. Robberto (Space Telescope Science Institute/ESA) and the Hubble Space Telescope Orion Treasury Project Team

6.7 Kompakte Sterne

Lara-Sophie Theissen
Betreuer: Jan Fotakis

Sterne fusionieren Wasserstoff, bauen dadurch einen Strahlungsdruck auf und bleiben somit stabil. Doch was passiert, wenn der gesamte Wasserstoff aufgebraucht wurde? Es werden unter höheren Temperaturen und Druck noch weitere Elemente fusioniert, schlussendlich sind auch diese Elemente aufgebraucht, oder es fehlt an Energie, um noch schwerere Stoffe zu fusionieren. Dann haben Sterne ihr Endstadium erreicht und sie „sterben“: sie kollabieren und werden zu einem kompakten Stern.

Zunächst muss man beachten, dass Sterne während ihres Lebens nicht alle gleich groß und gleich massereich sind, weshalb sie auch nicht alle gleich enden. Kleinere Sterne, wie unsere Sonne und auch 97% aller Sterne, werden als sogenannter „weißer Zwerg“ enden. Größere, massereichere Sterne, die die sog. Chandrasekhar-Grenzmasse überschreiten, werden als Neutronenstern enden. Wenn kaum Fusionsprozesse mehr innerhalb der Sterne stattfinden, fällt dieser Weg der Strahlungserzeugung weg, sodass der Strahlungsdruck nicht mehr ausreicht, um den Stern zu stabilisieren. Der Stern gerät aus dem hydrostatischen Gleichgewicht und kollabiert. Bei diesem Kollaps stürzen die einzelnen Schichten des Sterns aufgrund der hohen Gravitation nach innen. Das Gas im Kern wird dabei extrem komprimiert, wodurch es sich plötzlich stark erhitzt und sich explosionsartig ausdehnt. Massearme Sterne kollabieren jetzt nach und nach zu einem weißen Zwerg und die äußere Hülle wird abgestoßen. Bei massereicheren Sternen prallen die nachstürzenden, äußeren Schichten auf den Eisenkern des Sterns, wodurch es zur Erzeugung einer nach außen gerichteten Schockwelle kommt. Diese komprimiert die nachfallenden Schichten zusätzlich und der Stern explodiert in einer Supernova wonach entweder ein Neutronenstern oder Schwarzes Loch zurückbleibt. Dieser abrupte Sternkollaps passiert innerhalb weniger Millisekunden.

Nach dem Kollaps sind die Fermionen, beispielsweise Protonen, Elektronen und Neutronen in kompakten Sternen dicht gepackt. Die Gravitation würde zu einer noch höheren Dichte dieser Teilchen führen, da sie nach innen wirkt, allerdings wirkt der Entartungsdruck der Elektronen dagegen. Dieser Druck kommt durch das Pauli-Prinzip zustande, welches besagt, dass zwei identische Fermionen nie den selben Quantenzustand einnehmen, also nicht zur gleichen Zeit am gleichen Ort sein können. In massearmen Sternen reicht der Elektronentartungsdruck aus, um die Sterne zu

stabilisieren (ein Weißer Zwerg entsteht), wogegen in sehr massereichen Sternen dieser Druck nicht ausreicht um die überwältigende Gravitation des Sterns zu kompensieren. Durch den hohen Druck werden die Elektronen hierbei quasi in die vorhandenen Protonen gedrückt und es kommt zum inversen Betazerfall. Dabei wandeln sich ein Elektron und ein Proton in ein Neutron und ein Elektronneutrino um. Durch die dadurch entstehenden Neutronen, die ebenfalls Fermionen sind und somit dem Pauli-Prinzip unterliegen, wird der Neutronenstern schließlich stabilisiert. Nachdem ein Stern kollabiert ist und sich wieder in der Form eines kompakten Sterns stabilisiert hat, haben weiße Zwerge einen Radius von ca. 6000 - 7000 Kilometern, wohingegen Neutronensterne lediglich einen Radius von ca. 10 - 20 Kilometern haben. Den Namen „kompakte Sterne“ erhalten diese, dadurch dass sie u.a. eine extrem hohe Dichte besitzen. Im Falle eines Neutronensterns ist diese vergleichbar mit einem Stück Würfelzucker, das ein Gewicht von ungefähr einer Milliarden Tonnen besitzt. Zudem haben kompakte Sterne eine erhöhte Rotationsgeschwindigkeit, da der Drehimpuls des ursprünglichen Sterns während des Kollapses erhalten bleibt, der Radius aber um einen Faktor von 10^4 verringert wird. Man kann diesen Effekt mit einer Tänzerin vergleichen, die während einer Pirouette ihre Arme anzieht und sich dadurch plötzlich viel schneller dreht als zuvor. Durch die hohe Rotationsgeschwindigkeit besitzen sie auch sehr starke Magnetfelder. Bei manchen Neutronensternen werden diese Eigenschaften noch extremer beobachtet: Neutronensterne, die sich sehr schnell drehen und an ihren Polen elektromagnetische Strahlung im Radio- bis Röntgenbereich emittieren, werden Pulsare genannt. Der am schnellsten rotierende bekannte Pulsar dreht sich innerhalb 1,4 Millisekunden einmal um sich selbst.

Als eines der extremsten Objekte in unserem Universum sind Neutronensterne hoch interessant für die aktuelle Forschung. Durch die Beobachtung dieser Sterne und ihrem Verhalten können wir Aufschluss über den Aufbau und die Eigenschaften extrem dichter Kernmaterie gewinnen. Im Gegensatz zu früher lassen sich viele dieser Effekte mittlerweile besser vermessen, weshalb sie in den letzten 10 Jahren an enormer Aufmerksamkeit und Bedeutung gewonnen haben. Wir dürfen weiterhin gespannt sein, welche neuen Einblicke wir über unser Universum in den nächsten Jahrzehnten erhalten werden.

Literatur

- [1] S. Boblest, T. Müller, G. Wunner, „Spezielle und Allgemeine Relativitätstheorie“, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg (2016)

6.8 Quellen der kosmischen Strahlung

Jonas Leander Gerharz
Betreuerin: Annika Simon

Jede Sekunde treffen unzählige Teilchen aus den Tiefen des Weltalls auf die Erdatmosphäre und lösen dort Kettenreaktionen auf subatomarer Ebene aus. Auf der Oberfläche unseres Planeten können dann mittels großer Detektoranlagen wie etwa dem Pierre-Auger-Observatory in der argentinischen Region La Pampa großflächig verschiedenste hochenergetische Teilchen detektiert werden. Die Energien der Teilchen, die aus dem All selbst kommen und über die Kettenreaktion die Emission der sogenannten sekundären kosmischen Strahlung in der Erdatmosphäre auslösen, reichen hoch bis zu $3,2 \cdot 10^{20}$ eV. Zum Vergleich: Der Large Hadron Collider am CERN – der leistungsstärkste Teilchenbeschleuniger der Welt – kann Teilchen auf bis zu $1,4 \cdot 10^{13}$ eV beschleunigen. Das heißt, dass die Energie, die der LHC erreichen kann, nur einem Zwanzigmillionstel der Energie entspricht, die das energiereichste kosmische Teilchen, das je gemessen wurde, besaß. Hieraus folgt, dass die kosmische Strahlung sehr wichtig für die Forschung an hochenergetischen Teilchen ist. Zentral für die Frage, was uns die kosmische Strahlung über die Grundsteine unseres Universums verraten kann, ist die,

woher sie überhaupt kommt. Diese Frage konnte seit ihrer ersten Postulierung 1910 von Theodor Wulf und dem ersten Nachweis ihrer Existenz durch Viktor Hess zwischen 1911 und 1913 noch immer nicht eindeutig geklärt werden. Der Brite Michael Hillas stellte Jahrzehnte später mehrere hypothetische Rechnungen an, durch die er untersuchte, bis zu welchen Energien geladene Kerne in den Magnetfeldern bestimmter kosmischer Körper gefangen bleiben und dadurch in ihnen beschleunigt werden können. Hierbei ging er vereinfacht von statischen Magnetfeldern aus. Unabhängig von den exakten Beschleunigungssystemen stellte er so dar, welche kosmischen Körper welche Teilchen bis zu welchen Energien beschleunigen könnten. Ein paar der betrachteten kosmischen Körper sind Pulsare, aktive galaktische Kerne und Kernkollaps-Supernovae. Pulsare sind Neutronensterne, die extrem schnell rotieren und an den magnetischen Polen starke elektromagnetische Strahlung in Form sogenannter Jets emittieren. Doch zusätzlich dazu sind Pulsare aufgrund ihrer außergewöhnlich starken, schwankenden Magnetfelder vermutlich dazu in der Lage, geladene Teilchen auf immense Energien zu beschleunigen und in die Tiefen des Alls zu schleudern. Aktive galaktische Kerne hingegen senden auch geladene Strahlung in Form von Jets aus. Die Teilchen können in der Akkretionsscheibe durch Gravitation und durch die schwankenden Magnetfelder der anderen geladenen Teilchen beschleunigt werden und dabei vermutlich größere Energien erreichen als bei der Beschleunigung im direkten Einflussbereich eines Pulsars. Bei Kernkollaps-Supernovae handelt es sich um den Prozess, der abläuft, sollte einem relativ massereichen Stern der Brennstoff ausgehen. Unter der eigenen Gravitation kollabiert der schwere Kern des Sterns zum Neutronenstern. Dabei kommt es zum sogenannten inversen β -Zerfall, bei dem ein Proton und ein Elektron miteinander „reagieren“ und zu einem Neutron und einem Elektron-Neutrino umgewandelt werden. Auf diese Weise entstehen sehr energiereiche Neutrinos, die zusammen letztendlich rund 99% der vorherigen Gravitationsenergie des ursprünglichen Sterns als kinetische Energie aufnehmen. Während dieses Prozesses stürzen die äußeren Hüllen des Sterns auf den Kern und werden von diesem reflektiert. Danach werden sie noch zusätzlich von den hochenergetischen Neutrinos beschleunigt und in die Tiefen des Alls geschleudert. Das Ergebnis sind stellare Nebel wie etwa der Krebsnebel. Durch diese Gaswolken laufen einzelne Schockwellen mit einer Lebensdauer von etwa 200 Jahren, die in die gleiche Richtung laufen, jedoch etwas schneller sind als das Gas. Wenn in dieser Zeit ein geladenes Teilchen in entgegengesetzter Richtung auf die Schockfront zuläuft und diese überquert, besteht die Möglichkeit, dass es Energie gewinnt. Dies folgt daraus, dass das Teilchen von den ständig schwankenden Magnetfeldern des Gases vor und hinter der Schockfront umhergestoßen wird und dabei gegebenenfalls die Schockfront wieder überholt. Bei jedem Überkreuzen der Schockwelle kann Energie übertragen werden. Im Mittel beträgt dieser Energiegewinn in Abhängigkeit von der Energie, mit der das Teilchen ursprünglich auf die Schockfront traf,

$$\frac{\langle \Delta E \rangle}{E_1} = \frac{\frac{4}{3}u_1 - u_2}{c},$$

wobei u_1 die Initialgeschwindigkeit des Teilchens und u_2 die Geschwindigkeit der Schockfront darstellt. E_1 steht für die Energie, die das Teilchen vor dem Beschleunigungsprozess im Laborsystem hatte, $\langle \Delta E \rangle$ steht für den mittleren Energiegewinn eines solchen Teilchens. Pro Überkreuzung der Schockwelle ist dies relativ gesehen nur eine geringe Energiezunahme, doch bei vielen Überkreuzungen kann sich diese aufaddieren. Durch die Kombination von aktuellen und zukünftigen Forschungsergebnissen könnten so möglicherweise grundlegende Erkenntnisse über die wichtigsten Strukturen unseres Universums erlangt werden.

Literatur

- [1] A. De Angelis, M. Pimenta, „Introduction to Particle and Astroparticle Physics“, 2. Auflage, Springer International Publishing, Milan Heidelberg New York Dordrecht London (2018)
- [2] T. Stanev, „High Energy Cosmic Rays“, Springer Praxis Books, 3. Auflage, Berlin Heidelberg, (2010)
- [3] M. Kachelriess, „Lecture notes on high energy cosmic rays“, arXiv:0801.4376 (2008)

6.9 Quark-Gluon Plasma

Arina Anzupow
Betreuer: Jakob Lohr

Von der hellenischen Vorstellung des unteilbaren Teilchens über den „Rosinenkuchen“ Thomsons und das Kern-Hülle-Modell Niels Bohrs hinweg, stellt das sogenannte Standardmodell den aktuellsten Wissensstand in Sachen Klassifizierung der Grundbausteine unserer Welt dar. Diese Grundbausteine bezeichnet man als Elementarteilchen, welche man in zwei primäre Kategorien einteilen kann: den Fermionen (= Quarks, Leptonen) und den (Eich-)Bosonen (= Photonen, Gluonen, Z- und W-Bosonen). Diese unterscheiden sich durch eine ihrer Quantenzahlen voneinander: Den sogenannten Spin. Dieser verhält sich in einigen Aspekten ähnlich wie der Drehimpuls. Während Fermionen durch einen halbzahligen Spin ($1/2, 3/2, 5/2, \dots$) gekennzeichnet werden, besitzen die Bosonen einen ganzzahligen Spin ($0, 1, 2, \dots$). Alle Teilchen, welche aus Quarks aufgebaut sind, werden als Hadronen bezeichnet und weiter in Baryonen und Mesonen aufgeteilt.

Quarks unterteilt man, ähnlich wie die Elemente des Periodensystems, in sogenannte Gruppen - die sogenannten Generationen. Mit steigender Generation sind die jeweiligen Quarks immer massereicher (siehe Abb. 1 - die Spalten der Grafik). Innerhalb einer Reihe der hier gegebenen Graphik, wie zum Beispiel im Falle des Up-, Charm- und Topquark, besitzen alle Bestandteile dieselbe elektrische Ladung (hier: $2/3$). Die Unterscheidung in up, down, top, bottom, charm und strange bezeichnet man als „Flavour“.



Abb. 1: Übersicht über die Elementar- und Austauscheteilchen des Standardmodells.

Das Pauli-Prinzip verbietet zwei identischen Fermionen, zum Beispiel die Quarks, den Aufenthalt im selben Zustand, am selben Ort und zur selben Zeit. Die Entdeckung des Δ^{++} -Teilchens, welches aus drei up-Quarks besteht, schien diesem etablierten und wohlverstandenen Prinzip zu widersprechen. Zur Lösung dieses scheinbaren Widerspruch, führte man eine neue Teilcheneigenschaft ein, welche man zur Verbildlichung als Farbquantenzahl bezeichnet und die Werte Rot, Blau und Grün annehmen kann. Somit lassen sich die up-Quarks in dem Δ^{++} -Baryon unterscheiden und steht nicht mehr im Widerspruch zum Pauli-Prinzip. Die Farbquantenzahl oder auch Farbladung genannt ist das Analogon zur elektrischen Ladung aus der Elektromagnetischen Wechselwirkung: Teilchen, die Farbladung tragen, können über die Starke Wechselwirkung interagieren. Sie wirkt somit zwischen den Quarks. Sie gehört neben der Gravitation, dem Elektromagnetismus und der schwachen Wechselwirkung zu den physikalischen Grundkräften. In der durch sie beschriebenen Theorie der Quantenchromodynamik (kurz: QCD) ist es die starke Wechselwirkung, die das Verhalten eines Teilchens mit Farbladung beschreibt und deren Austauscheteilchen das Gluon ist. Als Austauscheteilchen der starken Wechselwirkung besitzen die Gluonen, anders als ihre elektromagnetischen Gegenstücke (die Photonen), eine Eigenladung. Sie sind also dazu in der Lage, die Farbladung der Quarks zu verändern. Jedes Gluon besitzt Farbe und Antifarbe und es gibt insgesamt acht verschiedene solcher Kombinationen beziehungsweise acht verschiedene Gluonen. Des Weiteren führt dies dazu, dass das Gluon mit sich selbst wechselwirken kann - eine wichtige Eigenschaft der Starken Wechselwirkung.

Eine Art von Hadron ist das bereits angesprochene Baryon, welches aus drei Quarks besteht. Die drei gebundenen Quarks unterscheiden sich in ihrer Farbe und bilden zusammen einen stabilen Zustand, der „weiß“ oder farbneutral ist. Ein weiteres Prinzip der Teilchenphysik ist, dass zu jedem Teilchen ein Antiteilchen existiert. Das heißt, es gibt z.B. für jedes Quark ein in allen Ladungen

gegensätzliches Teilchen. Ein zweiter Typus von Hadron ist ein System aus Quark und Antiquark, welches als Meson bezeichnet wird und dessen Stabilität auf dem Ausgleich zwischen Farbe und Antifarbe beruht.

Eine weitere Eigenschaft der starken Wechselwirkung ist das „Confinement“, welche die Eigenschaft ist, aufgrund der die Isolation eines einzelnen Quarks unmöglich ist. Im Gegensatz zum Verhalten des elektrischen Feldes beim Entfernen zweier elektrisch geladener Teilchen voneinander, wird beim Auseinanderziehen zweier Teilchen mit Farbladung die Anziehung beliebig stark. Mit wachsendem Abstand x wird die sogenannte „laufende“ Kopplungskonstante $\alpha_{\text{QCD}}(x)$, die die Stärke der Wechselwirkung charakterisiert, beliebig groß. Beim Auseinanderführen der Teilchen mit Farbladung werden also die Feldlinien der starken Wechselwirkung „enger“, weshalb sich die Analogie zu einem elastischen Band (= „string“) ziehen lässt. Dieser String lässt sich unter dem Aufbringen hoher Energien reißen, was man als den Prozess des String-Breakings beschreibt. Entgegen der möglichen Erwartung entsteht hierbei kein einzelnes Quark, sondern neue Quark-Antiquark-Paare werden zwischen den ursprünglich gegebenen Quarks produziert. Dieses Phänomen ist in Teilchenkollisions-Experimenten indirekt nachvollziehbar.

Die „asymptotische Freiheit“ der Quarks beschreibt einen Zustand, in welchem mit sehr kleinen Abständen x , die Kopplungskonstante $\alpha_{\text{QCD}}(x)$ und somit auch die Stärke der Wechselwirkung beliebig klein ist. Für minimale Abstände sind Quarks also quasifrei, sodass sie in ihrem Verhalten freien Teilchen sehr ähneln. Werden Atomkerne stark komprimiert bzw. erhitzt, dissoziieren die Hadronen zu quasifreien Quarks und formieren einen neuen Zustand der Kernmaterie: Das sogenannte Quark-Gluon Plasma. Dieses Verschmelzen wird ab gewissen Temperaturen oder Dichten herbeigeführt, bei welchen die Nukleonen anfangen sich zu überlappen, weshalb die Quarks nicht mehr eindeutig einem Hadron zuzuordnen sind.

In der Natur wird dieser Zustand der Materie kurz nach dem Urknall oder im Kern von Neutronensternen vermutet. Allerdings wurde es bereits in Teilchenkollisionsexperimenten indirekt nachgewiesen.

Literatur

- [1] W. Demtröder, „Experimentalphysik 4“, 5. Auflage, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg (2017)
- [2] B. Povh et al., „Teilchen und Kerne“, 9. Auflage, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg (2013)

Bildquellen

[Abb.1] https://de.m.wikipedia.org/wiki/Datei:Standard_Model_of_Elementary_Particles-de.svg (abg. 30.08.2022), Nutzung gemeinfrei; MissMJ, Cush

6.10 Plasma, der vierte Aggregatzustand

Fabian Beemelmann
Betreuer: Jesse Jones

Neben fest, flüssig und gasförmig gibt es einen weiteren Aggregatzustand, der häufig in Natur und Technik zu finden ist, das Plasma. Ein Plasma entsteht durch die Ionisation von Teilchen in einem Gas. Von einer Ionisation spricht man, wenn einem Atom – meist durch Absorption eines Photons – so viel Energie zugefügt wird, dass sich ein Elektron aus der äußersten Schale löst. Sobald in einem Gas eine relevante Menge konstant ionisierter Atome vorliegt, spricht man von Plasma. Bei

anderen konstanten Parametern hängen die Eigenschaften eines Plasmas proportional von seinem Ionisierungsgrad ab. Die Ionisierungsenergie eines Atoms gibt an, wie viel Energie benötigt wird, um ein Atom aus dem Normalzustand zu ionisieren. Diese Werte liegen zwischen 4 eV (Frankium) und 24 eV (Helium). Da bei Raumtemperatur und Normaldruck einem Atom im Mittel nur 0,037 eV zur Verfügung stehen, ist eine spontane Ionisation bei diesen Bedingungen äußerst unwahrscheinlich. Für die Ionisierungsenergie eines Elements sind zwei Faktoren ausschlaggebend: Elemente, welche die Edelgaskonfiguration durch Abgabe eines Elektrons erreichen wollen und große Elemente, bei denen die Elektronen weit vom Atomkern entfernt sind, und sich leichter ionisieren lassen.

Die elektrische- und Wärmeleitfähigkeit von Plasma ist einer der Hauptgründe für die häufige technische Anwendung. Denn sowohl Elektrizität, vor allem aber Wärme wird von Plasmen, bei höherem Ionisierungsgrad, sehr gut geleitet. So ist die elektrische Leitfähigkeit eines etwa 10.000.000 K heißen Fusionsplasmas etwa so hoch wie bei Kupfer, die Wärmeleitfähigkeit ist sogar etwa 30.000-mal so intensiv. Die gesamte elektrische Ladung eines Plasmas ist immer quasineutral. Das heißt, dass in einem Plasma insgesamt ähnlich viele positive wie negative Ladungsträger vorhanden sind. Allerdings ist diese Ladung oftmals inhomogen verteilt. Um ein Teilchen mit einer Ladung bildet sich oftmals eine Wolke aus entgegengesetzt geladenen Teilchen. Somit entstehen in einem Plasma drei Teilplasmen, das Elektronengas, das Ionengas und das Neutralgas. Im Elektronengas befinden sich negative Ladungsträger, typischerweise Elektronen aber auch Anionen sind möglich. Im Ionengas befinden sich hingegen sehr viele positive Ladungsträger. Außerdem entsteht manchmal ein Neutralgas, in dem sich vor allem nicht ionisierte Atome, Photonen (welche durch Rekombination entstanden sind) und andere ungeladene Teilchen aufhalten. Das Elektronengas besteht bei höheren Temperaturen ausschließlich aus Elektronen und ist daher deutlich leichter als das Ionengas. Auf Grund der Massendifferenz zwischen Elektronen und Kationen bewegen sich die Teilchen des Elektronengases deutlich schneller. Der Unterschied zwischen diesen Teilsystemen ist so groß, dass das Ionengas als ungeordnete, quasi-statische Hintergrundstruktur angesehen werden kann – und somit hat das Plasma sehr viele ähnlich Eigenschaften wie ein Festkörper, in dem es wegen der Relativgeschwindigkeitsdifferenz der Teilgase vergleichbare Strukturen gibt.

Ein Plasma verhält sich in den meisten Situationen diamagnetisch, was auch für technische Anwendungen von hoher Wichtigkeit ist. In einem äußeren Magnetfeld verschieben sich Elektronen diamagnetischer Stoffe innerhalb der Umgebung ihrer zugehörigen Atome derart, dass sie ein induziertes Magnetfeld erzeugen, welches dem externen Magnetfeld entgegengesetzt gerichtet ist. Dieser Effekt ist temperaturabhängig und sinkt mit steigender Temperatur. Dies liegt in der thermischen Bewegung begründet, welche die Neuausrichtung der Teilchen perturbiert und deshalb die Ausbildung des induzierten Felds inhibiert. Ein diamagnetischer Stoff wird von einem Magneten leicht abgestoßen. Es kommt allerdings zu keiner permanenten Magnetisierung.

Die Sonne strahlt Protonen und Elektronen in Form von Sonnenwinden bzw. Sonnenstürmen ab. Durch das Magnetfeld der Erde werden die Elektronen und Protonen allerdings wegen ihrer entgegengesetzten Ladung voneinander getrennt. Die Teilchen treffen an den Polen wieder aufeinander, wenn die Feldlinien zusammenlaufen. Entweder trifft das Elektron dort nun auf ein Proton und bildet ein Wasserstoff-Atom oder es trifft auf ein Teilchen aus der Atmosphäre. Bei ausreichend hoher kinetischer Energie wird ein Elektron aus diesem Atom herausgelöst, was eine Kettenreaktion induzieren kann. Das entstehende Plasma ist allerdings extrem instabil und schon nach kurzer Zeit rekombinieren die meisten Kationen wieder mit den vorher freigewordenen Elektronen. Überschüssige kinetische Energie wird als Photon abgestrahlt, diese Photonen sind auf der Erde dann in Form von Polarlichtern zu sehen. Anhand der Farbe eines Polarlichts kann man auch erkennen, mit welchen Atomen dieser Prozess abgelaufen ist: Bei einer blauen bis violetten Färbung handelt es sich um Photonen mit viel Energie von z.B. Stickstoff-Atomen und bei einer eher grünlichen Färbung kommen die Photonen von z.B. Sauerstoff-Atomen.

Beim Versuch der klimaneutralen Energiegewinnung wird Hochdruckplasma für die Kernfusion in Fusionsreaktoren eingesetzt. Ein Stellarator - ein Typ von experimentellen Fusionsreaktor - besteht aus dem torusförmigen Plasmagefäß, um welchen Magnetspulen angeordnet sind. Diese werden

auf etwa 3 Kelvin heruntergekühlt, um supraleitend zu werden, d.h., dass der Strom in ihnen ohne Verluste geleitet wird. Dies ermöglicht ihnen, ein besonders starkes Magnetfeld zu erzeugen. Die Reaktionskammer ist im Falle des Wendelstein 7x eine etwa 30 m^3 große Kammer, in welche das Wasserstoffgas eingeleitet wird. Durch das starke Magnetfeld kann das diamagnetische Plasma während der Reaktion in der Kammer gehalten werden, ohne die Reaktorwände zu berühren. In typischen Versuchen wird dann etwa 1 mg eines Gemischs aus gleich vielen Deuterium- wie Tritiumatomen in den Raum geleitet. Anschließend wird das Gas mit Mikrowellen auf mehrere Millionen Grad erhitzt und somit zu Plasma. In diesem Plasma fusionieren dann die Kerne zu jeweils einem Heliumkern und einem Neutron. In Summe sind diese neu entstandenen Atome aufgrund des sog. Massendefekts jedoch leichter als die vorherigen und die Masse wird nach Einsteins Energie-Masse-Äquivalenz in Energie umgewandelt. Pro Experiment kommt man dann ohne Verluste, wie z.B. durch das Kühlen der Magnete, auf etwa $3,4 \cdot 10^8 \text{ J}$, die erzeugt werden. Das reicht, um einen Kühlschrank etwa zwei Jahre mit Energie zu versorgen.

Literatur

- [1] D. Meschede, „Gerthsen Physik“, 24. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg (2010)

7 Geschichte – Was ist Kultur?

Wenn *Hochkulturen* in der Geschichte so wichtig sind, gibt es dann eigentlich auch *Niedrigkulturen*? Und wie sieht es mit *unpopulärer Kultur* aus? Ist *Leitkultur* tatsächlich ein Gegensatz zu *Multikulturalismus*? Warum werden *Kunst* und *Kultur* den (Natur-)Wissenschaften gegenübergestellt? Was verbirgt sich hinter den Vorwürfen des *Kulturimperialismus* oder der *cultural appropriation*?

Seit der Aufklärung wird über den *Kulturbegriff* gestritten: vom Gegensatz *Kultur* vs. *Natur* über den *Kulturkampf* der 1870er Jahre zum *Kampf der Kulturen* im 21. Jahrhundert und den sich aufheizenden gesellschaftlichen Diskussionen über Migration und *kulturelle Identität* im *westlichen Kulturraum*. Vielleicht würde es der *Streitkultur* in unserem *Kulturkreis* darum helfen, mal einen (Kultur-)historischen Blick auf dieses Zukunftsthema zu werfen?

Im Kurs haben wir *kulturwissenschaftliche* Methoden kennengelernt und diese auf historische und aktuelle Debatten über den *Kulturbegriff* angewendet. Wir haben dabei interdisziplinär gearbeitet, viel diskutiert und mit Hilfe so mancher *Kulturtechnik* sicher einige neue *Kulturgüter* produziert. . .

Kursleitung

Dr. Peter Gorzolla Wiss. Referent am Historischen Seminar der Goethe-Universität Frankfurt am Main

Leon Hotz Lehrer für Geschichte und Musik, Doktorand am Historischen Seminar der Goethe-Universität Frankfurt am Main

Veronika Münstermann Doktorandin am Historischen Seminar der Goethe-Universität Frankfurt am Main

7.1 Zur Einführung

Leon Hotz, Veronika Münstermann & Peter Gorzolla

Der Begriff *Kultur* wird schon seit einiger Zeit quasi beliebig eingesetzt, vor allem in jüngster Vergangenheit aber auch immer stärker unter eindeutig politischen Vorzeichen. Da die Deutungshoheit über diesen Begriff so wichtig erscheint, hat uns im Kurs die grundlegende Frage umgetrieben: Was ist eigentlich Kultur?

Wer auf diese einfache Frage eine einfache Antwort sucht, wird schnell feststellen, dass es schon im Bereich der Begriffsdefinitionen viele und unterschiedliche Angebote gibt. Einen Überblick über die Vielfalt der *Kulturbegriffe* hat Ansgar Nünning in seinem gleichnamigen Text angeboten. Hierbei unterscheidet der Kulturwissenschaftler zunächst zwischen dem Wort "Kultur" mit seiner etymologischen Herleitung und der Entwicklung des modernen Kulturbegriffs. Anschließend greift er zur besseren Übersicht eine von Andreas Reckwitz entwickelte Typologie auf, die den Kulturbegriff in vier Arten aufschlüsselt:

- Normativer Kulturbegriff
- Totalitätsorientierter Kulturbegriff
- Differenztheoretischer Kulturbegriff
- Bedeutungs- und wissensorientierter Kulturbegriff

Die Einordnung dieser verschiedenen Arten von Kulturbegriffen versprachlicht den Zugriff unterschiedlicher wissenschaftlicher Disziplinen auf den Kulturbegriff in den für die jeweilige Disziplin relevanten Bedeutungen. Dabei entspricht der *normative Kulturbegriff* am ehesten einem traditionellen bürgerlichen Kulturverständnis, dem wir auch im Alltag begegnen können und das Grundlage vieler Abgrenzungen und Abwertungen ist. Demgegenüber stellen die anderen drei Kulturbegriffe verschiedene wissenschaftliche Konzepte dar, die im expliziten Gegensatz zum normativen Kulturbegriff entstanden sind; am bekanntesten unter diesen ist der *totalitätsorientierte Kulturbegriff*, der vor allem in den Kultur- und Sprachwissenschaften vorherrscht.

Die Vielfalt von Begriffen machten wir uns zunutze, indem wir selbst mit kulturellen Wortbildungen spielten und damit verschiedene Einsatzbereiche von Kultur genauer in den Blick nahmen:

Hochkultur Der normative Gebrauch des Kulturbegriffs, der im Schlagwort "Hochkultur" mitschwingt, ist aus kulturwissenschaftlicher Perspektive eigentlich überholt. Trotzdem scheint er in politische aufgeladenen Debatten nicht totzukriegen, etwa wenn die Fluchtbewegung aus Syrien mit der Völkerwanderung und dem Untergang des Römischen Reichs in der Spätantike verglichen wird. Im Kurs haben wir uns damit auseinandergesetzt, dass auch das Konzept wandernder "Völker", die eine dekadente und damit verteidigungsunfähige "Hochkultur" überrennen, mittlerweile von der Forschung widerlegt ist.

Subkultur Anhand der Themen der Skater-, Skinhead- und EDM-Szene verdeutlichten wir das Spannungsverhältnis von Subkulturen zum Mainstream und somit ihr politisches und gesellschaftliches Potential. Und wir beleuchteten deren Probleme von der Identitätsstiftung durch Abgrenzung über die gesellschaftliche Anerkennung bis zur Anpassung und dem damit verbundenen Identitätsverlust.

Leitkultur Dem schwierigen, häufig geschmähten und vielfach falsch gebrauchten Begriff haben wir uns mit der Frage genähert, unter welchen Bedingungen es einer Minderheit gelingt, ein derart hohes Potential an Attraktivität zu entwickeln, dass sich die Mehrheit an ihr orientiert und teilhaben möchte. In diesem Zusammenhang sind wir auf interessante Gemeinsamkeiten zwischen Hollywood-Stars und Rittern gestoßen.

Kulturelle Narrative sind in der Geschichte, aber auch in unserem Alltag omnipräsent. Kulturelle Bezüge in Politik und Alltag unterliegen teils konkreten Zielen, können aber auch unbewusst und sehr subtil entstehen. So zeichnet auch der Umgang mit historischen Überresten ein kulturelles Narrativ, in das wir uns zwangsläufig einordnen und das uns vor knifflige Fragen stellt: wie z.B. umgehen mit Gebäuden, die faschistischen Ursprungs sind?

Kultur vs. Natur Kultur wurde und wird häufig in Abgrenzung zu Natur definiert, um mit diesem Dualismus Macht ausüben zu können. Dabei ist die Verwendung komplizierter, als sie auf den ersten Blick erscheint, weil zugleich ein Dualismus zwischen Individuum und Gesellschaft zum Tragen kommt. „Der Mensch“ kann dadurch sowohl als Kulturträger wie auch als Naturwesen inszeniert werden.

Wie zu erwarten war, stand am Ende unserer kursinternen Auseinandersetzung mit Kultur keine neue Definition. Stattdessen konnten wir die Vielfalt der Kulturbegriffe veranschaulichen, an verschiedenen Beispielen in Anwendung bringen und dem Kulturbegriff dadurch einiges von seiner Beliebigkeit nehmen.

Literatur

Als gemeinsame Arbeitsgrundlage des Kurses diente:

- Ansgar Nünning: Vielfalt der Kulturbegriffe, in: *Bundeszentrale für politische Bildung online*, 23.7.2009; <https://www.bpb.de/lernen/kulturelle-bildung/59917/vielfalt-der-kulturbegriffe/> [27.01.2023].

7.2 Zum Arbeitsprozess

Peter Gorzolla

Natürlich war in diesem Jahr ein Gefühl vorherrschend im Geschichtskurs: die Freude darüber, erstmalig wieder in Vollpräsenz auf Burg Fürsteneck arbeiten zu können. Dieses Gefühl zog sich von Beginn an durch die Vorbereitung und hat natürlich auch die Qualität unserer „HSAKA-Erfahrung“ im Akademiesommer beeinflusst. Unter der Oberfläche kam jedoch ein Kursmodell in drei Phasen zu tragen, das sich schon vor vielen Jahren etabliert hatte und uns auch sicher durch die Corona-Jahre getragen hat:

In einer ersten Phase war es notwendig, eine terminologische und methodologische Grundlage für alle Kursteilnehmer*innen zu schaffen, damit diese später möglichst eigenständig arbeiten konnten. Ausgangspunkt war für uns in diesem Jahr ein Text des Literaturwissenschaftlers Ansgar Nünning, den sich die Schüler*innen unter Anleitung ihrer studentischen Betreuer*innen in einem ersten Arbeitsschritt inhaltlich erschlossen. Um hier eine angemessene und effektive Unterstützung sicherzustellen, wurde der Text zuvor von Kursleitung und Betreuer*innen didaktisch aufbereitet.

In der nächsten Arbeitsphase bildeten wir Teams aus je zwei Schüler*innen unter Betreuung einer*s Studierenden, die sich jeweils mit einem ausgewählten Kompositum von „Kultur“ auseinandersetzten. Dabei wurden diese sowohl als begriffliche Konstrukte als auch als historische Phänomene untersucht. Ziel der Arbeitsgruppen war es zum einen, die theoretische Grundlage der ersten Phase an einem konkreten Beispiel inhaltlich zu vertiefen, und zum anderen, dieses Spezialthema für den Rest des Kurses aufzubereiten.

Der Höhepunkt unserer Arbeit war die dritte Phase, d.h. die knapp zwei Wochen der „eigentlichen“ Akademiezeit im August. Eingeleitet von Einführungssitzungen der Kursleitung erhielten hier die Teams die Gelegenheit, eine eigene Sitzung zu gestalten und den Rest des Kurses an ihren Ergebnissen und Erkenntnissen teilhaben zu lassen. Dabei waren die Sitzungen keineswegs als Abfolge von Referaten oder Präsentationen, sondern nach dem Prinzip „Lernen durch Lehren“ gestaltet: Die Schüler*innen konnten sich als Lehrende ausprobieren, indem sie „ihre“ Sitzung für den Gesamtkurs gemeinsam mit ihrer*m Betreuer*in zu planen, vorzubereiten und durchzuführen hatten. Die Kursleitung diente dabei durch Beratung im Vorfeld, Begleitung im Hintergrund und Evaluation im Nachhinein gewissermaßen als „didaktische Qualitätssicherung“.

Was nun die konkrete Umsetzung dieses Plans betrifft, so konnten wir erstmalig wieder aus dem vollen Repertoire didaktischen Arbeitens schöpfen, das eine gemeinsame Arbeit über fast zwei Wochen im 9-Säulen-Raum bot. Die Lust an der Arbeit in Präsenz, die Intensität der Gruppenarbeiten und die hohe Konzentration in den Plenumsphasen haben allen Beteiligten immens viel Spaß gemacht.

Dabei haben wir die Mühen, aber auch die Erkenntnisse und Gewinne der vergangenen Jahre nicht vergessen. Der aktuelle Geschichtskurs hat sich von jenem aus 2019 vor allem in seiner Nutzung digitaler Instrumente massiv unterschieden: in der Vorbereitung mit viel mehr digitaler Face-Time,

in der grundsätzlich digitalen Materialarbeit mit Cloud-Speicher und Pads, in der Begleitung und Unterstützung der Akademiezeit durch unsere Chat-Gruppe. Das hat nicht nur den Kurs in seinem Ergebnis besser gemacht, die digital ermöglichte Dezentralisierung unserer Kommunikation hat auch größere Räume zur Selbstorganisation und Verantwortungsübernahme geschaffen.

Natürlich sind diese Räume nicht immer gleichermaßen genutzt worden, und natürlich mussten wir uns diese Form des gemeinsamen Arbeitens mit den digitalen Tools auch erst aneignen, die weder für die Schule noch für die Universität typisch sind. Darum gibt es hier auch sicher noch einigen Verbesserungsbedarf in den kommenden Jahren – wir freuen uns drauf.

7.3 Hochkultur

Leni Vivian Belter, Nour Ramy Michel Nashed & Valentin Michel

Macht und Wohlstand schwächen die Gesellschaft von innen. Jeder ruht sich auf seinem eigenen Besitz aus, tut nichts mehr für das Gemeinwohl. Wozu engagieren, wenn es mir selbst noch gut geht? Die alten Werte zählen nichts mehr. Die Sitte der Vorfahren, schon längst überholt. Genussucht und das Streben nach dem eigenen Vergnügen haben ihren Platz eingenommen. Andere Kulturen strömen von außen ein und unterwandern die zivilisierte Welt. Die Zeichen der Zeit stehen auf Verfall.

Wer jetzt an die heutige Gesellschaft gedacht hat, beweist einmal mehr, dass wir allzu gerne einfache Erklärungsmuster für komplexe Vorgänge hinnehmen und uns von Denkweisen manipulieren lassen, die mit einem bestimmten Zweck verbreitet werden, nur um das Gefühl zu haben, Zusammenhänge vermeintlich zu verstehen. Der erste Absatz beschreibt nicht aktuelle Ereignisse, sondern verdeutlicht den Ansatz der Dekadenztheorie, mit dem jahrhundertlang das Ende des Römischen Reiches begründet wurde: Große Reiche entstehen, blühen auf und tragen Früchte, bis sie den Zenit überschritten haben, langsam von innen verfallen und zugrunde gehen. So ist eben der Lebenszyklus von Kulturen, könnte man meinen.

Aber halt – wir haben doch in der Schule von der Völkerwanderung gehört! Wir haben die Wanderungskarten gesehen und nachvollzogen, wie die germanischen Stämme im 4. und 5. Jahrhundert in das Römische Reich gedrungen sind. Die Pfeile auf den Karten sind eindeutig. Barbaren haben letztlich das Reich überrannt und die Hochkultur zerstört. Rom ist von wilden Stämmen erobert worden.

Welchem Erklärungsansatz sollen wir nun glauben? War es vielleicht eine Mischung verschiedener Faktoren, die zum Untergang Roms geführt haben? Ist das Römische Reich überhaupt untergegangen? Wie kann man sich den Untergang einer Hochkultur vorstellen?

Selbst in Schulbüchern, denen wir meist uneingeschränkt Glauben schenken, finden wir keine einheitliche Erklärung. Jedes Buch legt andere inhaltliche Schwerpunkte, jede Zeit hat scheinbar ihre eigene Darstellung für ein und dasselbe geschichtliche Ereignis. Um dieses Phänomen genauer zu untersuchen, haben wir die Darstellungen dreier Geschichtsbücher zum Untergang des Römischen Reiches miteinander verglichen: Die Bücher stammen aus den Jahren 1920 und 1932 (Weimarer Republik) sowie 1978 (DDR). Vor dem Vergleich von Darstellungsweise, Sprache und möglicher Intention des Autors haben wir unsere Erwartungshaltung an den Zeitgeist, den das jeweilige Buch transportiert, reflektiert. Die Erwartung, dass Schulbuchtexte möglicherweise durch eine bestimmte Ideologie gefärbt sind, wurde noch übertroffen, weil die Darstellungen in ihrer inhaltlichen Schwerpunktsetzung und sprachlichen Schärfe weit in politische Dimensionen hineinragen. Folgende Zitate sollen verdeutlichen, wie die Autoren die Darstellung geschichtlicher Ereignisse auf ihre eigene Zeit bezogen und für ihre eigenen politischen Anliegen missbrauchten:

Aber wie heute der „Internationalismus“ nichts anderes bedeutet, als dass wir Deutschen unser Volkstum zugunsten des Welsch-Angelsachsen-Judentums preisgeben, so war es auch damals. (Wolf, 1920)

(Eine andere Ursache war) der Mangel an führenden Persönlichkeiten. (Hack, 1932)

Germanische und einheimische Bauern trachteten in ihren Kämpfen gegen das Römische Reich danach, Eigentümer ihrer Felder zu werden. Damit bildeten ihre Kämpfe eine wichtige Voraussetzung für die Entstehung einer neuen Gesellschaftsordnung. (Volk und Wissen, 1978)

Offensichtlich stellen die Schulbuchtexte Geschichte keinesfalls objektiv dar, sondern liefern Geschichten, die von der Intention der Autoren durchdrungen sind.

In einer Gruppenarbeitsphase zu den drei unterschiedlichen Schulbuchdarstellungen (mit bewusstem Verzicht auf deren zeitliche Einordnung) kamen wir zu dem Schluss, dass ein Ereignis sehr unterschiedlich erzählt werden und für die eigenen Zwecke benutzt werden kann. Gleichzeitig gibt es aber in jeder Zeit unterschiedliche Meinungen und politische Strömungen nebeneinander und man kann nicht von der Entstehungszeit zuverlässig auf die eine Position schließen. So kann ein Schulbuchtext von 1920 durchaus stärkere nationalistische, antidemokratische und rassistische Züge aufweisen als ein Text, der kurz vor der Machtübernahme der Nazis entstand. Die Gruppe, die sich mit dem Schulbuch von 1920 beschäftigte, war sich beispielsweise sicher, dass der Text aus der NS-Diktatur stammen müsse.

Gut, diese Schulbücher sind ja teilweise schon 100 Jahre alt und die Zeiten, in denen geschichtliche Ereignisse für die eigenen Zwecke instrumentalisiert werden, sind ja zum Glück längst vorbei, oder?

Nein, sind sie nicht, wie das Zitat von Alexander Gauland bei einer Demonstration der AfD gegen die deutsche Flüchtlingspolitik im November 2015 zeigt: „Der totale Kontrollverlust destabilisiert Europa ein weiteres Mal. [...] Und nicht zu Unrecht werden in diesen Tagen die Bilder vom Untergang des weströmischen Reiches aufgerufen, als die Barbarenstämme den Limes überrannten“ (Deutschlandfunk, 7.11.2015). Mit dieser Aussage werden bewusst emotionale Bilder und Vorstellungen von geschichtlichen Ereignissen hervorgerufen, um bei den Hörern Ängste zu schüren. Dabei bleiben die Formulierungen bewusst unkonkret. Es geht nicht um Fakten, sondern darum, eine Stimmung für die eigenen politischen Zwecke zu verbreiten: also um Populismus.

Heute sind vereinfachte Darstellungen von historischen Prozessen verbreiteter denn je, sei es durch popularwissenschaftliche Internetjournale oder Erklärvideos auf Youtube. Um zu hinterfragen, wie die Hochkultur Roms wirklich unterging, haben wir uns mit der gegenwärtigen geschichtswissenschaftlichen Forschung zum Thema auseinandergesetzt. Dabei konnten wir feststellen, dass der Begriff „Völkerwanderung“ erst seit dem 19. Jahrhundert für einen damals etwa 1500 Jahre zurückliegenden und mehrere Jahrhunderte dauernden Prozess verwendet wurde und vor dem Hintergrund der Bildung eines deutschen Nationalstaates entstand. Der Begriff ist irreführend, weil Völker in der Antike nicht als abgeschlossene kulturelle, statische Einheiten mit einer homogenen ethnischen und geographischen Herkunft zu sehen sind. Vielmehr unterlagen Völker ständigen Veränderungen und ließen sich nicht strikt trennen. Das Römische Reich hatte durch seine Größe sowieso einen regen Handel und kulturellen Austausch zwischen den Provinzen und so führte auch die Migration immer zu einer wechselseitigen interkulturellen Angleichung. „Kurzum, in der aktuellen Geschichtswissenschaft ist kaum noch etwas übrig geblieben von jener Geschichte, die bis vor kurzem mit Hilfe von «Völkerwanderungskarten» erzählt wurde, schon gar nichts von der früher erzählten Geschichte eines zunehmend marode und wehrlos werdenden Imperiums, das von brandschatzenden und plündernden Horden (obgleich es solche zweifellos auch gab) überrannt wurde“ (Jussen, 2014).

Wir sollten uns darüber bewusst sein, dass „Hochkultur“ und „Untergang“ normative, wertende Begriffe sind. Jede Kultur befindet sich in einem Spannungsfeld zwischen Kontinuität und Wandel. Transformationsprozesse (wie die „Völkerwanderung“) sollten von uns heute nicht mehr wertend

betrachtet werden. Vielmehr sollten wir versuchen, den historischen Wandel aus den Augen seiner Zeitgenossen zu betrachten. Wenn komplexe historische Vorgänge mit einfachen, eindeutigen kausalen Zusammenhängen erklärt werden, ist Vorsicht geboten: Besonders undifferenzierte, politische Bezüge in die heutige Zeit gilt es kritisch zu hinterfragen!

Quellen und Literatur

- Heinrich Wolf: *Angewandte Geschichte. Eine Erziehung zum politischen Denken und Wollen*, 10. Auflage, Verlag von Theodor Weicher, Leipzig 1920.
- Wilhelm Hack: *Das Altertum*; in: *Lehrbuch der Geschichte*, hg. v. Albert Maier, Band 1, Verlag Moritz Diesterweg, Frankfurt 1932.
- Volkseigener Verlag Volk und Wissen: *Geschichte. Lehrbuch für Klasse 6*, 5. Auflage, Berlin 1978.
- hr2 kultur: Sendung *Doppelkopf*, Folge: Am Tisch mit Mischa Meier, 'Völkerwanderer', 29.04.2022, 12:05 Uhr; online: <https://www.hr2.de/programm/doppelkopf/doppelkopf-mit-mischa-meier-voelkerwanderer,epg-doppelkopf-1236.html> [19.08.2022].
- Frank Bahr (Hrsg.): *Horizonte 1 – Geschichte für die Oberstufe*, Braunschweig 2007.
- Bernhard Jussen: *Die Franken. Geschichte, Gesellschaft, Kultur*, München 2014.
- Mischa Meier: *Die Geschichte der Völkerwanderung. Europa, Asien und Afrika vom 3. bis zum 8. Jahrhundert n. Chr.*, München 2019.
- Reiner Schell: *Rom – Vom Stadtstaat zum Weltreich*; in: *Buchners Kolleg Geschichte – Von der Attischen Demokratie bis zum aufgeklärten Absolutismus*, Bamberg 2009.

7.4 Leitkultur

Anne-Christine Hollmann, Felix Alexander Schneider & Calvin Weis

Wer mag Ritter eigentlich nicht? Ritter stehen für Kraft und Heldentum, Klugheit und Anstand – und vor allem für Mut. Auch heute noch werden sie als Helden des Mittelalters bewundert. Kurzum: Wir fahren total auf gesellschaftliche Eliten ab! Elite? Ja, richtig gelesen: Elite. Ob man nun Ritter mag, Eliten aber nicht, es ist ohnehin ein- und dasselbe: moderne Popstars in edlem Smoking bzw. Ballkleid oder mittelalterlicher Ritter in schimmernder Rüstung. Die einen fahren im Rolls Royce von ihren Palästen in Beverly Hills zum Walk of Fame, um sich im Dolby Theatre zu präsentieren, die anderen ritten auf Destriers aus ihren normannischen Burgen zu den Turnierplätzen, um ihren Ride of Fame darzubieten. Täglich bewundern wir sie in Märchen oder auf Instagram, im Kino oder Late Night Shows.

Doch wie wird eine Elite eigentlich zur Elite? Nach welchen Mustern schließt sich eine soziale Schicht bewusst von anderen ab? Geläufig erscheint uns der umgekehrte Fall, wenn innerhalb einer Gesellschaft die Mehrheit eine Minderheit ausgrenzt und diskriminiert. Wie jedoch gelingt es einer Minderheit, sich selbst aktiv von der gesellschaftlichen Masse abzugrenzen? Welche Mechanismen wirken, damit die Mehrheit diese Abgrenzung nicht nur mitträgt, sondern sogar trotz eigener Nachteile positiv sieht und unterstützt? Und nicht zuletzt: Welche Vorteile winken einer Elite beim Definieren einer „Leitkultur“ für die Gesellschaft?

Auch uns faszinieren Ritter und Rittertum, weshalb wir eben jenes gesellschaftliche Konstrukt für die Untersuchung auf eine Leitkultur hin erwählten. Den Begriff der „Leitkultur“ auf der anderen Seite entlehnten wir zu Beginn unserer Kursarbeit Bassam Tibis Aufsatz *Leitkultur als Wertekonsens*. Mit diesem, inzwischen von einigen politischen Seiten vielfach anderweitig missbrauchten, Begriff entfachte der deutsch-syrische Politikwissenschaftler zu Beginn der 2000er-Jahre eine hitzige Debatte in Deutschland. Mit seinem Konzept einer europäischen Leitkultur für Deutschland wollte Tibi eine

Grundlage zum friedlichen Miteinander zwischen Immigranten und Deutschen schaffen. Aus dieser Herleitung ebenso wie aus der aktuellen Begriffsverwendung ergab sich für uns die Frage nach den gesellschaftlichen Anforderungen und Vorstellungen darüber, wie jemand in seinem Verhalten, Aussehen und Auftreten „zu sein hat“, um als einer bestimmten Gruppe (in unserem Fall: der Ritterschaft) zugehörig wahrgenommen zu werden.

Zuerst wollten wir daher klären, ob die moderne Auffassung mit der mittelalterlichen Vorstellung eines Ritters identisch ist. Wenn wir uns heutzutage einen Ritter vorstellen, so denken wir an Artus und Lancelot, an Joanne d'Arc und viele weitere aus Sagen, Märchen, Filmen, Spielen und der Zeitgeschichte entsprungenen Persönlichkeiten. Ritter sind für uns stark, mutig, heldenhaft, romantisch, und ehrenhaft. Dabei wird einem durchaus bewusst, dass dieses Bild doch recht verklärt sein muss. Hierzu hat nicht nur die moderne Populärkultur ihren Beitrag geleistet, sondern sogar bereits die höfische Literatur des Mittelalters.

Doch sind diese Vorstellungen tatsächlich nicht aus heiterem Himmel gegriffen und gewiss keine reine Fiktion aus Disney's Federführung! Wir sind während unserer Arbeit z.B. über Guillaume le Maréchal (William Marshall) gestolpert. Der galt zu seiner Zeit als „der beste aller Ritter“ und legte eine Karriere hin, die als „American Dream“ des Mittelalters bezeichnet werden könnte: Geboren als mittelloser Sohn eines verarmten Ritters erlangte er später selbst die Ritterwürde, behauptete sich als erfolgreichster Turnierkämpfer seiner Zeit und stieg schließlich zu einem der reichsten Barone der Feudalzeit mit Besitz in England und Frankreich auf. Aus der Biographie Guillaumes geht hervor, dass auch er bereits seine Rittertage damit verbrachte, den herrschenden ritterlichen Idealen gerecht zu werden; und auch ihm ging es dabei um unbekanntes Ideale: Als höchste Priorität galt die Treue gegenüber seinem Herrn; daneben waren Tapferkeit und Ehre hochzuhalten, z.B. indem man dem Feind stets im offenen Feld entgegentrat – und auch die Liebe der Damen zu gewinnen war seinerseits bereits ein wichtiger Grundsatz des Rittertums.

Zuletzt war da noch der am schwierigsten zu erfüllende Aspekt: die Freigiebigkeit. Ein Ritter begründete sein gesellschaftliches Ansehen insbesondere durch Geschenke. Dass dies jedoch bei der Finanzierung und Instandhaltung der schweren Ausrüstung und des Schlachtrosses sowie dem Unterhalt der Bediensteten nur schwerlich möglich gewesen war, kann wohl kaum bezweifelt werden. Ob in Gänze erfüllt oder nur zum Teil nachgekommen, ritterliche Ideale waren eine Realität der mittelalterlichen Gesellschaft und sind keine (bloßen) Märchen höfischer Literaturdichtung und moderner Popkultur. Nachdem wir also den Bestand der ritterlichen Leitkultur im Mittelalter festgestellt hatten, galt es im nächsten Schritt zu erkunden, wie es überhaupt zu diesem gesellschaftlichen Phänomen kam — wie entwickelten sich das Rittertum und dessen Ideale?

Besitz und Unterhalt eines Pferdes und einer schweren Rüstung waren teuer. Nur wer genügend Land besaß, konnte für seine Ausrüstung aufkommen, erkannten Herrscher wie Karl der Große und suchten Abhilfe. Karls Kapitularien definierten, wie viel Hufen Land benötigt wurde, um sich Pferd und Rüstung leisten zu können. Nach diesem Kriterium wurde differenziert; und aus verschiedenen sozialen und ökonomischen Differenzierungen dieser Art entstand ein Kriegerstand aus professionell kämpfenden Grundbesitzern. Christliche Ideologie fügte diesem Bild des Kriegers einen moralischen Anspruch hinzu – aus dem einfachen *miles* wurde der *miles Christianus*, aus dem Krieger der christliche Ritter.

Zusätzlich zu dieser Entwicklung kam zudem das Turnierwesen auf. Die sogenannten Ritterturniere dienten ursprünglich als militärische Übungen zur Erprobung des Kriegshandwerks, wurden jedoch mit der Zeit stilisiert und in ein deutlich ungefährlicheres, festliches Wettkampfturnier umgemünzt, das zu einem großen Spektakel avancierte, bei dem sich die Ritter nicht nur mit ihrer Waffenkunst, sondern vor allem auch in ihrem Auftreten zur Schau stellten. In Friedenszeiten wurden Ritter durch ihre neue soziale Stellung vermehrt an den Hof gebunden, zum Teil bewusst, weil ihre Herren mit dem ritterlichem Gefolge an ihrer Seite ihre Macht zu demonstrieren beabsichtigten. Dadurch kamen

die Ritter mit dem höfischen Benehmen in Kontakt, das in der Folge zum Bestandteil ihrer Tugenden wurde. An den Höfen entstand eine Literatur über die Ritter als idealisierte Helden, welche nicht unwesentlich zur Verbreitung des Wissens um die ritterlichen Tugenden beitrug.

Das Rittertum definierte also Vorgaben, die zu erfüllen waren, um „Mitglied“ jener Gruppierung sein oder werden zu können. Das Interessante dabei ist, dass diese Regeln mit der Zeit immer strenger formuliert und der Zugang stetig erschwerte wurde. Was mit dem Besitz einer bestimmte Fläche an Grund und Boden begann, endete letztlich in einem Abschluss des Ritterstandes, der vorsah, einen genealogischen Adels- und Wappennachweis erbringen zu können, um Ritter werden zu können.

Eine Leitkultur, wie es das Rittertum war, selektiert gesellschaftlich durch Exklusion und Inklusion. Sie markiert, wer zu einer Gruppe gehört, in diesem Falle zu einer „Elite“. Einen Ritter *erkannte* man in erster Linie nicht an dessen notwendigen Titel und Urkunden, sondern an seinem *Auftreten und Aussehen*.

Hierin liegt auch die Quintessenz, die wir aus unserer Beschäftigung mitnahmen: Eine Leitkultur fordert von Individuen eine Verhaltensanpassung, um zu einer Gruppe dazugehören zu können. Dabei sind es jedoch nicht zwangsläufig einzelne Personen oder Institutionen, welche eine Leitkultur für alle definieren und bestimmen, wer dazu gehört und wer nicht. Ärzte, Künstler, Vertreter, Politiker, Punks, Hippies, Akademiker, Unternehmer – oft *erkennen* wir sie irgendwie, wenn wir auf sie treffen. Und wenn wir sie nicht erkennen, dann oft, weil sie sich nicht ihrem Gruppentypus entsprechend „passend“ verhalten. Es sind die leitkulturellen Vorgaben, welche wir wie eine mentale Anleitung zur Beurteilung heranziehen. Denn ein leitkultureller Verhaltenskodex stellt eine grundlegende erste Kommunikationsform dar, welche uns Zugehörigkeit vermittelt. Diese Vorgaben können nicht bewusst definiert werden, sie entstehen und wandeln sich im sozialen Miteinander. Jedes einzelne „Mitglied“ einer Gruppe prägt diese Vorgaben durch seine eigenen Verhaltensmuster mit. Leitkultur ist in unserer Auffassung also die Gesamtheit sozialer Rituale und Gepflogenheiten einer Gruppe, mit deren Wissen, Beherrschen und Anwenden ein Individuum die Zugehörigkeit zu jener Gruppe anzeigt.

Literatur

- Thomas Asbridge: *Der Größte aller Ritter und die Welt des Mittelalters*, Darmstadt 2015.
- Sabine Buttinger / Jan Keupp: *Die Ritter*, Darmstadt 2013.
- Martin Clauss: *Militärgeschichte des Mittelalters*, München 2020.
- Georges Duby: *Guillaume le Maréchal oder der beste aller Ritter*, Frankfurt 1986.
- Joachim Ehlers: *Die Ritter*, 2. Auflage, München 2009.
- Josef Fleckenstein: *Rittertum und ritterliche Welt*, Köln 2018.
- Josef Fleckenstein: Rittertum zwischen Krieg und Frieden, in: *Träger und Instrumentarien des Friedens im hohen und späten Mittelalter*, hg. v. Johannes Fried (Vorträge und Forschungen XLIII), Sigmaringen 1996, S. 151-168.
- Hans-Werner Goetz: Volkskultur und Elitekultur im frühen Mittelalter. Eine Forschungsaufgabe und ihre Problematik, in: *Volkskultur und Elitekultur im Mittelalter. Das Beispiel der Heiligenvitonen*, hgg. v. H.-W. G. / Friederike Sauerwein, Krems 1997, S. 9-19.
- Karl-Heinz Göttert: *Die Ritter*, Stuttgart 2011.
- Johannes Saltzwedel: Ein Pferd, ein Schwert und ein warmes Bad; in: *Die Welt des Adels*, hgg. v. B. Musall / E. M. Schnurr, 2. Auflage, München 2021, S. 38-40.
- Bassam Tibi: Leitkultur als Wertekonsens. Bilanz einer missglückten deutschen Debatte, in: *Aus Politik und Zeitgeschichte* B 1-2/2001, online: <https://www.bpb.de/shop/zeitschriften/apuz/26535/leitkultur-als-wertekonsens> [01.12.2022]
- Bassam Tibi: Leitkultur als Integrationskonzept – revisited. Zwei missglückte deutsche Debatten 2000-2017, in: *Bundeszentrale für politische Bildung online*, 8.9.2017, <https://www.bpb.de/theme/n/islamismus/dossier.isalmismus/255521/leitkultur-als-integrationskonzept-revisited> [01.12.2022]

7.5 Kulturelle Narrative

Sophie Rebecca Jiaxin Fromm, Lars Fredrik Pohlmann & Katharina Stadler

In Rom findet sich eine Vielzahl an Inschriften, die man bei einem Besuch der Stadt bestaunen kann. Bei genauerem Hinsehen fällt auf, dass manche Inschriften aber sehr viel moderner sind, als sie auf den ersten Blick scheinen: „Ein Volk der Dichter, der Künstler, der Helden, der Heiligen, der Denker, der Forscher, der Seefahrer, der Wandernden“ liest man in großen Lettern auf dem *Palazzo della Civiltà Italiana*, der auch unter dem Namen *Colosseo quadrato* bekannt ist. Das Zitat stammt aus einer Rede Mussolinis, in der er 1935 Äthiopien den Krieg erklärte. Das faschistische Bauwerk wurde 1942 unter Mussolini eröffnet und vermittelte eine klare politische Botschaft, indem antike Formen und Motive aufgegriffen wurden. Heute bestaunen zahlreiche Menschen dieses architektonische Meisterwerk, und es ist Schauplatz für verschiedenste Veranstaltungen. Es ist ein Beispiel für die Erzeugung eines *kulturellen Narrativs* und damit Ausgangspunkt unserer Überlegungen.

Das Wort Narrativ leitet sich vom lateinischen *narration* ab und bedeutet Erzählung. Jede Erzählung ist damit eine Narration. Ein Narrativ allerdings ist eine Narration, auf die sich mehrere Personen geeinigt haben oder die sich in einer Gruppe durchgesetzt hat. Ein kulturelles Narrativ zeichnet sich im Konkreten dadurch aus, dass es Teil eines Selbstverständnisses einer Gesellschaft oder Kultur ist.

Wo finden sich solche kulturellen Narrative, wie werden sie vermittelt und welche Bedeutung tragen sie innerhalb einer Gesellschaft? Dies waren die zentralen Fragestellungen unserer gemeinsamen Arbeit. Faschistische Architektur und Briefmarken boten Anlass zur intensiven Auseinandersetzung mit kulturellen Narrativen und eröffneten weiterführende Fragen zum zeitgenössischen Umgang mit historischen Überresten.

Das eingangs erwähnte *Colosseo quadrato* vermittelt eine besondere politische Botschaft, die sich auf das antike Rom rückbezieht und die antike Kultur aufleben lässt. Es wurde zum 20. Jahrestag von Mussolinis Machtergreifung errichtet und verweist auf Mussolinis Erwartungen und Zukunftsvisionen, die er an Rom stellte; es diente als Ausdruck der Herrschaft Mussolinis und der Macht des „neuen“ Römischen Reiches. Die einschüchternde Wirkung des Bauwerkes ist nicht abzustreiten, die die politische Botschaft des Gebäudes noch unterstreicht. Unter Mussolini sollten die Größe und Macht des antiken Roms erneuert und propagiert werden. Dafür versuchte er, seine faschistische Botschaft besonders im Alltag der Menschen zu verbreiten. Briefmarken dienten ihm als zusätzliches politisches Mittel, seine Vorstellungen eines italienischen Weltreiches zu propagieren. Abbildungen auf Briefmarken spielen auf Augustus an und feiern dessen 2000. Jahrestag. Zitate aus antiken Texten finden sich ebenfalls auf faschistischen Briefmarken und rechtfertigen militärische Entscheidungen Mussolinis.

Jetzt ist es ja nichts Neues, dass Geschichte für politische, kulturelle oder wirtschaftliche Zwecke genutzt wird. Täglich werden wir mit aufwendig gestalteten und suggestiven Geschichtsnarrativen konfrontiert: in den sozialen Medien, im Kino, in Büchern, in Museen oder auf der Straße. Wir wären also lange damit beschäftigt, festzustellen, wann Geschichte wieder einmal für irgendwelche Zwecke benutzt wurde – was sollte man auch sonst damit tun? Denn Geschichte ist schließlich nicht unveränderlich; sie ist formbar. Sie erklärt Zusammenhänge, deutet die Vergangenheit in bestimmter Weise und scheint damit ihr Schicksal vorherzubestimmen: Geschichte ist Instrument politischer Interessen.

In diesem Fall ist es die Kultur, die für politische Zwecke genutzt wird. Die römische Kultur wird als Leitkultur inszeniert, an der es sich zu orientieren gilt und die die vergangene Größe und Macht Roms verkörpert. Vor dem Hintergrund des Faschismus erhält dieser Bezug eine besondere politische und historische Bedeutung. Die Architektur in Italien erinnert noch heute an die Zeit des Faschismus und ist Teil des alltäglichen Lebens.

So ist das *Colosseo quadrato* ein Ort für verschiedene Veranstaltungen und wird aufgrund seiner Ästhetik auch heute genutzt. Der Fußballer Paulo Dybala, der im Frühjahr dieses Jahres zum Verein AS Rom wechselte, wurde vor dem Palazzo feierlich empfangen. Eine Projektion eines Fotos von ihm wurde an die Fassade projiziert und zog tausende Fans an. „Wie ein Gott! Paulo Dybala wird ein Empfang in Rom zuteil wie einst Julius Caesar!“ liest man als Schlagzeile. Wieder kommt es zur Bezugnahme auf die Antike. Aber welche Bedeutung trägt die faschistische Vergangenheit des Gebäudes, welche Bedeutung wird ihr zugeschrieben? Der Palazzo ist ohne Zweifel ein sehr ästhetisches Bauwerk und dementsprechend für einen solchen Empfang geeignet. Wie geht man jedoch mit der Geschichte des Bauwerkes um? Sollten solche Gebäude weiter verwendet und sogar für öffentliche Veranstaltungen genutzt werden?

Kulturelle Narrative sind in der Geschichte, aber auch in unserem Alltag omnipräsent. Kulturelle Bezüge in Politik und Alltag unterliegen teils konkreten Zielen, können aber auch unbewusst und sehr subtil entstehen. Sie inszenieren ein bestimmtes Narrativ von Kultur und Geschichte und stiften damit gesellschaftlich Sinn. So zeichnet auch der Umgang mit historischen Überresten ein kulturelles Narrativ, in das wir uns einordnen und in dem wir uns zurechtfinden müssen. Ein Neu- und Umdenken bezüglich unseres vermeintlichen Wissens ist nötig, um kompetent mit den gegebenen Strukturen umzugehen und diese zu hinterfragen.

Literatur

- Bodo v. Borries: Zurück zu den Quellen? Plädoyer für die Narrationsprüfung, in: *Aus Politik und Zeitgeschichte* 63 (2013), S. 12-18.
- Christoph Cornelißen: Kollektives und kulturelles Erinnern. Erinnerungskulturen leben von der Dynamik der Gegenwart, in: *Forschung Frankfurt* 2014, S. 27-31.
- Friedemann Scriba: *Augustus im Schwarzhemd? Die Mostra Augustea della Romanità in Rom 1937/38*, Wien 1995.

7.6 Kultur vs. Natur

Korbinian Fickel, Julia Kruck & Luis Schäfer

Männer können sich besser als Frauen durchsetzen – dieser Umstand lässt sich immer wieder beobachten. Kompliziert wird es beim Versuch, dieses Phänomen zu erklären. Die Erklärung folgt dabei meist einem jahrhundertalten Denkmuster, welches *Kultur* und *Natur* voneinander unterscheidet und dazu genutzt wird, Macht auszuüben. Denn wer bestimmt, was zur Natur und was zur Kultur gehört, bestimmt auch, wie wir die Welt sehen und wie wir mit ihr umgehen. Es ist daher wichtig, die diesem Denken zugrunde liegenden Dualismen zu kennen und kritisch zu hinterfragen.

Die scharfe Unterscheidung in Natur und Kultur als unabhängige Realitäten, die je eigenen Gesetzen folgen, ist kein globales und zeitlich losgelöstes Phänomen. Sie ist vielmehr eine Denkfigur der abendländischen Moderne, auch wenn ihr Ursprung meist in der veränderten Naturerfahrung vermutet wird, die mit der neolithischen Revolution verbunden ist: Natürliche Prozesse konnten von nun an durch die Domestizierung von Pflanzen und Tieren in Ansätzen menschlicher Kontrolle unterworfen werden. Dies führte zu einer Trennung zwischen einem von Menschen kontrollierten Bereich und einem unkontrollierten, nicht-menschlichen Bereich.

Dies kommt in der antiken Literatur zum Ausdruck, in der in *physis* (Natur der Dinge) und *nomos* (Dinge äußerlicher, konventioneller Sitten) unterschieden wird. Für das moderne Verständnis sind jedoch vor allem die Ausbreitung des Christentums und die humanistische Philosophie des 16. und 17.

Jahrhundert von Bedeutung. Die Trennung zwischen Schöpfer und Schöpfung im Christentum sowie die Ernennung des Menschen zum "Herrn der Schöpfung" spaltet die Welt in eine aktive Menschheit und eine passive Natur. Der Mensch selbst lässt sich allerdings nicht ohne weiteres einseitig im Natur-Kultur-Dualismus einordnen. Als *animal rationale* verfügt er über einen tierischen, der Natur zuzuordnenden Körper und einen autonomen, der Kultur zuzuordnenden Geist.

Somit kann im abendländischen, modernen Verständnis der Mensch auch als Gegensatz zur Natur verstanden werden, wenn von der "Natur des Menschen" die Rede ist. Bei dieser Auffassung spielen in heutigen Debatten (*Nature-Nurture-Debatte*) vor allem Gene als innere Determinanten eine große Rolle, die im Gegensatz zu äußeren Umwelteinflüssen stehen.

Durch das historische Denkmuster lassen sich heute im Wesentlichen zwei unterschiedliche Dualismen zwischen den beiden Welten vorfinden, in welchen "Mensch und Natur" nicht dieselbe Bedeutung annehmen. Der erste Dualismus beinhaltet die "klassische Abgrenzung des schöpferischen Menschen von seiner ihm gegebenen Umgebung, die bereit steht, um geformt zu werden. In der neuzeitlichen Sicht ist der Natur-Kultur-Dualismus jedoch noch um die Ebene eines Dualismus zwischen Kollektiv und Individuum erweitert. Hier entspringt das Individuum der Natur und wird erst durch die Gesellschaft und deren Kultur verformt.

Diese Dualismen mögen zunächst weder sonderlich bedrohlich noch im politischen Sinne anwendbar klingen. Wenn wir uns also fragen, wo sich die Trennung von Natur und Kultur historisch bei der Ausübung von Macht wiederfinden lässt: Eines der wohl prägnantesten Beispiele hierfür ist der Sozialdarwinismus.

In seinem 1859 veröffentlichten Werk *On the Origin of Species* beschreibt Charles Darwin, wie durch "natürliche Selektion" jeweils die angepassten Individuen einer Spezies überleben und sich in einem Konkurrenzkampf gegen andere weniger angepasste Lebewesen durchsetzen. Dabei wird häufig der Ausdruck *survival of the fittest* verwendet. Dieser Ausdruck stammt aber ursprünglich nicht von Darwin, sondern von Herbert Spencer. Und statt das Potential zur Anpassung hervorzuheben, lässt sich *the fittest* sehr wohl missverstehen als das "stärkste" oder "beste" Individuum. Genau solch eine Umdeutung wandten die sog. Sozialdarwinisten auf gesellschaftliche Umstände an: Während Darwin von einem ungerichteten Evolutionsprozess ausging, der nur durch das Kriterium der Anpassung gleitet wird, arbeiten Sozialdarwinisten mit der Idee einer gerichteten Evolution. Der Mensch könne sich zum Besseren weiterentwickeln – oder degenerieren. Da die heutige Gesellschaft sich um die in diesem Sinne "geistig und körperlich Schwachen" kümmert, könne die natürliche Selektion als Treiber der menschlichen Weiterentwicklung nicht mehr greifen. Noch schlimmer, unter diesen Voraussetzungen drohe die gesamte Menschheit zu degenerieren. Der Sozialdarwinist Francis Galton, Begründer der Eugenik, span diesen Gedanken weiter: Intellekt, Moral und Talent seien seiner Meinung nach vererbbar und maßgeblich für den Erfolg verantwortlich, den Menschen in ihrem Leben erzielten. Die sog. *Rassen*, denen die Menschen jeweilig angehören würden, seien dabei von höherer oder minderer Wertigkeit, abhängig von den durchschnittlichen Qualitäten der Angehörigen. Allerdings würden sich die faulen und dummen Menschen schneller vermehren als die intelligenten und erfolgreichen. Sollte daher diesem Prozess nicht Einhalt geboten werden, führe dies zum Niedergang und vermeintlich minderwertige *Rassen* würden höherwertige *Rassen* ersetzen. Daher müsse der Mensch in diesen Prozess eingreifen:

Whenever a low race is preserved under conditions of life that exact a high level of efficiency, it must be subjected to rigorous selection. The few best specimens of that race can alone be allowed to live. On the other hand, if a higher race be substituted for the low one, all this terrible misery disappears. The most merciful form of what I ventured to call "eugenics" would consist in watching for the indications of superior strains or races, and in so favouring them that their progeny shall outnumber and gradually replace that of the old one. (Galton, 1907)

Im Denken der Sozialdarwinisten findet sich der klassische Dualismus wieder: Als Herrscher über die Natur und durch die Kenntnis über ihre Gesetze kann der Mensch sie (versuchen zu) kontrollieren. Darunter fällt im Zuge des Individuum-Kollektiv-Dualismus' nun auch die menschliche Natur, die damit für die Gesellschaft von großer Bedeutung wird. Die besondere Wirkmacht entfaltet dieses Denken erst, wenn die menschliche Natur definiert wird. Der Definition der Sozialdarwinisten nach umfasst die Natur des Menschen nämlich deutlich mehr, als Zeitgenossen ihr zugeschrieben hätten: Talent, Moral und letztlich sogar Erfolg hingen allein von Vererbung ab, äußere Einflüsse hätten keinen nennenswerten Effekt. Die Schlussfolgerung daraus lautete, dass die Gesellschaft in den Entwicklungsprozess eingreifen müsse und entscheiden solle, wer sich fortpflanzen – oder sogar überleben – darf.

Man könnte diese Nutzung der Trennung von Natur und Kultur als ein Phänomen vergangener Tage erachten. Jedoch ist dieser, oftmals unbewusst eingesetzte, Dualismus auch in heutigen Diskussionen zu finden und wird genutzt, um die Ausübung von Macht zu legitimieren. Das zeigt das eingangs gegebene Beispiel, wenn ein Ungleichgewicht in der Durchsetzungsstärke von Männern und Frauen als unveränderbare, natürliche Konstante angesehen wird.

Ebenso argumentieren homophobe Gruppen auch heute mit der Natur des Menschen, wenn es um die Rechte von Homosexuellen geht. Heterosexualität stelle hiernach die "wahre" Natur des Menschen dar, und Homosexualität sei eine Degeneration davon – die Gesellschaft müsse daher dieser entgegenwirken. Mit einer solchen Argumentation war es z.B. möglich, dass in Großbritannien noch bis in die 1950er Jahre hinein Homosexuelle zwangssterilisiert wurden. Eine andere Argumentationslinie verortet Homosexualität in der Kultur. Auch hier wird Heterosexualität als die Natur des Menschen angesehen. Homosexualität entstehe ausschließlich durch schädliche Einflüsse von außen. Auf Grundlage dieser Argumentation haben Länder wie Ungarn, Russland oder China Darstellungen von Homosexualität in der Kunst verboten – und in Reaktion schneiden große Studios wie Disney Szenen, in denen Homosexualität dargestellt wird, aus ihren Filmen oder passen das Drehbuch von vornherein so an, dass ihre Filme eine Zulassung in den genannten Ländern bekommen.

Durch die Instrumentalisierung von *Natur* und *Kultur* werden demnach Machtgefüge geschaffen, die unter anderem dazu führen, dass bestimmte Gruppen marginalisiert werden können. Sich mit den Hintergründen unseres Denkens auseinanderzusetzen, erweitert das eigene Verständnis über viele noch heute geführte Debatten. Das ist essenziell, um Vergangenheit und Gegenwart etwas tiefergehender betrachten und einordnen zu können.

Literatur

- Francis Galton: *Inquiries into Human Faculty and its Development*, 2. Aufl., London/New York 1907.
- Diane B. Paul: Darwin, Social Darwinism and Eugenics, in: *The Cambridge Companion to Darwin*, hgg. v. Jonathan Hodge / Gregory Radick, Cambridge 2003.
- Guido Sprenger / Oliver Schlaudt / Hans Gebhardt / Thomas Meier: Natur-Kultur-Dualismus und Hybridisierung, in: *Umwelt interdisziplinär. Grundlagen – Konzepte – Handlungsfelder*, hgg. v. Th.M. / Frank Keppler / Ute Mager / Ulrich Platt / Frederike Reents, Preprint 2022, <https://d-nb.info/1250339553/34> [29.09.22].

7.7 Subkultur

In manchen Köpfen mag beim Wort „Kultur“ weiterhin eine Bedeutungszuschreibung getragen von Überlegenheit, Zivilisation und traditionsreicher Ästhetik aufblitzen. Das ist nicht verwunderlich, schließlich ist das totalitätsorientierte Verständnis des Kulturbegriffs weitaus jünger als die normative Ansicht. Doch es ist längst an der Zeit, mit dieser Tradition zu brechen und einen zuweilen unterschätzten Bereich in den Blick zu nehmen: die jugendliche Subkultur.

Was bietet die Untersuchung von Skatern, EDM Raves oder Skinheads? Wenn das Subkulturen sind, was gehört dazu, dass eine einzelne Strömung zu einer solchen wird? Wie kann es sein, dass in Freizeitaktivitäten und Musik verankerte Subkulturen zum Teil einen erheblichen gesellschaftlichen und auch politischen Einfluss nehmen können? Ein Blick auf den historischen Kontext, die Anfänge und die heutigen Formen verschiedener subkultureller Strömungen zeigt deutliche Zusammenhänge zur aktuellen Popkultur, zum Mainstream: Dieser wurzelt in Subkulturen, und diese wiederum entstehen neu oder verändern sich in Abgrenzung zum Mainstream. Bei der Untersuchung von Jugendkultur, Identitätsbildung, Mainstream-Ästhetik und gesamtgesellschaftlicher Ex- bzw. Inklusion lohnt sich also ein Blick auf Subkulturen.

Für uns galt es zunächst, herauszufinden, welche „Subkulturen“ es gibt, Gemeinsamkeiten und Unterschiede herauszuarbeiten, und zu hinterfragen, wer wen überhaupt warum als solche bezeichnet. Eine erste Sammlung von Schlagzeilen zum Thema Subkultur sollte uns anhand von aktuellen Beispielen aufzeigen, in welchem Kontext der Begriff verwendet wird:

„Subkultur“ findet sich sowohl im linken als auch rechten politischen Lager und scheint eng mit „Jugendkultur“ verwoben zu sein. Sie vermittelt Identität und Zugehörigkeit zu einer Gruppe und bedeutet in der jeweiligen Szene weitaus mehr als eine reine Freizeitaktivität. Was unterscheidet eine Subkultur aber konkret von einem Hobby? Ist Subkultur auch immer zwangsläufig politisch?

Ziel unserer Kurssitzung war es, durch die Untersuchung ausgewählter Beispiele von Subkulturen selbst Beobachtungen zur Existenz und Beschaffenheit des Konzepts von Subkultur aufstellen zu können.

Hippies, Punks, Skinheads, Hip Hop, Skater, Rechte, Raves, Fußball-Ultras oder die Queere Club-Szene – Fehlanzeige für unmittelbare, klar definierbare Charakteristika einer jeden Subkultur. Deshalb sollten sich die Kursteilnehmenden auf der Akademie anhand dreier ausgesuchter Beispiele über die Beschaffenheit von Subkulturen austauschen, um anschließend im Plenum die wichtigsten der genannten Fragen diskutieren zu können. Videos, Fachliteratur, Zitate und Interviews mit Szenemitgliedern informierten über die verschiedenen Merkmale und jeweils vordergründigen Probleme der Skater-, Skinhead- und EDM-Szene. Schnell wurde dabei deutlich: Im Hinblick auf Mode, Musikgeschmack, Werte und Identität gibt es große Unterschiede zwischen den Subkulturen, doch die Relevanz der verschiedenen Komponenten spiegelt sich in jeder Gruppe wieder:

Skateboarding ist mehr als ein Hobby, wenn es die Lebensführung der Skater beeinflusst und ihnen eine Gemeinschaft bringt, einen Lifestyle, eine Identität, mehr Freiheit. Skaterkultur steht für gegenseitige Wissensweitergabe und respektvollen Umgang, verstärkte Zugehörigkeit, und all das beeinflusste in den vergangenen Jahrzehnten spürbar verschiedene Mainstream-Trends. Als Reaktion auf die stark zunehmende Popularität wurde Skateboarding 2020 in die olympischen Disziplinen aufgenommen – eine Ehrung, welche die Szene jedoch vor neue Probleme stellt. Die eigenwillig-subversive Skaterkultur sieht sich plötzlich Regeln, Strukturen und Organisation ausgesetzt, wo es vorher allein um individuelle Verwirklichung, Spaß und Freiheit ging. Die institutionelle Versportlichung hat Auswirkungen auf ihre Identität als „eigene“ Subkultur, wenn auf einmal beispielsweise konkurrierender Wettkampf im Vordergrund steht.

Nicht minder wichtig sind Mode, Zusammenhalt und Lifestyle unter Skinheads. Diese Jugendlichen vereint ihr Kleidungsstil, ihr Musikgeschmack, ihre mit Stolz empfundene Zugehörigkeit zur Arbeiterklasse, ihre Anti-Haltung zum Establishment und vieles mehr. Skinheads finden in dieser Subkultur ebenfalls eine identitätsstiftende, enge Gemeinschaft – welche mit wachsender Größe allerdings eine

sowohl von innen als auch von außen verursachte Spaltung erlebt. Die inhaltlich derartig weit auseinander liegende Vervollständigung des Satzes „Skinhead sein bedeutet für mich...“ in den beiden folgenden Zitaten zeugt von einer vor allem in den 90er Jahren wachsenden Identitätskrise:

Sich von den anderen abheben, ultrakurze Haare, smarte Klamotten, Liebe zu schwarzer Musik, Spaß haben, rumsaufen, Working Class, Hippies an den Haaren ziehen, Roller fahren. Ein Weg zum Leben. Den Stolz auf meine Heimat und Rasse zu zeigen. Skinheadtum und Nationaler Sozialismus ist für mich nicht mehr zu trennen.

Obwohl rechtsextreme Skinheads eine Minderheit in der Szene bildeten, verankern reißerische Schlagzeilen wie „Neuer Terror am helllichten Tag – Skinheads klauen Baby!“ das Bild der rechtsextremen Skinheads in der Mitte der öffentlichen Wahrnehmung. Einige Mitglieder wehren sich mit Informationskampagnen auf der Straße gegen Anfeindungen, eine über die Jahre zunehmende Unterwanderung der Szene durch Rechtsextreme ist jedoch ebenfalls nicht zu leugnen. Beide Lager sehen sich dennoch als „wahre“ Skinheads. Hier wird somit eine andere, für Subkulturen symptomatische Problematik deutlich – wem „gehört“ die Subkultur? Wer lebt die „wahre“ Subkultur, wenn sich die Gemeinschaft verändert und zum Teil spaltet?

Konflikte dieser Art sind ebenfalls in der EDM (*Electronic Dance Music*)-Szene zu beobachten. „PLUR“ steht dort für *Peace, Love, Unity and Respect* und ist für die Generation der ersten „Raver“ die Vision einer besseren, inkludierenden Gesellschaft. Denn die frühe EDM-Subkultur wuchs in den 80er Jahren als Gegenkultur aus der House- und Techno-Underground-Klubszene heraus; ihre Mitglieder sind vorwiegend von der Gesellschaft marginalisierte Menschen, die Zusammenhalt und eine Familie finden. Extravagante Mode und Musik spielen hier ebenfalls wieder eine bedeutsame Rolle in der Zugehörigkeit zur Subkultur. Auch hier reagierte die Gesellschaft, angestachelt von den Medien, mit einer *moral panic* – weitaus interessanter an diesem Beispiel ist jedoch die weitere Entwicklung innerhalb der Szene: Raves wurden immer beliebter und somit größer, dies erforderte bessere Sicherheitsmaßnahmen und schließlich offizielle, beworbene Veranstaltungen anstelle der zuvor meist illegalen Tanzpartys. Das Rad der Kommerzialisierung war in vollem Gange und lockte ein immer mehr dem Mainstream entstammendes Publikum an. Heute strömen zehntausende Menschen auf die populärsten Veranstaltungen und ecken mit ihren Äußerungen und Verhalten mit den Ravern der ersten Stunde an. Es ist dasselbe Thema der Identitätskrise und vermeintlichen Vereinnahmung der Szene durch ein „falsches“ Ausleben. Zwei Zitate:

Amazingly, EDM has discovered how to sell itself to straight, white, American teenage boys. The very same lot that, had they lived decades earlier, might have been burning disco music in Comiskey Park. This time around, unmistakably, the movement is fronted largely by white guys, and you'd be hard pressed to find any gay subtext, aside from the shirtless bros bumping into each other in the crowds.
You old people need to take your PLUR and get the fuck out of here. No one wants to hear that shit. That was then and this is now. These parties are bout raging and getting fucked up. Take your hippy shit and shove it.

Für die einen hat der Wandel zum Mainstream, wie im Fall der EDM-Kultur, die Idee im Kern erstickt oder soweit verfremdet, dass es ihnen schwer fällt, sich länger damit zu identifizieren. Für andere hat diese Veränderung erst Zugang zu etwas gebracht, was ihnen ihr Leben bereichert. Subkulturen entstehen im Kontext ihrer Zeit, als Reaktion auf gesamtgesellschaftliche Phänomene. Gibt es somit nur diese zwei Szenarien für die Entwicklung von Subkulturen – entweder zum Mainstream zu werden, bis sie kaum mehr als solche erkennbar sind, oder aber „auszusterben“, wenn dies nicht passiert? Ist Subkultur also zwangsläufig auch immer politisch? Fragen wie diese standen im Mittelpunkt der Diskussion, die auf unsere Stationsarbeit aufbaute, bis wir uns schließlich der Frage widmeten:

Gibt es Subkultur aus unserem totalitätsorientierten Blickwinkel betrachtet dann überhaupt noch?

Wie nehmen wir diese Kollektive wahr, und geht es ihnen selbst um explizite Abgrenzung? „Subkultur“ muss keine begriffliche Degradierung sein, sondern kann den Beitrag dieser Gruppen zur Gesamtgesellschaft verdeutlichen, ihre Verschiedenheit als etwas Eigenes wertschätzend markieren und somit ihre gesellschaftliche Relevanz zur Geltung bringen.

Literatur

- Christopher T. Conner: *Electronic Dance Music: From Deviant Subculture to Culture Industry*, Diss. 2015 (Soziologie, University of Nevada, Las Vegas).
- Klaus Farin / Eberhard Seidel-Pielen: *Skinheads*, München 1993. Jürgen Schwier / Veith Kilberth (Hgg.): *Skateboarding zwischen Subkultur und Olympia. Eine jugendliche Bewegungskultur im Spannungsfeld von Kommerzialisierung und Versportlichung*, Bielefeld 2018.
- Detlef Siegfried: *Sound der Revolte. Studien zur Kulturrevolution um 1968*, Weinheim 2008.

Akademieplan der 17. Hessischen Schülerakademie für die Oberstufe 2022

Sonntag, 21.8.	Uhrzeit	Montag, 22.8.	Dienstag, 23.8.	Mittwoch, 24.8.	Donnerstag, 25.8.
<p>ANREISE ab 15 Uhr</p> <p>Begrüßungskomitee und Burg-Rallye für Neue</p> <p>Anreise/Zimmerbelegung bis 18:00 Uhr</p> <p>18:30 Uhr: Abendessen</p> <p>19.15 Uhr:</p> <ul style="list-style-type: none"> · Begrüßung + Orga · Kennenlernen 	ab 7:45h	Frühstück	Frühstück	Frühstück	Frühstück
	08.30h	Morgenplenum	Morgenplenum	Morgenplenum	Morgenplenum
	09:00h	Fachkurse: Geschichte, Informatik, Mathematik, Physik	Fachkurse: Geschichte, Informatik, Mathematik, Physik	Fachkurse: Geschichte, Informatik, Mathematik, Physik	Fachkurse: Geschichte, Informatik, Mathematik, Physik
	12:30h	Mittagessen / -pause	Mittagessen / -pause	Mittagessen / -pause	Mittagessen / -pause
	14:00h	Musisch-kulturelle Kurse: Akrobatik, 3D-Modellbau, Elektronische Musik, Fotografie, Improtheater, Malen & Zeichnen	Musisch-kulturelle Kurse: Akrobatik, 3D-Modellbau, Elektronische Musik, Fotografie, Improtheater, Malen & Zeichnen	Musisch-kulturelle Kurse: Akrobatik, 3D-Modellbau, Elektronische Musik, Fotografie, Improtheater, Malen & Zeichnen	Musisch-kulturelle Kurse: Akrobatik, 3D-Modellbau, Elektronische Musik, Fotografie, Improtheater, Malen & Zeichnen
	16.00h	Kaffeepause	Kaffeepause	Kaffeepause	Kaffeepause
	16:30h	Chor für alle	Chor für alle	Musisch-kulturelle Kurse	Musisch-kulturelle Kurse
	17:30h	Kontranz für alle	Kontranz für alle		
	18:30h	Abendessen	Abendessen	Abendessen	Abendessen
	19:00h	19:15h: Teambuilding-Turnier	Kursteam-Sitzung	TEAM-Sitzung	Kursteam-Sitzung
	20:00h		Pecha Cucha	Projektplanung	Studienberatung
	21:00h				

Akademieplan der 17. Hessischen Schülerakademie für die Oberstufe 2022

Uhrzeit	Freitag, 26.8.	Samstag, 27.8.	Sonntag, 28.8.	Montag, 29.8.
ab 7:45h	Frühstück		Frühstück	Frühstück
08.30h	Morgenplenum	Frühstück 8.30 bis 10.30h	Morgenplenum	Morgenplenum
09:00h	Fachkurse: Geschichte, Informatik, Mathematik, Physik	10:00h: Andacht 10:30h: Start Un*Ruhetag	Fachkurse: Geschichte, Informatik, Mathematik, Physik	Fachkurse: Geschichte, Informatik, Mathematik, Physik
12:30h	Mittagessen / -pause	(Lunchpakete)	Mittagessen / -pause	Mittagessen / -pause
14:00h	Projektzeit	Un*Ruhetag: Jugger u.a. Projekte (ca. 14-15h: Kaffee & Kuchen)	Musisch-kulturelle Kurse: Blogging, Chor, Instrumentalmusik, Physical Comedy, Malen & Zeichnen, Ton-Film-Impro	Musisch-kulturelle Kurse: Blogging, Chor, Instrumentalmusik, Physical Comedy, Malen & Zeichnen, Ton-Film-Impro
16.00h	Kaffeepause		Kaffeepause	Kaffeepause
16:30h	Projektzeit		Projektzeit	Projektzeit
18:30h	Abendessen	18h: Grillen	Abendessen	Abendessen
19:00h	Kursinterner Abend		TEAM-Sitzung	Kursteam-Sitzung
20:00h		anschl. Projektzeit	Projektzeit	Quizabend
21:00h		Lagerfeuer		

Akademieplan der 17. Hessischen Schülerakademie für die Oberstufe 2022

Dienstag, 30.8.	Mittwoch, 31.8.	Donnerstag, 1.9.	Uhrzeit	Freitag, 2.9.
Frühstück	Frühstück	Frühstück	ab 7:45h	Frühstück
Morgenplenum	Morgenplenum	Morgenplenum	08.30h	Morgenplenum
Fachkurse: Geschichte, Informatik, Mathematik, Physik	Fachkurse: Geschichte, Informatik, Mathematik, Physik	Fachkurse: Geschichte, Informatik, Mathematik, Physik	09:00h	Räumen 10 Uhr: Abschlussplenum 11 Uhr: Abreise 11.30h: TEAM-Sitzung
Mittagessen / -pause	Mittagessen / -pause	Mittagessen	12:30h	Mittagessen Team, anschl. Abreise
Musisch-kulturelle Kurse: Blogging, Chor, Instrumentalmusik, Physical Comedy, Malen & Zeichnen, Ton-Film-Impro	Musisch-kulturelle Kurse: Blogging, Chor, Instrumentalmusik, Physical Comedy, Malen & Zeichnen, Ton-Film-Impro	13:30-14:30h: Chor für alle 15:00h: Gästetag: Kaffee	14:00h	
Kaffeepause	Kaffeepause	Gästetag: Vorführungen	16.00h	
Musisch-kulturelle Kurse	Musisch-kulturelle Kurse		16:30h	
Abendessen	Abendessen	Abendessen	18:30h	
TEAM-Sitzung	Akademie-Fotos	Gästetag: Ausklang	19:00h	
Doku-Abschluss	Vorabschluss		20:00h	
			21:00h	

9 Teilnehmer:innen

Kursleitungen

Anna	Dressel	Malen & Zeichnen
Cynthia	Hog-Angeloni	Akademieleitung & Kursleitung Mathematik
Freya	Moßig	Akrobatik
Gregor	Angeloni	Akademieleitung
Jan	Fotakis	Physik
Jesse	Jones	Physik
Julia	Wiegand	Blogging & Fotografie
Lena	Senz	Akademieleitung
Leon	Hotz	Geschichte
Leon	Strauss	Informatik
Marius	Ehrmanntraut	Improtheater & Physical Comedy
Maxim	Gerspach	Mathematik
Mischa	Holz	Informatik
Peter	Gorzolla	Akademieleitung & Kursleitung Geschichte
Rüdiger	Kling	Akademieleitung, Instrumentalmusik & 3D-Modelle
Stefanie	Januschko	Chor
Theresa	Kumpitsch	Mathematik
Veronika	Münstermann	Geschichte
Volker	Kehl	Ton-Film-Improvisation & Elektronische Musik

Studentisches Team in den Fachkursen

Annika	Simon	Physik	Julian	Grob	Mathematik
Bastian	Hohm	Mathematik	Justin	Mohs	Physik
Benedikt	Ebert	Informatik	Katharina	Stadler	Geschichte
Calvin	Weis	Geschichte	Lea	Bach	Mathematik
Hannes	Güdelhöfer	Informatik	Luis	Schäfer	Geschichte
Helena	Kunkel	Geschichte	Martina	Cao	Mathematik
Hilmar	Wiegand	Informatik	Max	Hansen	Physik
Jakob	Lohr	Physik	Tobias	Chen	Informatik
Jan	Krumrein	Informatik	Valentin	Michel	Geschichte
Jonas	Ellwanger	Mathematik			

Schülerinnen und Schüler

Geschichte		Informatik		Mathematik		Physik	
Leni Vivian	Belter	Farida	Ayman M. F.	Jan N.	Arends	Arina	Anzupow
Korbinian	Fickel	Björn	Brestel	Lea	Baron	Fabian	Beemelmann
Sophie R. J.	Fromm	Arwen S.	Fischle	Wiebke	Dintelmann	Leonie K.	Bepler
Pia	Hadwiger	Katharina	Gärtner	Johann	Gaulke	Alexander	Beruda
Anne-Christine	Hollmann	Lukas	Jesussek	Lucia	Klöckner	Jonas	Gerharz
Julia	Kruck	Ada	Koçak	Yannick	Müller	Clara	Gries
Samuel	Mandry	Alexander	Kohl	Leon	Rosar	Marie-Victorine	Kessler
Lars Fredrik	Pohlmann	Toplink	Li	Ole	Toussaint	Luisa	Priebe
Nour	Ramy M. N.	Philipp	Semmel	Clarissa	Troidl	Johanna	Schubert