

Hessische Schülerakademie 2014

OBERSTUFE

Dokumentation

24. August - 5. September 2014

veranstaltet von der
Goethe Universität Frankfurt/Main,
dem Landesschulamt und Lehrkräfteakademie und der
Hessischen Heimvolkshochschule BURG FÜRSTENECK

Schirmherr: Herr Prof. Dr. Alexander Lorz

10. Hessische Schülerakademie
Oberstufe
24. August – 05. September 2014
– Lehreraus- und Weiterbildung –

Dokumentation

Herausgegeben von:
Peter Gorzolla, Cynthia Hog-Angeloni
und Birthe Anne Wiegand

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>



Sie dürfen:

das Werk bzw. den Inhalt vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen

Zu den folgenden Bedingungen:



Namensnennung — Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen.



Keine kommerzielle Nutzung — Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden.



Keine Bearbeitung — Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Wobei gilt:

Verzichtserklärung — Jede der vorgenannten Bedingungen kann **aufgehoben** werden, sofern Sie die ausdrückliche Einwilligung des Rechteinhabers dazu erhalten.

Public Domain (gemeinfreie oder nicht-schützbar Inhalte) — Soweit das Werk, der Inhalt oder irgendein Teil davon zur **Public Domain** der jeweiligen Rechtsordnung gehört, wird dieser Status von der Lizenz in keiner Weise berührt.

Sonstige Rechte — Die Lizenz hat keinerlei Einfluss auf die folgenden Rechte:

- Die Rechte, die jedermann wegen der Schranken des Urheberrechts oder aufgrund gesetzlicher Erlaubnisse zustehen (in einigen Ländern als grundsätzliche Doktrin des **fair use** etabliert);
- Das **Urheberpersönlichkeitsrecht** des Rechteinhabers;
- Rechte anderer Personen, entweder am Lizenzgegenstand selber oder bezüglich seiner Verwendung, zum Beispiel für **Werbung** oder Privatsphärenschutz.

Hinweis — Im Falle einer Verbreitung müssen Sie anderen alle Lizenzbedingungen mitteilen, die für dieses Werk gelten.

Die ISBN-Nummer dieser Publikation ist 978-3-910097-24-7. Sie ist bei der Verwendung anzugeben. Der Abdruck einiger Grafiken erfolgt mit freundlicher Genehmigung des Springer-Verlags. Die Rechte an diesen Grafiken werden durch diese Lizenz nicht berührt.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	5
2	Grußwort	6
3	Mathematikkurs	8
3.1	Das Pentagon und das Pentagramm	8
3.2	Konstruktionen mit Zirkel und Lineal	11
3.3	Die Fibonacci-Zahlen und der Goldene Schnitt	13
3.4	Konstruktion und Anwendung des goldenen Schnitts	14
3.5	Die Goldene Spirale	16
3.6	Kettenbrüche	19
3.7	Phyllotaxis – Der Goldene Schnitt in Pflanzen	21
3.8	Platonische Körper	23
3.9	Periodizität von Kettenbrüchen	25
3.10	Penrose-Parkette	27
4	Physikkurs	31
4.1	Physik des Autos	31
4.2	Physik des Fahrrads – Stabilität und Gleichgewicht	32
4.3	Physik des Fahrrads – Luftwiderstand	34
4.4	Physik des ICE – Schienen	36
4.5	Physik des ICE – Bremsen	39
4.6	Physik des Fahrrads – Übersetzung	40
4.7	Fahrassistenzsysteme im Auto	42
4.8	Physik des Flugzeugs	44
4.9	Flugzeugtriebwerke	46
4.10	Bahnmechanik	48
5	Kurs Musikwissenschaften	51
5.1	Was ist das musikalische Werk? – Raumkunst und Zeitkunst	51
5.2	Komponist – Interpret – Rezipient: Wer hat das Sagen?	52
5.3	Interpretationsvergleich	53
5.4	Über musikalische Phänomenologie I	54
5.5	Über musikalische Phänomenologie II	55
5.6	Beethoven und das imaginäre Museum der Musik I – Konzertstätten	56
5.7	Beethoven und das imaginäre Museum der Musik II – Repertoire und Kanon	57
5.8	Was ist der Inhalt der Musik: Ausdruck von Gefühlen oder „tönend bewegte Formen“	59
5.9	Fantasieren – Kolorieren – Variieren: Alternativen zum Werkkonzept I – Corelli	60

5.10	Fantasieren – Kolorieren – Variieren: Alternativen zum Werkkonzept II – Mozart	61
5.11	Das musikalische Werk nach dem „performative turn“	62
5.12	Bach forever?	63
5.13	Schlussdiskussion	65
6	Geschichtskurs	66
6.1	Barthes	66
6.2	Filmtechnik & Heldenreise	67
6.3	Prometheus	68
6.4	Jeanne d’Arc	69
6.5	Der gute Soldat	71
6.6	Augenzeugenschaft	72
6.7	300	74
6.8	Hitler	76
6.9	Der Spion	77
6.10	Birth of a Nation	79
6.11	Ethnische Identität	80
6.12	Vampire	82
6.13	Karl der Große	84
7	Musisch-kulturelle Kurse	86
7.1	Chor	86
7.2	Kontratanz	86
7.3	Kammermusik	87
7.4	English Theatre	87
7.5	Bühnenbild	88
7.6	Theaterimprovisation	88
7.7	Italienisch	88
7.8	Musikalische Improvisation	89
7.9	Naturkunde	89
7.10	Journalismus	90
8	Abendvortrag	91
8.1	Eine kleine Geschichte der ADHS	91
9	Akademiehymne	94
10	Gästenachmittag	96
11	Pressebericht	97
12	Auszüge aus Abschlussberichten	98
13	Teilnehmende	102

1 Vorwort

Die Hessische Schülerakademie 2014 stand ganz im Zeichen ihres 10jährigen Bestehens. Seit Gründung der Oberstufenakademie im Jahre 2004 durch Cynthia Hog-Angeloni und Wolfgang Metzler hat sich die „HSAKA“ selbstverständlich verändert; das ist bei einem so ambitionierten Projekt auch gar nicht anders denkbar. Die Hessische Schülerakademie hat sich behauptet, indem sie immer wieder neue Impulse aufgenommen und sich beständig um Verbesserung bemüht hat – und sie ist gewachsen. Seit 2011 ist eine Mittelstufenakademie neben das Angebot für die Oberstufe getreten, und im Sommer haben Ehemalige und Aktive beider Akademien einen Alumni- und Förderverein gegründet. Eine „Erfolgsgeschichte“ haben das Staatsminister Prof. Dr. Alexander Lorz und Vizepräsidentin Prof. Dr. Tanja Brühl beim Gästenachmittag in den Grußworten genannt, die sie im Auftrag des Hessischen Kultusministeriums bzw. der Goethe-Universität überbrachten.

Die Gratulationen und guten Wünsche haben wohl alle Beteiligten an diesem Tag mit ein wenig Stolz über das Geleistete entgegengenommen – umso mehr jedoch mit einer gehörigen Portion Dankbarkeit. Denn ohne die Unterstützung starker Partner und Förderer wären weder Gründung noch Gelingen der Hessischen Schülerakademie möglich gewesen. Und es ist sicher kein Zufall, wenn hier zuvorderst eben jenen schon genannten Institutionen zu danken ist: dem Kultusministerium, damals vertreten durch Staatsministerin Karin Wolff, und der Goethe-Universität, vertreten durch Präsident Prof. Dr. Rudolf Steinberg. Ebenso großer Dank geht an Burg Fürsteneck, 2004 vertreten durch den Leitenden Direktor Günter Schmuck, und das damalige Amt für Lehrerbildung, vertreten durch Verona Eisenbraun.

Neben der Fähigkeit zur Veränderung sind es also auch verlässliche institutionelle Partner, die der Hessischen Schülerakademie Stabilität und Kraft geben. Dazu kommt eine bemerkenswerte personelle Kontinuität; zwei außergewöhnliche Beispiele sollen das aufzeigen: Prof. Dr. Wolf Aßmus war bisher an jeder Oberstufenakademie als Leiter mit einem Physikkurs vertreten. Daneben engagiert er sich schon seit vielen Jahren unermüdlich im Kuratorium der Hessischen Schülerakademien und im Trägerverein von Burg Fürsteneck. Auch Fabian Angeloni und Birthe Anne Wiegand waren seit 2004 bei jeder Oberstufenakademie dabei: erst als besonders hilfsbereite, zupackende Schüler, inzwischen in der Assistenz der Akademieleitung. Herzlichen Dank!

Natürlich währt nicht jede Mitarbeit zehn Jahre (und das wäre sicher auch nicht wünschenswert!), aber es gibt eine auffällige Verbundenheit aller Beteiligten zu „ihrer Akademie“. Das gilt für die KursleiterInnen, die gern immer wieder kommen, wie auch für die studentischen BetreuerInnen und die SchülerInnen, die sich für eine wiederholte Teilnahme anmelden. Dieser (nicht immer einlösbare) Wunsch, Jahr um Jahr „auf die Burg“ zurückzukommen, die vielen Freundschaften, die über die Jahre quer durch alle Statusgruppen entstanden sind, und nicht zuletzt die sichtbare Begeisterung von Lehrenden und Lernenden an der gemeinsamen Arbeit nehmen wir als Belege für die nachhaltige Wirksamkeit einer Bildungsidee, der in der Vergangenheit auch manche Skepsis entgegengebracht wurde.

Dankbarkeit und Freude verlangen nach einem Fest – und ein solches haben wir in diesem Jahr im Kreise alter und neuer Freunde beim Gästenachmittag gefeiert. Dass wir dabei auch musikalisch sehr gut aufgestellt waren, verdanken wir u.a. dem Kurs Musikwissenschaften (2014 erstmalig dabei), dessen Team die Anreise aus Berlin nicht gescheut hat. Dort entstand auch die Jubiläumshymne auf die Hessische Schülerakademie, die Sie in dieser Dokumentation abgedruckt finden.

Allen über 400 Teilnehmenden der Oberstufenakademien seit 2004, unseren Förderern und allen, die zu der vorliegenden Dokumentation beigetragen haben, sei überaus herzlich gedankt!

Frankfurt am Main, im Dezember 2014

Peter Gorzolla, Cynthia Hog-Angeloni und Birthe Anne Wiegand

2 Grußwort

Grußwort anlässlich der Hessischen Schülerakademie für die Oberstufe 2014

Hessisches Kultusministerium

Der Minister



Liebe Leserinnen und Leser,

zehn Jahre nach ihrer Gründung darf man zweifellos festhalten, dass die Hessischen Schülerakademien ein Erfolg sind. Über 400 begabte und interessierte Schülerinnen und Schüler haben seit 2004 die Oberstufenakademie besucht, knapp 200 Schülerinnen und Schüler sind seit 2011 in den Kursen der Mittelstufenakademie dazugekommen. Unter der Leitung von Lehrenden verschiedener hessischer Universitäten haben sie sich begeistert mit Inhalten aus den Fächern Biologie, Chemie, Geschichte, Informatik, Kunst & Kultur, Mathematik, Medienkultur, Musik, Philosophie, Physik, Politik und Wirtschaftsethik auseinandergesetzt.

Betreut wurden die Schülerinnen und Schüler von über 160 Studierenden, die auf der Oberstufenakademie ein Schulpraktikum oder eine fachdidaktische Praxisveranstaltung absolvierten. Die Hessischen Schülerakademien leisten damit nicht nur einen wichtigen Beitrag zur außerschulischen Begabtenförderung, sondern helfen auch, diese in der ersten, universitären Phase der Lehramtsausbildung zu verorten.

Neben der Arbeit in den Fachkursen spielen bei den Hessischen Schülerakademien auch musisch-kulturelle Aktivitäten eine wichtige Rolle, etwa in Form von Chor und Instrumentalmusik, Theater und Tanz, aber auch Medienbildung oder Digitalfotografie. Vorträge zu ethischen, wissenschaftstheoretischen oder sozialen Fragen ergänzen das Programm um einen interdisziplinären Ansatz.

Dieses vielfältige und ganzheitliche Angebot erweist sich immer wieder als Stärke der Schülerakademien, und es verbindet diese mit der Akademie Burg Fürsteneck, die sich seit jeher einem ganzheitlichen Bildungsansatz verpflichtet sieht. Den Hessischen Schülerakademien stellt sie einen erfahrenen und verlässlichen Partner – und für die Durchführung der Akademien einen außergewöhnlichen Lernort.

Die Akademie Burg Fürsteneck ist jedoch als Veranstalter nicht der einzige Förderer: Die Goethe-Universität Frankfurt am Main, der Lions Club, das Beilstein-Institut, Landesschulamt und Lehrkräfteakademie und nicht zuletzt das Hessische Kultusministerium unterstützen die Hessischen Schülerakademien bei ihrem Einsatz für die Begabtenförderung. Deren Ausweitung und Stärkung hat sich die Hessische Landesregierung in ihrem Koalitionsvertrag explizit zum Ziel gesetzt.

Mit freundlichen Grüßen



Prof. Dr. R. Alexander Lorz
Hessischer Kultusminister

3 Mathematikkurs

Der Goldene Schnitt – Ein Ausflug in die Mathematik, Kunst und Natur

Zweifellos ist Schönheit eine Frage des Geschmacks, aber es besteht ein breiter Konsens darüber, dass die Kunst- und Bauwerke des antiken Griechenlands oder der Renaissance einen großen ästhetischen Wert haben. Ebenso empfinden wir alle die Natur, bestimmte Blumen zum Beispiel, als schön. Auch in der Mathematik ist oft nicht die Nützlichkeit und Anwendbarkeit, sondern eine „unerklärliche“ Schönheit mathematischer Sätze und Theorien das Maß dafür, diese als wichtig zu betrachten.

In unserem Kurs haben wir erfahren, wo in Kunst und Natur mathematische Theorien der Proportion des Goldenen Schnitts zu finden sind und was es mit der dahinter steckenden Mathematik auf sich hat, etwa, wie man konstruktiv Teilung einer Strecke im Verhältnis des Goldenen Schnittes mit Zirkel und Lineal bewerkstelligen kann und warum die Goldene Zahl die „irrationalste aller Zahlen“ genannt wird.

Kursleitung

Dr. Amir Džambić, Akademischer Rat am Fachbereich Informatik und Mathematik der Goethe-Universität Frankfurt am Main

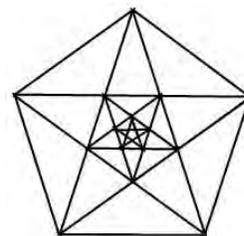
Dr. Cynthia Hog-Angeloni, Akademische Rätin für Mathematik an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, nebenberuflich an der Goethe-Universität Frankfurt am Main

3.1 Das Pentagon und das Pentagramm

Patricia Weisweiler

Betreuer: Thomas Meisterknecht

Das reguläre Fünfeck wurde von dem griechischen Mathematiker Hippasos von Metapont, einem Schüler des Pythagoras, im Zusammenhang mit dem goldenen Schnitt untersucht. Er war einer religiös-philosophischen, politisch aktiven Schule angehörig, den Pythagoreern. Dieses *Pentagon* stellte für die Pythagoreer eine Besonderheit dar; sie schrieben ihm besondere Eigenschaften und geheimnisvolle Kräfte zu. Das *Pentagramm*, das Sternfünfeck, entsteht durch das Verbinden der Ecken des regulären Fünfecks und war das Erkennungszeichen der Bruderschaft der Pythagoreer. Ebenfalls war es das Symbol der Gesundheit, denn nach Moritz Cantor heißt „Gesundheit“ ... „auch bei ihnen das dreifache Dreieck, das durch gegenseitige Verschlingung das Fünfeck erzeugt, das sogenannte Pentagramm, dessen sich die Glieder des Bundes als Erkennungszeichens bedienen“. Im Mittelalter wurde das Pentagramm als Drudenfuß zum Schutz vor Hexen und Geistern eingesetzt.

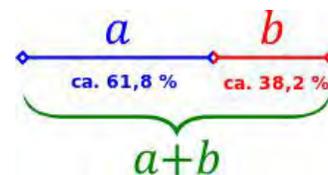


Definition des Goldenen Schnittes

Eine Gesamtstrecke $(a + b)$ zur größeren Teilstrecke (a = Major) verhält sich wie die größere Teilstrecke (a) zur kleineren Teilstrecke (b = Minor).

Es ergibt sich:

$$\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b} = \frac{1+\sqrt{5}}{2} =: \Phi$$

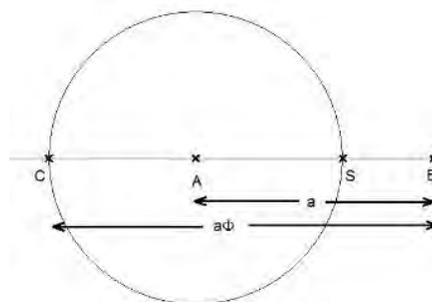
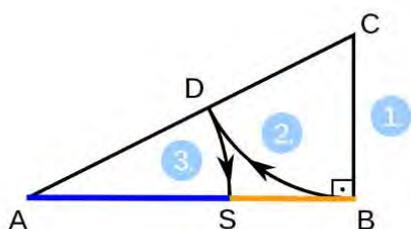


Der Beweis erfolgt durch einfache Rechnung: Aus dem Verhältnis folgt mit $b = 1$ die quadratische Gleichung $a^2 - a - 1 = 0$, die die Lösungen $x_{1,2} = \frac{1}{2} \pm \sqrt{\frac{1}{4} + 1}$ hat. Also $\Phi := \frac{1+\sqrt{5}}{2}$ und $\varphi := \frac{1-\sqrt{5}}{2}$ mit $\Phi > 0$ und $\varphi < 0$ und $\Phi - \varphi = 1$, $\Phi = 1,6189\dots$

Teilung einer Strecke a im goldenen Schnitt und Konstruktion der Länge $a\Phi$ mit Zirkel und Lineal

Gegeben sei eine Strecke AB der Länge a . Man errichtet das Lot BC auf AB in B mit $|BC| = \frac{a}{2}$. Nun verbindet man die Punkte A und C und erhält das Dreieck ABC . Vom Punkt C trägt man durch einen Kreisbogen die Länge $r = \frac{a}{2}$ auf der Strecke AC ab und erhält den Schnittpunkt D . Man misst von diesem Schnittpunkt D mit dem Zirkel bis zum Startpunkt A ab und zieht einen Kreis um A . Es entsteht ein Schnittpunkt S auf AB . Dieser teilt die Strecke AB im goldenen Schnitt. siehe Refereat 4, Knotenseil.

Addieren wir zu der größeren der beiden Teilstrecken nochmals die gesamte Strecke AB , erhält man $a\Phi = a + \frac{a}{\Phi}$.



Wir zeigen nun, dass sich zwei Diagonalen im regulären Fünfeck im goldenen Schnitt teilen und das Verhältnis der Länge einer Diagonale zur Länge einer Seite Φ ist.

Regulär heißt, dass alle Seiten gleich lang und die Innenwinkel gleich groß sind. Sei $F = P_1P_2P_3P_4P_5$ ein reguläres Fünfeck. Dann hat F folgende Eigenschaften:

1. Die Größe jedes Innenwinkels ist 108° . Dies wird über die Winkelsumme bewiesen: $(n - 2) \cdot 180^\circ = (5 - 2) \cdot 180^\circ = 540^\circ$, woraus der Wert $540^\circ / 5 = 108^\circ$ folgt.
2. Alle Diagonalen haben dieselbe Länge. Dies folgt aus einer Symmetriebetrachtung.
3. Jede Seite ist parallel zu der ihr gegenüberliegenden Diagonalen: Das Lot h auf der Strecke P_1P_2 durch P_4 ist Symmetrieachse von F und ist daher senkrecht auf P_3P_5 und P_1P_2 , also folgt $P_3P_5 \parallel P_1P_2$.

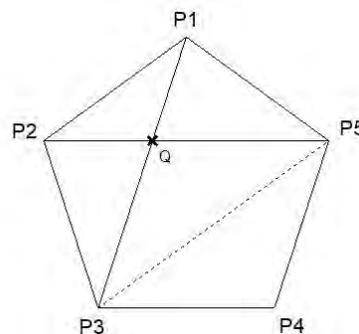
Nun kann man die obige Behauptung aus den Eigenschaften 1, 2 und 3 folgern.

Satz: Sei $F = P_1P_2P_3P_4P_5$ ein reguläres Fünfeck. Dann gilt: **Je zwei Diagonalen, die sich nicht in einer Ecke von F schneiden, teilen einander im goldenen Schnitt.**

Aus der Eigenschaft 3 oben wissen wir, dass $P_3P_5 \parallel P_1P_2$ und können somit den Strahlensatz anwenden. Daraus ergibt sich: $|QP_3|/|QP_1| = |P_3P_5|/|P_1P_2|$. Ebenfalls wissen wir: $|P_1P_2| = |P_3P_4|$ und $|P_3P_5| = |P_1P_3|$. Setzen wir dies in die Verhältnisformel ein, so ergibt sich $|QP_3|/|QP_1| = |P_1P_3|/|P_4P_5|$. Jetzt ist noch zu zeigen, dass $|P_4P_5| = |QP_3|$. Aus Eigenschaft 3 folgt $QP_3 \parallel P_4P_5$ und $QP_5 \parallel P_3P_4$. Somit bilden die Punkte $QP_3P_4P_5$ ein Parallelogramm. Da im Parallelogramm gegenüberliegende Seiten gleich lang sind, folgt $|QP_3| = |P_4P_5|$. Wir fassen zusammen:

$|QP_3|/|QP_1| = |P_1P_3|/|P_4P_5| = |P_1P_3|/|QP_3|$. Damit teilt Q die Strecke P_1P_3 im goldenen Schnitt.

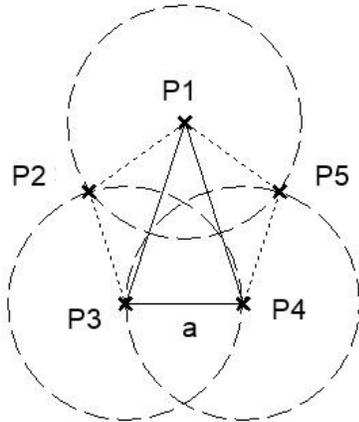
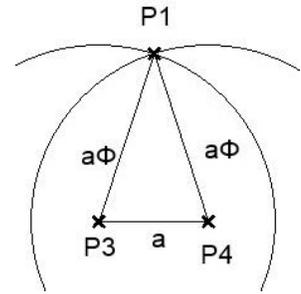
Eine Folgerung ist: Im Fünfeck ist das Verhältnis der Länge einer Diagonalen zur Länge einer Seite Φ , denn wir haben gezeigt $|P_1P_3|/|P_4P_5| = \Phi$.



Wie konstruiert man ein regelmäßiges Fünfeck?

Definition: Ein Dreieck nennt man golden, wenn es gleichschenkelig ist und mit der Basis a die Schenkel die Länge $a\Phi$ haben.

Eine Möglichkeit, ein regelmäßiges Fünfeck mit der Seitenlänge a zu konstruieren, benutzt das goldene Dreieck mit der Basis a . Um dieses zu konstruieren, benutzt man die Konstruktion von $a\Phi$, die weiter vorne durchgeführt wurde.

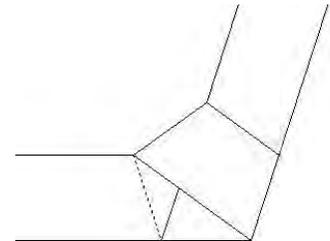


Nun kann man auf die Basis P_3P_4 der Länge a die beiden Schenkel der Länge $a\Phi$ mithilfe des Zirkels konstruieren. Durch das Ziehen von zwei Kreisen um die Eckpunkte P_3 und P_4 entsteht der Schnittpunkt P_1 , der die Spitze des goldenen Dreiecks bildet. Nun wird die Spitze mit den Fußpunkten P_3 und P_4 verbunden, wodurch das goldene Dreieck entsteht.

Schlägt man um P_1 und P_4 einen Kreisbogen der Länge a , so erhält man den äußeren Schnittpunkt P_2 . Entsprechend erhält man den Punkt P_5 durch den Schnittpunkt der beiden Kreisbögen um P_4 und P_1 mit Radius a . Somit entsteht durch die Punkte $P_1P_2P_3P_4P_5$ ein regelmäßiges Fünfeck.

Konstruktion durch Papierfalten

Mithilfe eines Papierstreifens kann man ganz einfach ein Pentagon falten: Man nimmt einen langen Papierstreifen und macht einen Knoten in den Papierstreifen und drückt diesen platt, wodurch ein Pentagon entsteht und eine Diagonale sichtbar wird, die von einer anderen im goldenen Schnitt geteilt wird. Dies haben wir mathematisch analysiert und begründet.

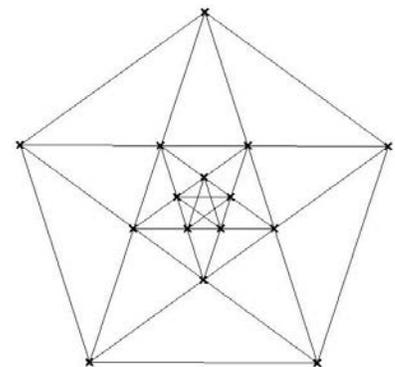


Inkommensurabilität – „Der Schock der Pythagoreer“

Die Pythagoreer (vor ca. 2500 Jahren) waren der Meinung, dass gleichartige Größen immer ein gemeinsames Maß haben und sich folglich als Vielfache dieses gemeinsamen Maßes messen und durch das Verhältnis dieser beiden Zahlen miteinander vergleichen lassen:

„Alles ist (natürliche) Zahl.“

Doch sie erlebten einen Schock: Die Diagonale und die Seite eines regelmäßigen Fünfecks können kein gemeinsames Maß haben, was man *inkommensurabel* nennt. Die Beweisidee beruht auf folgender Überlegung: Sei $m \in \mathbb{R}$ ein solches Maß. Dann zeigt man, dass dieses auch das gemeinsame Maß von Diagonale und Seite in allen kleineren Pentagonen, die sich im Inneren bilden (siehe Figur), sein müsste. Diese werden aber beliebig klein, so dass die Diagonalen und Seitenlängen insbesondere irgendwann kleiner als m würden, was ein Widerspruch dazu ist, dass m ein gemeinsames Maß ist.



Quellen

- A. Beutelspacher, B. Petri: *Der Goldene Schnitt*, 2. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin/Oxford, 1996

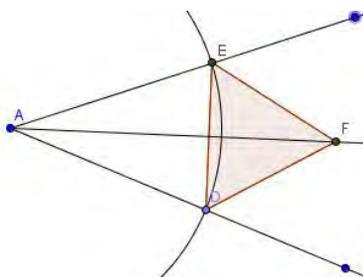
- H.-D. Rinkens: *Inkommensurabilität und Irrationalität – „Der Schock der Pythagoreer“*, Vorlesungsskript, Paderborn, 2010
- M. Cantor: *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik. Bd. 1, Von den ältesten Zeiten bis zum Jahre 1200 n. Chr.*, 2. Auflage, Teubner Verlag, Leipzig/Berlin, 1894

3.2 Konstruktionen mit Zirkel und Lineal

Freya Moßig

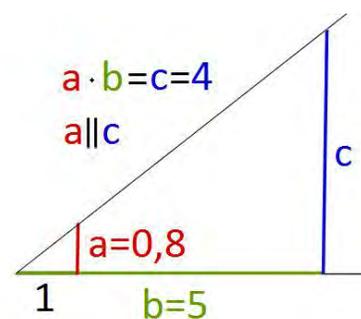
Betreuerin: Theresa Kumpitsch

In meinem Referat ging es um die Frage, welche Strecken ausgehend von einer Strecke der Länge 1 mit Zirkel und Lineal konstruierbar sind. Bereits in der griechischen Antike hatten Zirkel und Lineal einen hohen Stellenwert. Man beschränkte sich zum einen ausschließlich auf diese Hilfsmittel, da sie präzise sind. Zum anderen wurden die lineare und die Kreisbewegung als besonders schön angesehen und Naturphänomene wie der freie Fall oder die Bewegung der Himmelskörper wurden mit ihnen assoziiert.



Euklid war der erste Mathematiker, der ausgehend von Objekten wie Punkten, Strecken, Geraden, Kreisen etc. geometrische Sätze streng deduktiv und axiomatisch bewies. Es sollen zunächst einige seiner Grundkonstruktionen vorgestellt werden. So hat Euklid beispielsweise bereits Konstruktionen für regelmäßige Drei-, Vier-, Fünf-, Sechs- und Fünfeck, sowie für Winkelhalbierende und Mittelsenkrechte angegeben. Links zu sehen ist die Konstruktion der Winkelhalbierenden nach Euklid mithilfe eines gleichseitigen Dreiecks, das sich leicht durch Abtragen der Grundseite konstruieren lässt.

Es soll nun nachvollzogen werden, welche Strecken sich konstruieren lassen. Wir starten also mit einer Strecke und überlegen, welche grundlegenden Rechenoperationen sich realisieren lassen. Durch das Hintereinanderreihen beziehungsweise das Voneinanderabziehen von Strecken ist das Addieren beziehungsweise Subtrahieren leicht möglich. Mithilfe des Strahlensatzes sind auch die Division und die Multiplikation möglich, wie rechts zu sehen ist. Seien zunächst a und b gegeben. Nach dem Strahlensatz gilt: $\frac{c}{a} = \frac{b}{1} = b$ also $c = ab$. So hat man ganz leicht ein Produkt vorgegebener Strecken konstruiert.



Mithilfe des Höhensatzes ist des Weiteren das Ziehen von Quadratwurzeln möglich. Man beginnt mit einer Strecke der Länge p zwischen A und B . Dann verlängert man diese Strecke um eine Einheit. Danach bestimmt man den Mittelpunkt der neuen Strecke und zieht einen Thaleskreis und trägt am Punkt B die Höhe ab, die die Hypotenuse in zwei Abschnitte p und q teilt, wobei die Strecke q die Länge 1 hat. Es gilt nach dem Höhensatz $h^2 = pq = p \Leftrightarrow h = \sqrt{p}$. Somit wurde ausgehend von einer Strecke p eine Strecke der Länge \sqrt{p} konstruiert.

Strecken sind also dann konstruierbar, wenn sie durch nacheinander ausgeführtes Quadratwurzelnziehen und arithmetische Operationen aus Brüchen entstanden sind. Damit sind sie entweder Brüche oder

„verschachtelte Wurzeln“ wie $\sqrt{3 + \sqrt{\frac{6}{13} + \sqrt{\frac{7853}{3}}}}$. Dass umgekehrt nur genau solche Strecken konstruierbar sind, kann im Kurs nicht bewiesen werden. Man kann es sich insofern plausibel machen, als die mit Zirkel und Lineal konstruierbaren Strecken Schnittpunkte von Kreisgleichungen und linearen Gleichungen sind.

Die antike Mathematik stellt folgende drei klassische Konstruktionsprobleme auf: die Quadratur des Kreises (zu einem Kreis ein flächengleiches Quadrat konstruieren), die Würfelverdoppelung (einen Würfel mit dem doppelten Volumen eines gegebenen Würfels zu konstruieren) und die Winkeldrittelung (ein Verfahren angeben, das einen beliebigen Winkel drittelt). All diese lassen sich auf die Konstruktion bestimmter Längen zurückführen.

Zu jedem beliebigen Rechteck lässt sich ein Quadrat gleichen Flächeninhalts finden. Geht das auch für den Kreis? Geht man von einem Einheitskreis mit dem Flächeninhalt π aus, so ist für die Quadratur des Kreises die Seitenlänge $\sqrt{\pi}$ zu konstruieren. Es ist aber unmöglich, eine solche Strecke zu konstruieren, denn π ist eine transzendente Zahl, also eine, die nicht als Nullstelle irgendeines rationalen Polynoms auftreten kann und damit insbesondere keine verschachtelte Wurzel ist.

Die Quadratverdopplung ist mithilfe der Hypotenuse leicht möglich. Bei der Würfelverdopplung möchte man die neue Kante konstruieren. Wenn das Volumen des alten Würfels 1 ist, so ist das Volumen des neuen Würfels 2 und die Kantenlänge somit $\sqrt[3]{2}$. Aber auch $\sqrt[3]{2}$ lässt sich nicht als verschachtelte Quadratwurzel darstellen.

Die Winkeldreiteilung ist die Frage nach der Konstruktion einer ganz bestimmten Länge, und zwar $\cos \frac{\alpha}{3}$. Ob sich diese als verschachtelte Wurzel darstellen lässt, hängt vom Cosinus-Wert des Winkels ab. Bei 90° und 180° ist die Winkeldrittelung beispielsweise möglich. Im Allgemeinen ist die Winkeldreiteilung eines beliebigen Winkels jedoch ebenso unmöglich wie die Lösung der anderen beiden genannten Probleme.

Die Winkeldreiteilung läuft auf die Konstruierbarkeit eines bestimmten Winkels hinaus. Dies führt letztlich zur verwandten Frage, welche regelmäßigen n -Ecke sich konstruieren lassen, was wiederum nichts anderes als die Frage nach der Konstruierbarkeit der Strecke $\cos \frac{2\pi}{n}$ bedeutet. Mithilfe der Winkelhalbierenden lassen sich aus dem regelmäßigen Dreieck, Viereck, Fünfeck und Sechseck weitere regelmäßige n -Ecke konstruieren. Ein Fünfzehneck lässt sich so zum Beispiel durch die Differenzwinkel des regelmäßigen Drei- und Fünfecks konstruieren. Um nun zu wissen, welche n -Ecke genau konstruierbar sind, muss man zunächst den Begriff der Fermat-Primzahlen einführen. Dies sind Primzahlen p der Form $1 + 2^{2^m}$, wobei $m \in \mathbb{N}$. Die ersten fünf Fermat-Primzahlen sind 3, 5, 17, 257 und 65537. Nach Gauß ist ein regelmäßiges n -Eck genau dann konstruierbar, wenn n ein Produkt aus paarweise verschiedenen Fermat-Primzahlen und 2^k ist, wobei $k \in \mathbb{N}$ gilt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich zwar wirklich viel konstruieren lässt, aber einiges eben auch nicht. Dort werden die Grenzen der Konstruierbarkeit mit Zirkel und Lineal sichtbar.

Quellen

- A. Džambić, A. Werner: *Von der Mathematik des Schönen oder Kann denn Mathe schön sein?*, Mathematik-AG für Schülerinnen und Schüler, Vorlesungsskript, Frankfurt, 2010
- K. Volkert: *Geschichte der geometrischen Konstruktionsprobleme*, Vorlesungsskript, Köln, 2006/2007
- <http://www.mathematische-basteleien.de/vieleck.htm> (20.08.2014)

3.3 Die Fibonacci-Zahlen und der Goldene Schnitt

Paula Kilp

Betreuerin: Theresa Kumpitsch

Fibonacci selbst führte die nach ihm benannte Fibonacci-Folge über die Betrachtung eines Modells zur Nachkommenschaft eines Kaninchenpaares ein. Es werden folgende Modellannahmen getroffen:

Wir nehmen an, die Kaninchen sind unsterblich, werden nach zwei Monaten gebärfähig und bringen dann monatlich genau ein weiteres Kaninchenpaar zur Welt. Wie entwickelt sich unter diesen Annahmen die Population?

Zum Startzeitpunkt betrachten wir genau ein Kaninchenpaar, welches nach einem Monat, also zum Zeitpunkt $t = 1$, noch nicht geschlechtsreif ist. Im nächsten Monat ($t = 2$) ist es dann gebärfähig und bringt ein weiteres Paar zur Welt. Somit erhält man zum Zeitpunkt $t = 3$ genau zwei Kaninchenpaare, wobei eines der Paare gebärfähig ist und das andere nicht. Zum Zeitpunkt $t = 4$ ist dieses Paar ebenfalls gebärfähig geworden, das andere Paar hat ein weiteres gezeugt, welches entsprechend noch nicht gebärfähig ist. Es gibt an diesem Punkt also drei Kaninchenpaare, davon zwei gebärfähig und eines nicht. Kann man hier eine Regelmäßigkeit erkennen? Wir überlegen uns, wie viele Kaninchenpaare in einem folgenden Monat vorhanden sein werden. Aufgrund der Prämisse, dass es sich hier um unsterbliche Kaninchen handelt, bleiben uns zunächst alle Kaninchen erhalten. Zu diesen kommen die neugeborenen Paare. Da Kaninchenpaare nach zwei Monaten geschlechtsreif sind und dann ein neues Paar auf die Welt bringen, muss man also die Anzahl der Kaninchenpaare addieren, die schon zwei Monate zuvor vorhanden waren.

Dieses Modell führt uns zu dieser Zahlenfolge:

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13...

Bei dieser Betrachtung lässt sich feststellen, dass jedes Folgenglied die Summe seiner zwei Vorgänger ist und dass die beiden ersten Folgenglieder beide den Wert 1 haben. Diese Folge heißt **Fibonacci-Folge**.

Wir wollen diese Zahlenfolge ein wenig näher betrachten und ihre Entstehung wie die Mechanik eines Uhrwerks Stück für Stück zerlegen. Ihre rekursive Folgenrechnung wird beschrieben durch:

- (1) $F_0 = 0; F_1 = 1$
- (2) $F_{n+1} = F_n + F_{n-1}$

Für kleine Indizes sind die Folgenglieder noch recht einfach mit dieser Definition zu berechnen. Bei Zahlen wie F_{30} wird der Prozess jedoch bereits aufwändig. Wir suchen daher eine Möglichkeit, die Fibonacci-Zahlen auch explizit anzugeben. Die sogenannte *Formel von Binet* ermöglicht dies. Sie lautet für alle natürlichen Zahlen folgendermaßen:

$$F_n = \frac{1}{\sqrt{5}} \left(\frac{1 + \sqrt{5}}{2} \right)^n - \frac{1}{\sqrt{5}} \left(\frac{1 - \sqrt{5}}{2} \right)^n$$

Diese Formel lässt sich durch das grundlegende Beweisprinzip der *vollständigen Induktion* beweisen. Zunächst zeigt man, dass sie für kleine Indizes gilt. Wir sehen, dass die Gleichung für $n = 1$ erfüllt ist, denn

$$F_1 = \frac{1}{\sqrt{5}} \left(\frac{1 + \sqrt{5}}{2} \right)^1 - \frac{1}{\sqrt{5}} \left(\frac{1 - \sqrt{5}}{2} \right)^1 = 1$$

Ebenso leicht kann man nachrechnen, dass die Formel auch für $n = 2$ gilt. Ausgehend davon wird jetzt angenommen, dass die Formel für Indizes $\leq n$ mit $n \geq 2$ gilt. Um die Formel für alle natürlichen Zahlen zu beweisen, muss man zeigen, dass aus dieser Annahme folgt, dass die Formel auch für F_{n+1} gilt.

Dieser Schritt, den man auch Induktionsschluss nennt, soll an dieser Stelle nicht ausgeführt werden, kommt aber mit elementaren Umformungen und der rekursiven Definition der Fibonacci-Zahlen aus.

Die Formel von Binet ist aber nicht nur deswegen spannend, weil sie es uns möglich macht, schnell Fibonacci-Zahlen auszurechnen. Auch hier begegnet uns $\Phi = \frac{1+\sqrt{5}}{2}$, die Zahl des Goldenen Schnittes. Betrachten wir nun die Verhältnisse aufeinander folgender Fibonacci-Zahlen:

$$\frac{F_2}{F_1} = 1; \frac{F_3}{F_2} = 2; \frac{F_4}{F_3} = 1,5; \frac{F_5}{F_4} \approx 1,67; \frac{F_6}{F_5} = 1,6; \dots$$

Dies kommt der goldenen Zahl $\Phi = 1,16180398874\dots$ schon für kleine Werte sehr nahe. Dieser Zusammenhang soll näher geklärt werden.

Die Fibonacci-Quotienten $\frac{F_{n+1}}{F_n}$ bilden selbst eine Folge, die untersucht werden soll. Unsere Vermutung ist dabei, dass diese gegen den goldenen Schnitt Φ konvergiert. Allgemein sagt man, dass eine Folge $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$ gegen den Wert a konvergiert, wenn zu jeder vorgegebenen Umgebung von a ab einem Index n_0 alle Folgenglieder in dieser Umgebung liegen. Den Wert a bezeichnet man dann als Grenzwert einer Folge. In der Tat ist Φ der Grenzwert der Folge $(a_n)_{n \in \mathbb{N}} = \left(\frac{F_{n+1}}{F_n}\right)_{n \in \mathbb{N}}$, wie folgende Rechnung zeigt:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{F_{n+1}}{F_n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\frac{1}{\sqrt{5}} \left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^{n+1} - \frac{1}{\sqrt{5}} \left(\frac{1-\sqrt{5}}{2}\right)^{n+1}}{\frac{1}{\sqrt{5}} \left(\frac{1+\sqrt{5}}{2}\right)^n - \frac{1}{\sqrt{5}} \left(\frac{1-\sqrt{5}}{2}\right)^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\Phi^{n+1} - (1-\Phi)^{n+1}}{\Phi^n - (1-\Phi)^n} = \Phi$$

Quellen

- A. Beutelspacher, B. Petri: *Der Goldene Schnitt*, 2. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin/Oxford, 1996
- J. Dessington, S. Schmidt: *Fibonacci Zahlen*, Vorlesungsskript, Bonn, 2012/2012
- A. Džambić, A. Werner: *Von der Mathematik des Schönen oder Kann denn Mathe schön sein?*, Mathematik-AG für Schülerinnen und Schüler, Vorlesungsskript, Frankfurt, 2010

3.4 Konstruktion und Anwendung des goldenen Schnitts

Viet Ha Dang Thi
Betreuer: Thomas Meisterknecht

Vorkommen in Architektur und Kunst

Der goldene Schnitt kommt z. B. im „Alten Rathaus“ in Leipzig vor. Der Torbogen teilt die Fassade des gesamten Gebäudes im Verhältnis des goldenen Schnitts. In der Kunst taucht dieses Teilungsverhältnis einer Strecke z. B. in Raffaels Kunstwerk „Sixtinische Madonna“ auf. Eine waagerechte Linie teilt den Ober- und Unterkörper im goldenen Schnitt. Gleichzeitig verbindet diese Linie die Gesichter der nebenstehenden Figuren Sixtus und Barbara. Der bekannte Humanist Leonardo da Vinci hob in seiner Proportionszeichnung des „Vitruvianischen Mannes“ hervor, dass der Bauchnabel den menschlichen Körper im Verhältnis des goldenen Schnitts teilt.

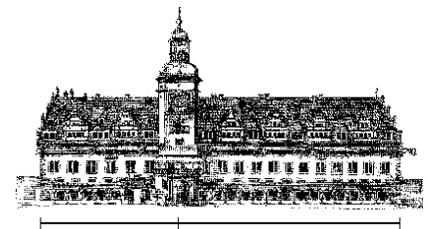


Abbildung 1: Das Alte Rathaus in Leipzig

Anwendung des goldenen Schnitts in Architektur und Kunst

Warum Künstler und Architekten in ihren Werken so gerne den goldenen Schnitt verwenden, ist nicht eindeutig erklärbar. Jedoch sagt man, dass das interessante Teilungsverhältnis zwischen Major und Minor eine Balance zwischen Gegensätzen, wie Einfachheit und Komplexität, Spannung und Entspannung, Einsicht und Rätsel, erzeuge. Diese Asymmetrie strahle Harmonie aus.

Der Goldene Zirkel

Ein mechanisches Instrument zur Bestimmung und Konstruktion des goldenen Schnitts ist der goldene Zirkel. Er wird folgendermaßen konstruiert:

1. Die Streckenlänge sei $a := |AM| = |BM|$.
2. Punkt P teile die Strecke MA im goldenen Schnitt.
Punkt Q teile die Strecke BM im goldenen Schnitt.
3. Strecken $|PS| = |PA|$ und $|QB| = |QS|$

Da $|MQ| = |PS|$ und $|MP| = |QS|$, folgt: $MPSQ$ ist ein Parallelogramm. Daraus folgt: Ist α die Größe des Winkels in M , dann hat auch der Winkel bei S die Größe α . Somit ergibt sich die Größe des Winkels β bei P und Q als $\beta = \frac{360^\circ - 2\alpha}{2} = 180^\circ - \alpha$. Der Winkel bei APS beträgt ebenfalls $\alpha = 180^\circ - \beta$, weil er der Nebenwinkel von SPM ist. Das gilt auch für den Winkel $SQB = \alpha$. Weil die Länge der Strecke PS gleich der der Strecke AP ist, genauso $|SQ| = |QB|$, sind die gleichschenkligen Dreiecke APS und SQB ähnlich. Wenn γ die Größe des Basiswinkels dieser zwei Dreiecke ist, folgt $2\gamma + \alpha = 180^\circ$. Weiter folgt: Die Winkel ASP , PSQ und QSB ergänzen sich zu 180° und somit liegen die Punkte A , S und B auf einer Geraden.

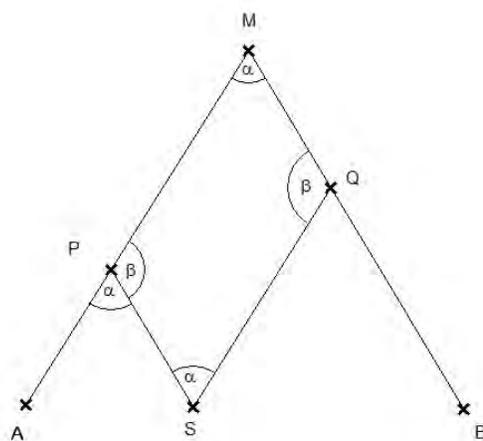


Abbildung 2: Der goldene Zirkel

Nun bleibt zu zeigen, dass S die Strecke AB im goldenen Schnitt teilt:

Die Strecke PM erfüllt nach Definition $|PM| = |AP| \cdot \Phi$. Es gilt somit $|AM| = |AP| + |PM| = |AP| + |AP| \cdot \Phi$. Durch Ausklammern entsteht $|AM| = |AP| \cdot (\Phi + 1)$, und nach dem Umstellen nach $|AP|$ und den Eigenschaften von Φ folgt $|AP| = \frac{|AM|}{\Phi + 1} = \frac{a}{\Phi + 1} = \frac{a}{\Phi^2}$ sowie $|QB| = \frac{|BM|}{\Phi} = \frac{a}{\Phi}$. Damit und mit der Ähnlichkeit der gleichschenkligen Dreiecke APS und SQB ergibt sich die Behauptung:

$$\frac{|SB|}{|AS|} = \frac{|QB|}{|PS|} = \frac{|QB|}{|AP|} = \frac{\frac{a}{\Phi}}{\frac{a}{\Phi^2}} = \frac{1}{\Phi} \cdot \frac{\Phi^2}{1} = \Phi$$

Das Knotenseil und der Goldene Schnitt

Das Knotenseil wurde im Mittelalter benutzt. Es ist ein Stück Schnur, das durch 13 Knoten in gleichmäßige Abstände unterteilt ist. Mit dem Knotenseil hat man die Möglichkeiten zu rechnen, Längenverhältnisse anschaulich zu machen, rechte Winkel und geometrische Figuren (z. B. Kreise) zu konstruieren, aber auch einen goldenen Schnitt zu bestimmen, was ich jetzt zeige:

Aus dem Knotenseil wird ein rechtwinkliges Dreieck ABC mit Kanten der Länge 3, 4 und 5 gelegt. Die Hypotenuse wird nun so verlegt, dass sie auf der Strecke BC die Länge 2 Einheiten abteilt. Die Strecke AB bleibt 4 Einheiten lang. Zieht man jetzt 2 Einheiten von der neuen Hypotenuse ab

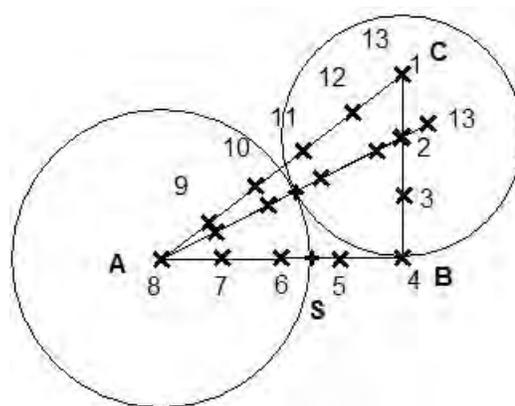


Abbildung 3: Geometrische Knotenseil-Konstruktion

und schlägt diese neue Strecke von A aus auf die Strecke AB , so teilt der entstandene Schnittpunkt S die Strecke AB im goldenen Schnitt, es gilt also $\frac{|AS|}{|BS|} = \Phi$.

Da nach Pythagoras $|AC'| = \sqrt{20} = 2\sqrt{5}$, hat der AS Länge $2\sqrt{5} - 2$ und der BS somit $4 - (2\sqrt{5} - 2)$. Es ergibt sich:

$$\frac{|AB|}{|AS|} = \frac{2}{\sqrt{5} - 1} = \frac{2(\sqrt{5} + 1)}{(\sqrt{5} - 1)(\sqrt{5} + 1)} = \frac{2(\sqrt{5} + 1)}{5 - 1} = \frac{\sqrt{5} + 1}{2} = \Phi$$

Konstruktion nach George Odom

Diese Konstruktion entstand 1982 und ist somit erst 32 Jahre alt. Die Punkte XYZ bilden ein gleichseitiges Dreieck in einem Kreis. Punkt A und Punkt S seien die Mittelpunkte der Strecken XZ und YZ . Die Mittelparallele schneide den Kreis in den Punkten C und B . Behauptung: Der Punkt S teilt die Strecke AB im goldenen Schnitt.

Sei die Seitenlänge des Dreiecks $2a$. Somit haben die Strecken ZS und SY die Länge a . Der 2. Strahlensatz liefert, dass die Strecke AS ebenfalls die Länge a hat. Die Strecken CB und ZY sind Sehnen des Kreises.

Wir benutzen den *Sehnensatz*: Für zwei sich schneidende Sehnen im Kreis gilt: Das Produkt der jeweiligen Längen der Teilstrecken ist gleich, also $|SY| \cdot |SZ| = |SB| \cdot |SC|$. Daher gilt mit $b := |SB|$: $a \cdot a = b(a + b)$, somit $\frac{a+b}{a} = \frac{a}{b}$.

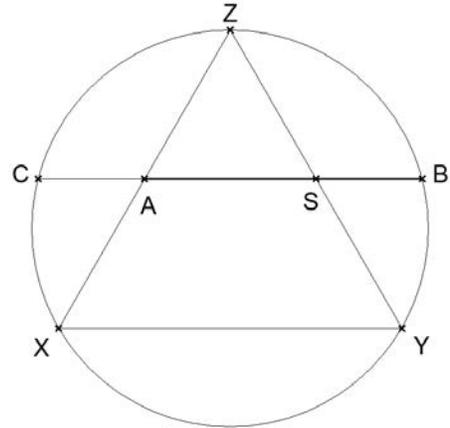


Abbildung 4: Konstruktion nach Odom

Quellen

- A. Beutelspacher, B. Petri: *Der Goldene Schnitt*, 2. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin/Oxford, 1996
- C. Beckers-Dohlen (Hrsg): *ABC des Selbermachens*, 1. Auflage, Karfunkel Verlag, 2013
- www.hirnwindungen.de/wunderland/cinderella/goldenschnitt_kunst.html (Abb. 1, 20.08.2014)

3.5 Die Goldene Spirale

Lara Mayer
Betreuerin: Saskia Groh

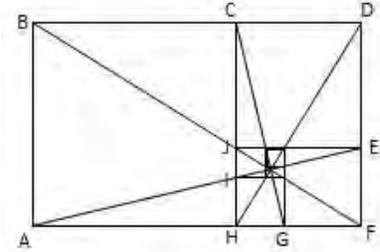
Logarithmische Spiralen sind durch die Eigenschaft definiert, dass sie durch eine geeignete Drehstreckung in sich selbst übergeführt werden. Die Goldene Spirale und die Spira Mirabilis sind logarithmische Spiralen mit Streckfaktor $\frac{1}{\Phi}$ und Drehwinkel 90° bzw. 108° .

Die Goldene Spirale

Das goldene Rechteck hat das Seitenverhältnis des goldenen Schnittes. Nach Abschneiden des größtmöglichen Quadrats vom Rechteck bleibt ein Restrechteck übrig, das ähnlich zum Ausgangsrechteck ist, also ebenfalls golden. Dies können wir beweisen, indem wir erst einmal die längere Seite auf 1 normieren und die kürzere, also die Quadratseitenlänge, x nennen. Damit ist die kurze Seite des neuen Rechtecks $1 - x$. Da die Rechtecke ähnlich sind, können wir die Gleichung $\frac{1}{x} = \frac{x}{1-x}$ aufstellen. Daraus folgt $1 - x = x^2$. Die Lösung dieser Gleichung ist $\varphi := \frac{1}{\Phi} < 1$.

Da das kleinere Restrechteck also immer golden ist, ist dieses Aufteilen unendlich oft möglich. Die entstehende Folge von Quadraten schöpft das Ausgangsrechteck aus und die Quadratseiten haben die Längen $\varphi, \varphi^2, \varphi^3, \dots$ mit $\varphi^2 = 1 - \varphi$. Da die Rechteckfläche A gerade $A = 1 \cdot \varphi = \varphi$ beträgt, erhalten wir also folgende Gleichung:

$$\varphi = (\varphi)^2 + (\varphi^2)^2 + (\varphi^3)^2 + \dots = \varphi^2 + \varphi^4 + \varphi^6 + \dots$$



Man kann die Folge der goldenen Rechtecke und der größten Quadrate auch über vier Geraden innerhalb des Ausgangsrechtecks konstruieren. Wenn man dieses immer weiter unterteilt, liegen die „Eckpunkte“, die im Laufe dieses Prozesses konstruiert werden, an bestimmten Stellen. Es interessiert uns der Zusammenhang von allen entstanden Punkten mit dem Ursprungsrechteck.

1. J liegt auf BF , denn E liegt auf DF und $ABDF$ und $EFHJ$ sind ähnlich. Also sind auch die rechtwinkligen Dreiecke BDF und JEF ähnlich. Deshalb ist der Winkel BFD gleich dem Winkel JFE . Wenn also der Winkel von FD zu FJ der gleiche ist wie der von FD zu FB , dann liegen F, B und J auf einer Geraden.
2. I liegt auf AE , denn die Dreiecke AIH und AEF sind ähnlich, weil $\frac{|AH|}{|HI|} = \frac{|AF|}{|FE|} = \varphi^3$. Es gilt nämlich: $\frac{|AH|}{|HI|} = \frac{|AH|}{|CD|} \cdot \frac{|CD|}{|EF|} \cdot \frac{|EF|}{|HI|} = \frac{|CH|}{|CD|} \cdot \frac{|FH|}{|EF|} \cdot \frac{|HJ|}{|HG|} = \varphi \cdot \varphi \cdot \varphi = \varphi^3$ und $\frac{|AF|}{|FE|} = \frac{|AF|}{|FD|} \cdot \frac{|FD|}{|FH|} \cdot \frac{|FH|}{|EF|} = \varphi^3$. Also liegen A, I und E auf einer gemeinsamen Geraden. Eine entsprechende Aussage kann man auch für die Geraden DH und CG beweisen, die die ähnlichen Geraden im nächstkleineren goldenen Rechteck sind. Da die folgenden Rechtecke alle ähnlich zu den beiden ersten sind und immer exakt dieselbe Ausrichtung wie entweder $ABDF$ oder $CDFH$ haben, also ihre Diagonalen teilen, müssen auch ihre weiteren Eckpunkte, also alle neu konstruierten Punkte, auf einer der vier Geraden AF, AE, DH und CG liegen.
3. Sei O der Schnittpunkt der Geraden AE und BF . Die Geraden DH und CG verlaufen auch durch O . *Beweis:* Sei O' der Schnittpunkt von DH und CG . Die Rechtecke liegen immer parallel oder senkrecht zum Ausgangsrechteck. Dessen Diagonale ist die aller parallelen Rechtecke, sie geht also durch alle diese. Man schneidet aber immer rechts-obenhalb davon das größtmögliche Quadrat ab. Damit läuft sie nicht durch die Quadrate, aber trotzdem durch die in den parallelen Rechtecken liegenden senkrechten Rechtecke. Andersherum funktioniert dies analog. Damit läuft durch die Quadrate also entweder die eine Diagonale (AE) oder die andere (DH). Nach Abschneiden der Quadrate bleibt aber immer ein Rechteck übrig, das also Teil des vorigen ist und durch das beide Diagonalen laufen. Damit liegen O und O' in jedem der konstruierten goldenen Rechtecke. Außerdem haben alle konstruierten Rechtecke drei der Geraden als Eckpunkte, weil sie nach dieser Vorschrift konstruiert wurden. Damit müssen O und O' in jedem der Rechtecke liegen. Diese werden aber unendlich klein, ihre Seitenlängen nähern sich der Zahl 0 (Nullfolge). Wäre $O \neq O'$, also ihre Differenz größer als 0, dann gäbe es ein Rechteck, nämlich das mit der Seitenlänge, die im Grenzwert 0 ist, dessen Seitenlängen kleiner als dieser Abstand sind. Das wiederum schließt aber die eben bewiesene Tatsache aus, dass O und O' beide in jedem Rechteck liegen. Also muss ihr Abstand 0 sein und damit $O = O'$. Alle vier Geraden schneiden sich also in O .
4. Die Geraden AO und CO bzw. BO und DO stehen senkrecht aufeinander, denn die Rechtecke $ABDF$ und $CDFH$ sind ähnlich und genau um 90° gegeneinander verdreht. Also ist $AE \perp CG$, und damit $AO \perp CO$. Genauso folgt die zweite Aussage.
5. Die Längen von AO, BO, CO und DO stehen im Verhältnis $|CO| = \varphi \cdot |AO|$ und $|DO| = \varphi \cdot |BO|$, denn die Dreiecke AOG und COI sind ähnlich. Nun ist $\frac{|CD|}{|CH|} = \frac{|CJ|}{|AH|} = \frac{|JI|}{|HG|} = \varphi$ und damit $\frac{|CJ|+|JI|}{|AH|+|HG|} = \frac{|CI|}{|AG|} = \varphi$. Da die Dreiecke ähnlich sind, sind *alle* Seiten mit dem Faktor φ gestaucht. Also ist auch das Verhältnis der Seitenlängen CO und AO gleich φ und somit $|CO| = \varphi \cdot |AO|$.

Entsprechend ist die zweite Behauptung durch Betrachtung der Dreiecke BOD und DOF zu beweisen.

Hilfssatz: Die Drehstauchung σ , die aus einer Vierteldrehung um O nach rechts gefolgt von einer Stauchung um den Faktor φ besteht, bildet jeden der Punkte A, C, E, G, I, \dots und jeden der Punkte B, D, F, H, J, \dots auf den jeweils nachfolgenden ab.

Beweis: Wir haben $\sigma(A) = C$ und $\sigma(B) = D$ bereits gezeigt. Dies genügt, da sich bewiesenermaßen nun alles in immer kleinerem Maßstab wiederholt.

- Die Wirkung der Drehstreckung $\rho = \sigma^{-1}$ kann durch Polarkoordinaten und den Pol O beschrieben werden. Jeder Punkt P der Ebene ist definiert durch den Abstand r von P zum Ursprung O und den Winkel θ , den OP mit der x -Achse bildet. Offenbar bildet ρ jeden Punkt P mit $P = (r, \theta)$ auf den Punkt $\rho(P) = (r\Phi, \theta + \frac{\pi}{2})$ ab, denn ρ besteht aus einer Drehung um $\frac{\pi}{2}$, gefolgt von einer Streckung um den Faktor Φ . Setzt man $E := (1, 0)$, so ergibt sich der Reihe nach: $C = (\Phi, \frac{\pi}{2})$, $A = (\Phi^2, \pi)$ und $G = (\varphi, -\frac{\pi}{2})$, $I := (\varphi^2, -\pi)$, Daraus erhalten wir eine unendliche Folge $\dots, I, G, E, C, A, \dots$ von Punkten, für deren Polarkoordinaten (r, θ) gilt: $r = \Phi^m$ und $\theta = m \cdot \frac{\pi}{2}$, mit $m \in \mathbb{Z}$. Stellt man nach m um und setzt gleich, sieht man, dass die Punkte bzw. ihre Koordinaten die Gleichung $r = \Phi^{2\theta/\pi}$ erfüllen.

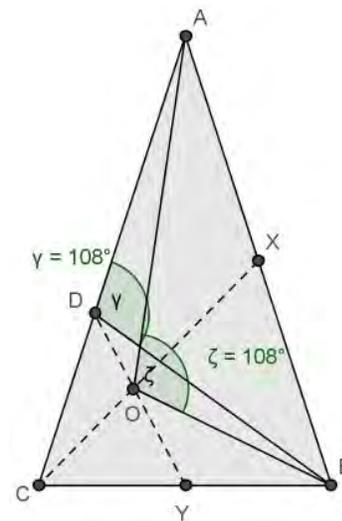
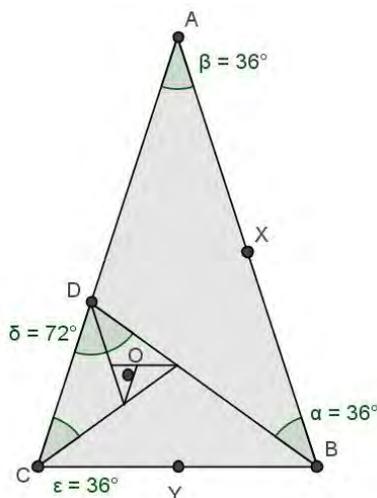
Die dadurch beschriebene Spirale ist die goldene Spirale. Fügt man in jedes Quadrat einen Viertelkreis mit dessen Seitenlänge als Radius ein, erhält man eine sehr gute Näherung an die goldene Spirale.

Spira Mirabilis

Das goldene Dreieck ist gleichschenkelig. Die Länge eines Schenkels verhält sich zur Länge der Grundseite wie $\varphi : 1$. Damit hat es die Seitenlängen $a, \varphi a$ und φa . Die Basiswinkel betragen 72° , der Winkel an der Spitze 36° .

Hilfssatz: Sei ABC ein goldenes Dreieck. Dann teilt die Winkelhalbierende des Basiswinkels ABC die Seite AC im goldenen Schnitt.

Beweis: Die Ähnlichkeit der Dreiecke ABC und BCD folgt aus der Gleichheit der Winkel. Damit sind beide golden. Also ist $\frac{|AC|}{|BC|} = \frac{|BC|}{|DC|} = \varphi$ und $\frac{|AC|}{|BC|} \cdot \frac{|BC|}{|DC|} = \frac{|AC|}{|DC|} = \varphi \cdot \varphi = \varphi$.



Also kann man diese Winkelhalbierende des rechten Basiswinkels immer wieder für das nächstkleinere Dreieck konstruieren, sodass wieder ein goldenes Dreieck entsteht. Dies macht man unendlich oft. Wenn

man die so konstruierten Punkte verbindet, erhält man eine Spirale, die ihren Ursprung im Schnittpunkt der Seitenhalbierenden von den Schenkeln AB des Ausgangsdreiecks und BC des nächstkleineren Dreiecks hat, den wir O nennen. Die Spirale bildet jeden Punkt der Folge $\dots, E, D, C, B, A, \dots$ auf den jeweils nächsten ab. Wir betrachten exemplarisch die Abbildung von B auf A . Dabei wird die Strecke OB auf die Strecke OA gedreht, und zwar mit dem Drehwinkel 108° , was man über die Ähnlichkeit der Dreiecke und die Winkel in goldenen Dreiecken beweisen kann. Die Längen von OB und OA sind gleich den Radien zu B und A . Da ABO und BOC ähnliche Dreiecke sind und $\frac{|AB|}{|BC|} = \Phi$, ist auch $\frac{|AO|}{|BO|} = \Phi$. Somit ist der Streckfaktor Φ . Damit muss für jeden Punkt $P = (r, \theta)$ auf der Spirale gelten: $r = \Phi^m$ und $\theta = m \cdot \frac{3\pi}{5}$ mit $m \in \mathbb{Z}$.

Also wird die Spirale definiert durch die Punkte, die die Gleichung $r = \Phi^{5\theta/3\pi}$ erfüllen.

Quellen

- A. Beutelspacher, B. Petri: *Der Goldene Schnitt*, 2. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin/Oxford, 1996
- H. Walser: *Der Goldene Schnitt*, 6. Auflage, Edition am Gutenbergplatz, Leipzig, 2013

3.6 Kettenbrüche

Max Helmer
Betreuerin: Theresa Kumpitsch

Ein **endlicher Kettenbruch** ist ein Ausdruck der Form

$$[a_0, a_1, a_2, \dots, a_n] = a_0 + \frac{1}{a_1 + \frac{1}{a_2 + \frac{1}{\dots + \frac{1}{a_n}}}}$$

wobei $a_0 \in \mathbb{Z}$ und $a_i \in \mathbb{N}$ für $i \geq 1$, also zum Beispiel

$$[2, 9, 4, 5] = 2 + \frac{1}{9 + \frac{1}{4 + \frac{1}{5}}}$$

Wie man am Beispiel sieht, stellt jeder endliche Kettenbruch eine rationale Zahl dar. Mit Hilfe des Euklidischen Algorithmus haben wir uns umgekehrt klar gemacht, dass jede rationale Zahl als endlicher Kettenbruch darstellbar ist.

Weiterhin definiert man **unendliche Kettenbrüche** $[a_0; a_1, a_2, \dots]$, wobei die Folge a_0, a_1, a_2, \dots unendlich ist, zum Beispiel $[1; 1, 1, 1, \dots]$. Zu diesem speziellen Kettenbruch gelangt man, indem man in die Gleichung $x = 1 + \frac{1}{x}$ auf der rechten Seite immer wieder die Definition von x (also wieder $x = \frac{1}{x}$) einsetzt. Die Zahl, welche die Gleichung löst und somit gleichzeitig den Wert des Kettenbruchs darstellt, ist gerade Φ , also der goldene Schnitt.

Allgemein stellt ein unendlicher Kettenbruch immer eine irrationale Zahl dar und umgekehrt lässt sich jede solche als unendlicher Kettenbruch schreiben.

Kettenbrüche lassen sich annähern, indem man den Kettenbruch nur bis zum k -ten Glied betrachtet. Diesen Teil bezeichnen wir als k -te *Konvergente* $K_k = \frac{P_k}{Q_k} = [a_0; a_1, a_2, \dots, a_k]$ des Kettenbruchs $x = [a_0; a_1, a_2, \dots]$.

Um eine beliebige reelle Zahl x als Kettenbruch darzustellen, kann man einen einfachen Algorithmus anwenden. Man beginnt damit, den ganzzahligen Anteil $\lfloor x \rfloor$ der Ausgangszahl zu betrachten und bestimmt die Differenz $x - \lfloor x \rfloor$ dieser beiden Zahlen. Das ist immer eine Zahl zwischen 0 und 1. Betrachten wir davon den Kehrwert $\frac{1}{x - \lfloor x \rfloor}$, so erhalten wir entsprechend eine Zahl $x_1 > 1$. Mit dieser Zahl wiederholen wir den Vorgang sukzessive. Wir erhalten die Folgen $(a_n)_{n \in \mathbb{N}}$ und $(x_n)_{n \in \mathbb{N}}$:

$$x_0 = x, \quad a_n = \lfloor x_n \rfloor \text{ für } n \geq 0, \quad x_{n+1} = \frac{1}{x_n - a_n}$$

Entweder wird ein x_n ganzzahlig – in diesem Fall ist x rational – oder die Kettenbruchentwicklung bricht nicht ab, dann ist x irrational.

Nachdem also nun bekannt ist, wie man eine beliebige Zahl als Kettenbruch darstellt, haben wir einige Eigenschaften der Kettenbrüche hergeleitet. So konvergiert *jeder* Kettenbruch und stellt eine reelle Zahl dar, wobei die Konvergenten mit geradem Index eine streng monoton wachsende und die Konvergenten mit ungeradem Index eine streng monoton fallende Folge mit demselben Grenzwert bilden.

Eine irrationale Zahl ist bekanntlich nicht als Bruch darzustellen. Man kann jedoch versuchen, einen Bruch zu finden, der möglichst nahe am wirklichen Zahlenwert liegt. Hier kommen wieder die Kettenbrüche ins Spiel, denn die Konvergenten eines Kettenbruchs sind **die beste Annäherung an eine irrationale Zahl**: Je schlechter, beziehungsweise langsamer die Annäherung einer irrationalen Zahl durch rationale Zahlen, desto „irrationaler“ nennen wir diese. Das Interessante an der Kettenbruchdarstellung des goldenen Schnitts ist die Tatsache, dass die Konvergenten von Φ die Quotienten aufeinanderfolgender Fibonacci-Zahlen sind.

Für jede irrationale Zahl kann man eine natürliche Zahl $k \geq 2$ und eine Konstante $c \geq \sqrt{5}$ so wählen, dass es unendlich viele ganze Zahlen P und Q gibt, welche die folgende Ungleichung erfüllen:

$$\left| x - \frac{P}{Q} \right| < \frac{1}{cQ^k}$$

Φ lässt sich nur mit $k = 2$ und $c = \sqrt{5}$ annähern, wohingegen sich alle anderen Zahlen besser approximieren lassen. Somit macht es Sinn, den Goldenen Schnitt als die **irrationalste aller Zahlen** zu bezeichnen.

Quellen

- A. Beutelspacher, B. Petri: *Der Goldene Schnitt*, 2. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin/Oxford, 1996
- A. Džambić, A. Werner: *Von der Mathematik des Schönen oder Kann denn Mathe schön sein?*, Mathematik-AG für Schülerinnen und Schüler, Vorlesungsskript, Frankfurt, 2010
- T. Sauer: *Kettenbrüche*, Vorlesungsskript, Gießen, 2004/2005

3.7 Phyllotaxis – Der Goldene Schnitt in Pflanzen

Katharina Stolla
 Betreuerin: Saskia Groh

Betrachtet man die Blattanordnung auf Ästen verschiedener Bäume, so merkt man, dass sie meistens in einem festen Winkel $2\pi \cdot \frac{1}{2}$, $2\pi \cdot \frac{2}{3}$, $2\pi \cdot \frac{3}{5}$, $2\pi \cdot \frac{5}{8}$, $2\pi \cdot \frac{8}{13}$, ... angeordnet sind. Auffallend hierbei ist, dass es sich jeweils um Brüche, bestehend aus (meistens) benachbarten Fibonacci-Zahlen, handelt. Bei Tannenzapfen, Sonnenblumen und Ananas sind Spiralen zu erkennen, deren Anzahl ebenfalls benachbarte Fibonacci-Zahlen sind.



Abbildung 1: Spiralen bei einer Sonnenblume

Wie man das erklären kann und weshalb ausgerechnet Fibonacci-Zahlen auftreten, werde ich im Folgenden anhand eines mathematischen Modells herleiten.

Mathematisches Modell

Hier gehen wir von folgenden Annahmen aus: Die Samen sind um ein Zentrum Z angeordnet. Man beginnt mit dem Samen s_0 , der in einem Abstand 1 zu Z liegt. Anschließend wird jeweils um einen festen Winkel ω im mathematisch positiven Sinn gedreht und es werden nacheinander Samen $s_1, s_2, s_3, \dots, s_n, \dots$ gesetzt. Der Abstand des Samens n zum Zentrum Z betrage $\sqrt{n+1}$, sein Winkel zu s_0 ist in dem Modell $\alpha_n = n \cdot \omega = n \cdot 2\pi \cdot \lambda$ für ein λ mit $0 \leq \lambda \leq 1$.

Zunächst werden wir den Abstand zum Zentrum vernachlässigen und so alle Samen auf einen Kreis ziehen. Wir konzentrieren uns dementsprechend nur noch auf den Drehwinkel. Hierbei interessieren wir uns besonders für den Rest, der nach Division durch 2π übrig bleibt, denn so erhalten wir den Anteil am ganzen Kreis unter Vernachlässigung der bereits vollständig absolvierten Kreisumrundungen – also den Bogenabstand von s_0 zu s_n . Mathematisch ausgedrückt betrachten wir den Fall $n \cdot \omega \pmod{2\pi}$.

Der Fall $\lambda \in \mathbb{Q}$

Ist λ rational, so entstehen **Strahlen**. Sei $\lambda = \frac{p}{q}$ gekürzt, dann gilt $q \cdot \omega = 2\pi \cdot q \cdot \frac{p}{q} = 2\pi \cdot p = 0 \pmod{2\pi}$, also liegt der q -te Samen auf s_0 , dies ist nämlich der ganzzahlige Anteil von $q\omega$. Bei dem rationalen Drehwinkel $\omega = 2\pi \cdot \frac{p}{q}$ werden die Samen auf genau q Strahlen angeordnet: $\alpha_q = \angle(s_q, s_0) = \alpha_0 = 0$, $\alpha_{q+j} = \alpha_j$. Nach q gesetzten Samen wurden p Umrundungen absolviert.

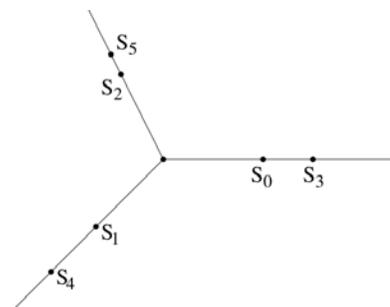


Abbildung 2: Spiralen bei einer Sonnenblume

Der Fall $\lambda \in \mathbb{R} \setminus \mathbb{Q}$

Ist λ irrational, entstehen keine Strahlen. Würden nämlich zwei Samen s_n und s_m auf demselben Strahl liegen, so wäre $n \cdot \omega \pmod{2\pi} = \alpha_n = m \cdot \omega \pmod{2\pi} = \alpha_m$ (für $n \neq m$). Das bedeutet dasselbe wie $n \cdot \omega - m \cdot \omega = 2\pi \cdot k$ für $k \in \mathbb{Z}$, also

$$\omega = \frac{2\pi \cdot k}{n - m} \Leftrightarrow 2\pi \cdot \lambda = \frac{2\pi \cdot k}{n - m} \Leftrightarrow \lambda = \frac{k}{n - m} \in \mathbb{Q}$$

Dies ist ein Widerspruch zu $\lambda \in \mathbb{R} \setminus \mathbb{Q}$!

Es können also keine zwei Samen die gleiche Position auf dem Kreis belegen.

Jetzt betrachten wir den Ursamen s_0 und seine rechten und linken Nachbarn. Das sind die Samen, die bis zum Setzen des Samens n auf der Kreislinie den geringsten Abstand zum Samen s_0 haben. Man schaut vom Samen s_0 aus in Richtung Zentrum. Wir nennen den linken Nachbarn s_l und den rechten s_r . s_l ist also der l -te Samen, der gesetzt wird, s_r der r -te.

Zusätzlich merken wir uns die Umlaufzahlen p_l und p_r dieser Samen, die anzeigen, wie oft der Kreis bis zum Setzen des Samens umrundet worden ist. Weil das ja nie eine ganze Zahl ist, rundet man ihre Werte:

$$p_r = \lfloor r \cdot \lambda \rfloor, \quad p_l = \lceil r \cdot \lambda \rceil$$

Das heißt, dass man bis s_r gerade p_r Runden „und ein bisschen“ gelaufen ist, und bis s_l ist man fast p_l Runden gelaufen. Mit Hilfe dieser Umlaufzahlen kann man den Drehwinkel $\omega = 2\pi \cdot \lambda$ approximieren: $\frac{p_r}{r} < \lambda < \frac{p_l}{l}$.

Um das zu beweisen, schauen wir uns die Winkel der einzelnen Samen zum Ursamen an:

$$\alpha_r = r \cdot \omega \pmod{2\pi} = r \cdot \omega - 2\pi \cdot p_r = r \cdot 2\pi \cdot \lambda - 2\pi \cdot p_r = 2\pi \cdot (r \cdot \lambda - p_r)$$

Alle Winkel sind positiv, auch α_r . Also gilt

$$0 < \alpha_r = 2\pi \cdot (r \cdot \lambda - p_r) \text{ und damit } \lambda > \frac{p_r}{r}.$$

Genauso geht man für α_l vor:

$$\alpha_l = r \cdot \omega \pmod{2\pi}$$

Da man hier den Winkel von der anderen Richtung aus betrachtet, muss $2\pi \cdot p_l$ hier als Minuend auftreten:

$$\alpha_l = 2\pi \cdot p_l - l \cdot \omega = 2\pi \cdot p_l - l \cdot 2\pi \cdot \lambda = 2\pi \cdot (p_l - l \cdot \lambda)$$

Auch hier ist der Winkel positiv:

$$0 < 2\pi \cdot (p_l - l \cdot \lambda), \text{ also } \lambda < \frac{p_l}{l}.$$

Diese Approximation ist die beste Approximation zweiter Art an λ (siehe Referat 6), da wie oben erklärt gilt: $|r \cdot \lambda - p_r| < |n \cdot \lambda - p_n|$ für alle $n \leq r$ und $|l \cdot \lambda - p_l| < |m \cdot \lambda - p_m|$ für alle $m \geq l$.

Nun sei $\lambda = \frac{1}{\Phi}$.

Wir haben uns gefragt, wann zum ersten Mal die aktuellen Nachbarn s_l und s_r durch neue Nachbarn abgelöst werden. Dies passiert bei dem Samen s_{r+l} , dessen Umlaufzahl genau $p_{r+l} = p_r + p_l$ ist, die genau der Fibonacci-Rekursion genügt. Daraus ergab sich für die Näherungsbrüche der linken und rechten Nachbarn:

$$\frac{F_{2k}}{F_{2k+1}} < \lambda = \frac{1}{\Phi} < \frac{F_{2k-1}}{F_{2k}}$$

In Referat 6 wurde bereits erwähnt, dass die beste Approximation zweiter Art ein Quotient zweier benachbarter Fibonacci-Zahlen ist.

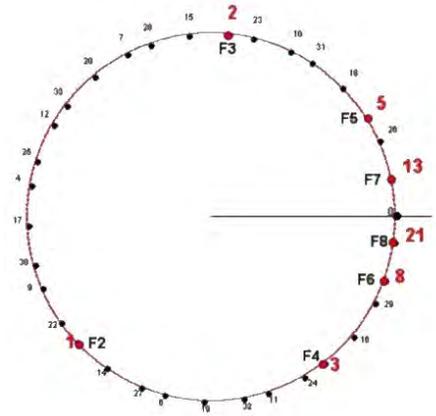


Abbildung 3: Setzprozess für $\lambda = \frac{1}{\Phi}$

Man mache sich klar, dass der Ursamen s_0 keine besondere Bedeutung hat. Man kann ihn durch jeden beliebigen Samen ersetzen, weil wir das radiale Wachstum vernachlässigt haben und so jeder Samen genau denselben Abstand zu seinem Vorgänger und Nachfolger hat. So ist jeder Samen „gleichwertig“. Berücksichtigen wir nun den radialen Abstand, welcher $\sqrt{n+1}$ für den n -ten Samen beträgt, so sind die linken und rechten Nachbarn in Spiralen angeordnet. Durch das Verbinden der Samen entstehen Spiralen, weil im fortgeschrittenen Verlauf des Setzungsprozesses jeder Samen rechte und linke Nachbarn hat. Deshalb ist die Anzahl der linksdrehenden Spiralen F_{2k} und die der rechtsdrehenden Spiralen F_{2k+1} .

Quellen

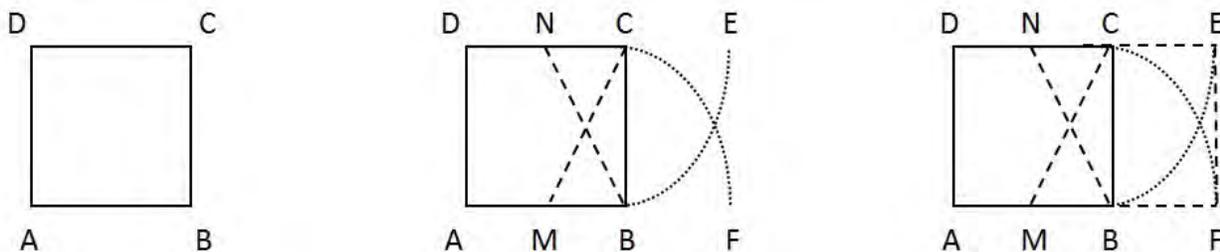
- A. Džambić, A. Werner: *Von der Mathematik des Schönen oder Kann denn Mathe schön sein?*, Mathematik-AG für Schülerinnen und Schüler, Vorlesungsskript, Frankfurt, 2010
- H. Hellwig, T. Neukirchner: *Phyllotaxis, die mathematische Beschreibung und Modellierung von Blattstellungsmustern*, in: *Mathematische Semesterberichte*, Springer Verlag, 2011
- B. Werner: *Fibonacci-Zahlen, Goldener Schnitt, Kettenbrüche und Anwendungen*, Vorlesungsskript, Hamburg, 2006

3.8 Platonische Körper

Jeida El Quersh
Betreuerin: Saskia Groh

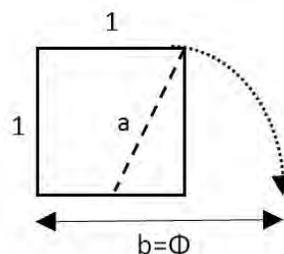
Konstruktion eines Goldenen Rechtecks

Um ein Goldenes Rechteck zu konstruieren, zeichnet man ein beliebiges Quadrat $ABCD$ und zieht dann jeweils eine Gerade vom Mittelpunkt M der Strecke AB zu C und vom Mittelpunkt N der Strecke DC zu B . Nun zeichnet man einen Kreis um den Punkt M mit der Länge der Strecke MC als Radius und einen weiteren Kreis um den Punkt N mit der Länge der Strecke NB als Radius. Die Kreise schneiden die Verlängerungen der beiden Strecken AB und DC in den Punkten E und F . Diese Punkte werden miteinander und mit den ursprünglichen Ecken des Quadrats verbunden. Es entsteht ein Goldenes Rechteck $AFED$.



Nun soll bewiesen werden, dass das so entstehende Rechteck wirklich ein Goldenes Rechteck ist. Dazu wird angenommen, dass das Quadrat die Seitenlänge 1 hat. Dann gilt:

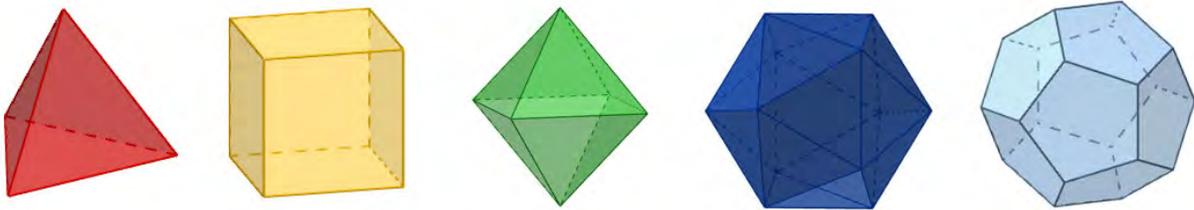
$$a = \sqrt{1^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2} = \frac{\sqrt{5}}{2} \text{ und somit } b = a + \frac{1}{2} = \frac{1 + \sqrt{5}}{2}$$



Platonische Körper

Ein *platonischer Körper* ist ein regelmäßiger konvexer Körper, bei dem an jeder Ecke die gleiche Anzahl von Flächen zusammentrifft. Seine Kanten müssen gleichlang und seine Flächen zueinander kongruent sein. Konvex bedeutet, dass die Verbindungslinie zweier beliebiger Punkte des Körpers innerhalb des Körpers liegt. Der Körper darf also nirgendwo „eingedellt“ sein.

Es gibt genau fünf platonische Körper, und zwar Tetraeder, Würfel, Oktaeder, Ikosaeder und Dodekaeder.



Der Tetraeder besteht aus vier gleichseitigen Dreiecken, der Würfel aus sechs Quadraten. Das Oktaeder wird aus 8 Dreiecken gebildet und sein Gerüst besteht aus 3 senkrecht zueinander stehenden Quadraten.

Das Dodekaeder wird aus 12 Fünfecken konstruiert.

Das Ikosaeder wird aus 20 Dreiecken gebildet mit einem Gerüst aus drei senkrecht aufeinander liegenden Rechtecken. Dabei bilden die zwei gegenüberliegenden kurzen Kanten der Rechtecke die Kanten des Ikosaeders. Im Folgenden werden wir beweisen, dass die Rechtecke golden sind. Dazu benutzen wir zunächst die Voraussetzung, dass alle Kanten gleich lang sind.



Als erstes berechnen wir die Höhe h_a der Dreiecke mit dem Satz des Pythagoras. Dabei gehen wir von einer Kantenlänge von $a = 1$ aus.

$$h_a^2 = a^2 - \left(\frac{1}{2}a\right)^2 = \frac{3}{4}a^2$$

Für $a = 1$ ist also $h_a^2 = \frac{3}{4}$.

Betrachtet man die Schnittfläche des Ikosaeders, kann man nun die zweite Seitenlänge b des Rechtecks ausrechnen. Es gilt $|AB| = b$ und damit $h = (b - a)/2 = (b - 1)/2$. Mit dem Satz des Pythagoras folgt $h^2 = h_a^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2$.

Durch Einsetzen der ersten in die zweite Gleichung und durch Umformungen ergibt sich b :

$$\begin{aligned} h^2 &= h_a^2 - \left(\frac{b}{2}\right)^2 \\ \left(\frac{b-1}{2}\right)^2 &= \frac{3}{4} - \left(\frac{b}{2}\right)^2 \\ (b-1)^2 &= 3 - b^2 \\ b^2 - 2b + 1 &= 3 - b^2 \\ 0 &= -2b^2 + 2b + 2 \\ 0 &= b^2 - b - 1 \end{aligned}$$

Aus Referat 1 wissen wir, dass die Lösungen dieser Gleichung gleich $\frac{1 \pm \sqrt{5}}{2}$ sind. Da die Seitenlänge b positiv sein muss, folgt $b = \frac{1 + \sqrt{5}}{2} = \Phi$. Also ist das Rechteck ein Goldenes Rechteck, was wir beweisen wollten.

Quellen

- A. Beutelspacher, B. Petri: *Der Goldene Schnitt*, 2. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin/Oxford, 1996
- H. Walser: *Der Goldene Schnitt*, 6. Auflage, Edition am Gutenbergplatz, Leipzig, 2013

3.9 Periodizität von Kettenbrüchen

Kai-Lars Ritzke
Betreuerin: Birthe Anne Wiegand

Die Sätze von Euler und Lagrange besagen zusammen, dass eine Zahl $x \in \mathbb{R}$ genau dann als unendlicher periodischer Kettenbruch darstellbar ist, wenn x eine reell-quadratische Irrationalzahl ist – oder anders gesagt, wenn $x \in \mathbb{R} \setminus \mathbb{Q}$ Lösung einer quadratischen Gleichung mit ganzzahligen Koeffizienten ist.

Um dies zu beweisen, werden Vektoren und Matrizen zur Hilfe genommen, die uns das Rechnen mit Kettenbrüchen vereinfachen. Zwei Spaltenvektoren nennen wir *äquivalent* $\begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} \gamma \\ \delta \end{pmatrix}$, wenn $\alpha\delta = \gamma\beta$ gilt. Die Zahl, welche in der Kettenbruchentwicklung unter dem letzten betrachteten Bruchstrich steht, nennen wir nachfolgend *Restzahl*. Die Gleichung

$$\alpha_n = a_n + \frac{1}{\alpha_{n+1}}$$

für die Restzahl α_n eines Kettenbruches schreiben wir nun als Äquivalenz

$$\begin{pmatrix} \alpha_n \\ 1 \end{pmatrix} \sim A_n \begin{pmatrix} \alpha_{n+1} \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_n \alpha_{n+1} \\ \alpha_{n+1} \end{pmatrix}$$

mit der Matrix $A_n = \begin{pmatrix} a_n & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$. Für den gesamten Kettenbruch $\alpha = [a_1, a_2 \dots a_n, \alpha_{n+1}]$ folgt

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ 1 \end{pmatrix} \sim A_1 A_2 A_3 \dots A_n \begin{pmatrix} \alpha_{n+1} \\ 1 \end{pmatrix}$$

wobei $A_1 A_2 A_3 \dots A_n = \begin{pmatrix} p_n & p_{n-1} \\ q_n & q_{n-1} \end{pmatrix} = P_n$.

Wegen der Determinante $|A_n| = \begin{vmatrix} a_n & 1 \\ 1 & 0 \end{vmatrix} = a_n \cdot 0 - 1 \cdot 1 = -1$

ist nach Multiplikativität der Determinante $|P_n| = \begin{vmatrix} p_n & p_{n-1} \\ q_n & q_{n-1} \end{vmatrix} = p_n \cdot q_{n-1} - p_{n-1} \cdot q_n = (-1)^n$.

Der Satz von Euler

Der Satz von Euler besagt, dass jeder unendlich periodische Kettenbruch eine quadratische Irrationalzahl darstellt. Sei $\alpha = [a_1, a_2, \dots, a_l, \alpha_{l+1}]$ ein nicht-rein periodischer Kettenbruch mit $\alpha_{l+1} = [\overline{a_{l+1}, \dots, a_{l+k}}]$ als periodischem Teil. Da sich mit

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ 1 \end{pmatrix} \sim P_l \begin{pmatrix} \alpha_{l+1} \\ 1 \end{pmatrix}$$

der nicht-rein periodische Kettenbruch α durch α_{l+1} rational ausdrücken lässt, genügt es zu zeigen, dass jeder rein periodische Kettenbruch $\alpha' = [\overline{a_1, \dots, a_k}]$ eine quadratische Irrationalzahl darstellt. Wegen $\alpha' = [\overline{a_1, \dots, a_k}] = [a_1, \dots, a_k, \alpha']$ gilt

$$\begin{pmatrix} \alpha' \\ 1 \end{pmatrix} \sim P_k \begin{pmatrix} \alpha' \\ 1 \end{pmatrix} \text{ also } \alpha' = \frac{p_k \cdot \alpha' + p_{k-1}}{q_k \cdot \alpha' + q_{k-1}}$$

Dies führt auf die quadratische Gleichung $q_k \alpha'^2 - (p_k - q_{k-1}) \alpha' - p_{k-1} = 0$.

Da wir bereits wissen, dass die Kettenbruchentwicklung jeder rationalen Zahl endlich ist, muss α' aufgrund der unendlichen Kettenbruchentwicklung irrational sein. Da α' einer quadratischen Gleichung genügt, muss α' eine quadratische Irrationalität sein. Damit ist der Satz von Euler bewiesen.

Der Satz von Lagrange

Die Umkehrung dieses Satzes, der Satz von Lagrange besagt, dass jede quadratische Irrationalzahl durch einen unendlichen periodischen Kettenbruch dargestellt werden kann. Für den Beweis benötigen wir einige Hilfsbetrachtungen.

1. Sei ϑ eine quadratische Irrationalzahl und ϑ_n die n-te Restzahl von ϑ . Als quadratische irrationale Restzahl sei ϑ_n Lösung einer allgemeinen quadratischen Gleichung $a\vartheta_n^2 - b\vartheta_n - c = 0$ mit der Diskriminanten $D = b^2 + 4ac$. Durch Erweitern der Ausgangsgleichung können wir stets erreichen, dass a, b, c ganze Zahlen sind und $a > 0$ ist. Setzen wir $\vartheta_n = a_n + \frac{1}{\vartheta_{n+1}}$ ein ergibt sich

$$a \left(a_n + \frac{1}{\vartheta_{n+1}} \right)^2 - b \left(a_n + \frac{1}{\vartheta_{n+1}} \right) - c = (aa_n^2 - ba_n - c)\vartheta_{n+1}^2 - (b - 2aa_n)\vartheta_{n+1} + a = 0$$

Es lässt sich zeigen, dass die Koeffizienten dieser quadratischen Gleichung in ϑ_{n+1} teilerfremd sind. Die zugehörige Diskriminante ist deshalb

$$(b - 2aa_n)^2 + 4a(aa_n^2 - ba_n - c) = b^2 + 4ac = D.$$

ϑ_n und ϑ_{n+1} haben also die gleiche Diskriminante. Induktiv hat also jede Restzahl ϑ_n von ϑ die gleiche Diskriminante D wie ϑ .

2. Sei die quadratische Irrationalzahl $\vartheta = \frac{b+\sqrt{D}}{2a}$ eine Lösung einer quadratischen Gleichung, so bezeichnen wir die andere Lösung $\vartheta' = \frac{b-\sqrt{D}}{2a}$ der Gleichung als das Konjugierte von ϑ .

Eine quadratische Irrationalität $\vartheta > 1$ nennen wir reduziert, wenn $-\frac{1}{\vartheta'} > 1$ gilt. Folglich ist dann $-1 < \vartheta' < 0$. Demnach ist die Summe $\vartheta + \vartheta' = \frac{b}{a} > 0$. Da wir $a > 0$ gewählt haben, gilt $b > 0$ und $b - \sqrt{D} < 0$, da $\vartheta' < 0$. Deshalb liegt b in dem offenen Intervall $(0, \sqrt{D})$. Man erkennt analog, dass a in dem von b abhängigen offenen Intervall $(-\frac{b}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{D}, \frac{b}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{D})$ liegt. Es ist c eindeutig bestimmt durch a, b, D . Da a, b, c ganze Zahlen sind und die vorausgegangenen Intervalle nur begrenzt viele ganze Zahlen für b und begrenzt viele natürliche Zahlen für a enthalten, folgt, dass es zu einer fixierten Diskriminante $D = b^2 + 4ac$ nur endlich viele reduzierte Zahlen gibt.

3. Durch verschiedene Umformungen mit Matrizen erhalten wir die Gleichung

$$-\frac{1}{\vartheta'_{n+1}} - 1 = \frac{1}{q_{n-1}} \left(q_n - q_{n-1} - \frac{(-1)^n}{q_{n-1} \left(\vartheta' - \frac{p_{n-1}}{q_{n-1}} \right)} \right)$$

Da

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left(\vartheta' - \frac{p_{n-1}}{q_{n-1}} \right) = \vartheta' - \vartheta \neq 0 \quad \text{und} \quad \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{q_{n-1}} = 0$$

strebt $\frac{(-1)^n}{q_{n-1} \left(\vartheta' - \frac{p_{n-1}}{q_{n-1}} \right)}$ gegen 0 für $n \rightarrow \infty$. Weil die Nenner q_n der Konvergenten eines Kettenbruches beliebig groß werden und so $q_{n-1} < q_n$ gilt, ist $q_n - q_{n-1} \geq 1$ für $n > 2$. Insgesamt schließen wir, dass

$$-\frac{1}{\vartheta'_{n+1}} - 1 > 0$$

gilt, also ϑ_{n+1} reduziert ist für ein genügend großes n_0 und alle $n > n_0$. Somit sind alle Restzahlen ϑ_n von ϑ mit $n \geq n_0$ reduziert.

Da wir bereits bewiesen haben, dass alle Restzahlen von ϑ die gleiche Diskriminante wie ϑ haben und es nur endlich viele reduzierte Zahlen mit fixierter Diskriminante gibt, muss es also n_0 und k geben mit $\vartheta_{n_0} = \vartheta_{n_0+k}$ geben. Also ist $\vartheta_{n_0} = [a_{n_0-0}, \dots, a_{n_0+k-1}, \vartheta_{n_0}] = [a_{n_0}, \dots, a_{n_0+k-1}]$. Somit ist die Kettenbruchentwicklung von ϑ periodisch.

Quellen

- H. Koch: *Zahlentheorie*, 1. Auflage, Vieweg Verlag, 1997
- B. Werner: *Fibonacci-Zahlen, Goldener Schnitt, Kettenbrüche und Anwendungen*, Vorlesungsskript, Hamburg, 2006

3.10 Penrose-Parkette

Lea Bach

Betreuerin: Birthe Anne Wiegand

Roger Penrose, englischer Mathematiker, entdeckte 1973 nach ihm benannte Parkette, die aperiodisch sind, aber viele lokale Symmetrien aufweisen. Anders als etwa bei rechteckigen Kacheln im Badezimmer besitzen aperiodische Parkette nicht zwei Translationsrichtungen, in die das Parkett mit sich selbst zur Deckung kommt.

Ein Parkett besteht aus Parkettsteinen, die aneinander gelegt die ganze Ebene lückenlos und überschneidungsfrei bedecken. Im Folgenden werden drei Sets mit Parkettsteinen vorgestellt.

P₁

Dieses Set besteht aus den in Abbildung 1 gezeigten sechs Parkettsteinen. Die Seiten sind mit Zahlen beschriftet und es wird verlangt, dass mit 1 beschriftete Seiten an mit $\bar{1}$ gekennzeichneten Seiten liegen müssen, 2 an $\bar{2}$, etc.

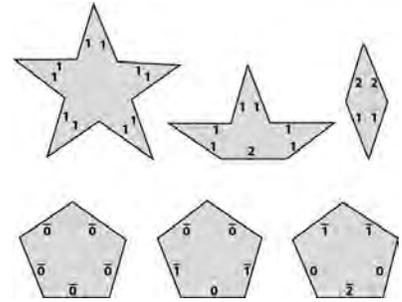


Abbildung 1: P₁

Komposition und Dekomposition

Man kann die Parkettsteine aus P₁ zu vergrößerten Versionen zusammenfassen, indem man wie in Abbildung 2 vorgeht. Dabei muss man beachten, dass die Legevorschrift erhalten bleibt und sich auf die vergrößerten Steine vererbt (siehe Abbildung 2 und 4).

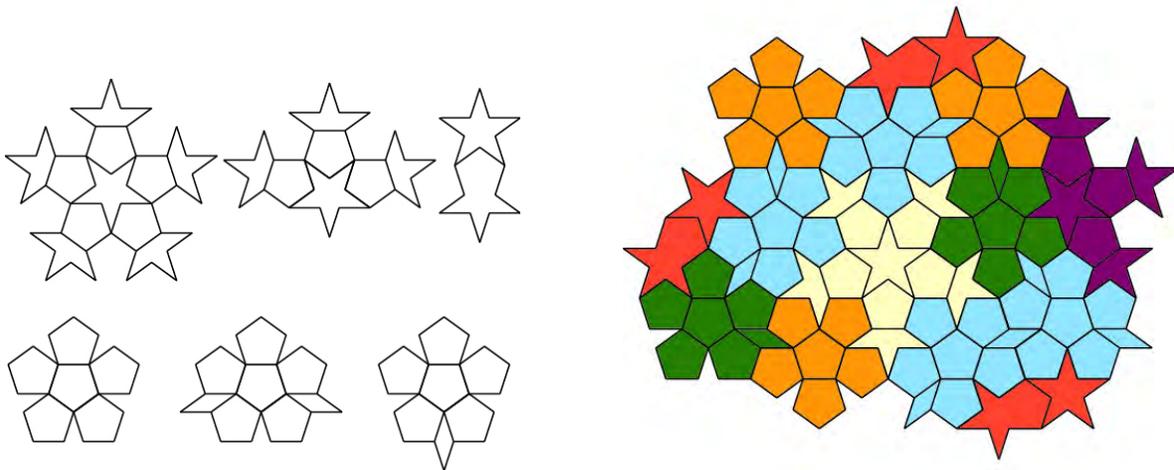
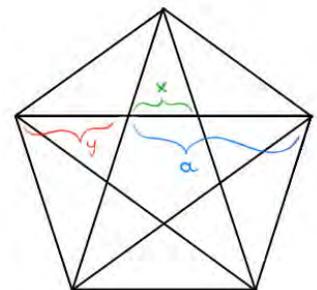


Abbildung 2: Zusammenlegen von Parkettsteinen aus P₁

Nach Referat 1 gilt im Pentagramm, dass $a + y = \Phi a$ (siehe Abb. 3) und $\frac{a}{y} = \Phi = \frac{y}{x}$. Also gilt, dass $\frac{a}{x} = \frac{a}{y} \cdot \frac{y}{x} = \Phi^2$. Diesen Zusammenhang werden wir im Folgenden benutzen, um eine parkettierte Ebene zu erzeugen.



Den in Abbildung 4 beschriebenen Prozess nennt man Komposition. Der umgekehrte Vorgang, also das „Zerschneiden“ größerer Parkettsteine in kleinere Varianten ihrer Selbst, wird als Dekomposition bezeichnet.

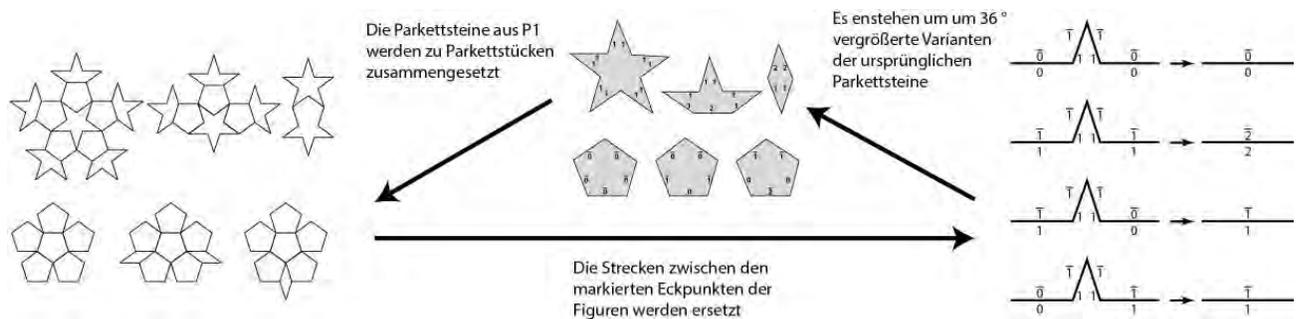


Abbildung 4: mit Pfeilrichtung: Komposition, gegen Pfeilrichtung: Dekomposition

Mithilfe dieser Begriffe können wir nun beweisen, dass P_1 ein aperiodisches Set ist. Dazu nehmen wir eine beliebig große, mit Parkettsteinen aus P_1 bedeckte Fläche A (im ersten Schritt zum Beispiel auch einen einzelnen Parkettstein) und zerlegen die Steine in A mittels Dekomposition. So entstehen um den Faktor Φ^{-2} verkleinerte Parkettsteine. Strecken wir die so verfeinert eingeteilte Fläche A mit dem Faktor Φ^2 , erhalten wir eine Fläche A' , die Φ^2 mal so groß wie A , aber mit Parkettsteinen in der Ausgangsgröße bedeckt ist. Wir können diesen Vorgang beliebig oft wiederholen und so eine unendlich große mit Parkettsteinen bedeckte Fläche erzeugen.

Um die Aperiodizität dieses Parketts bezüglich Translation zu beweisen, stellen wir uns eine mit P_1 -Parkettsteinen bedeckte Ebene A vor, deren Parkettsteine wir wie oben beschrieben mittels n -fach wiederholter Komposition um ϕ^{2n} vergrößern. Ist uns nun eine beliebige Strecke d fest vorgegeben, anhand derer die Translation um $d \in \mathbb{R}$ erfolgen soll, kann diese Translation das Parkett nicht in sich selbst überführen, da wir n so groß wählen können, dass der Innenradius der Parkettsteine größer ist als d . Wir müssten also einen Parkettstein um weniger als seinen Innenradius verschieben, und das kann niemals zu einer legalen Translation führen.

Die Parkettsteine des Sets P_1 bilden also bei Berücksichtigung der Legevorschrift ein aperiodisches Set.

P_2 und P_3

Das auch als „Kites und Darts“ (Drachen und Pfeile) bezeichnete Set P_2 besteht aus nur zwei Parkettsteinen, in denen der Goldene Schnitt ebenfalls in Erscheinung tritt (siehe Abb. 5). Um die Aperiodizität zu gewährleisten, gibt es auch bei diesen Parkettsteinen Legevorschriften. Die Eckpunkte der Figuren sind mit leeren und ausgefüllten Kreisen gekennzeichnet, wobei sich beim Zusammenlegen leere und ausgefüllte Ecken nicht berühren dürfen.

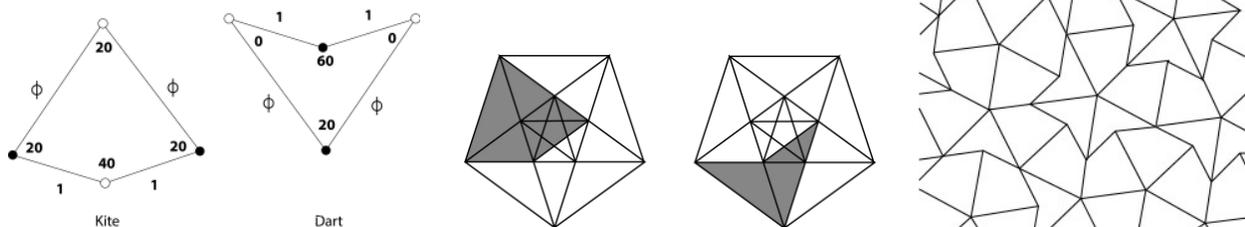


Abbildung 5: Kites und Darts

Das Set P_3 besteht aus zwei Rhomben (Abb. 6). Zerschneidet man die Parkettsteine der Sets P_2 und P_3 entlang ihrer Symmetrieachsen, erhält man zwei Arten von Dreiecken. Sie haben wie die Rhomben neben den Farben der Eckpunkte eine weitere Legevorschrift: Alle Seiten, die zwei gleichfarbige Punkte verbinden, haben eine Richtung, die durch eine Pfeilspitze angezeigt wird, und können nur an Seiten angelegt werden, die in die gleiche Richtung zeigen.

Das größere der beiden Dreiecke wird mit L_a , das kleinere mit S_a bezeichnet. Zur Komposition legt man L_a und S_a so zusammen, dass ein neues Dreieck entsteht, was mit L_b bezeichnet wird. Als neues S_b dient das Dreieck L_a . Legt man die Dreiecke L_b und S_b zu $L_{\Phi a'}$ zusammen,

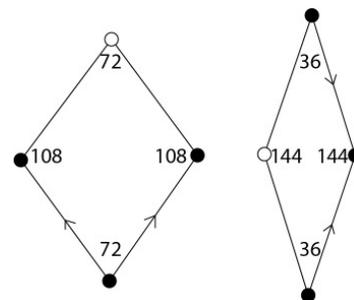


Abbildung 6: Rhomben (Angaben in Grad)

so kommt dessen Name daher, dass dieses Dreieck genau Φ -mal so groß ist wie L_a , die Farben der Eckpunkte jedoch genau umgekehrt sind (Abb. 7).

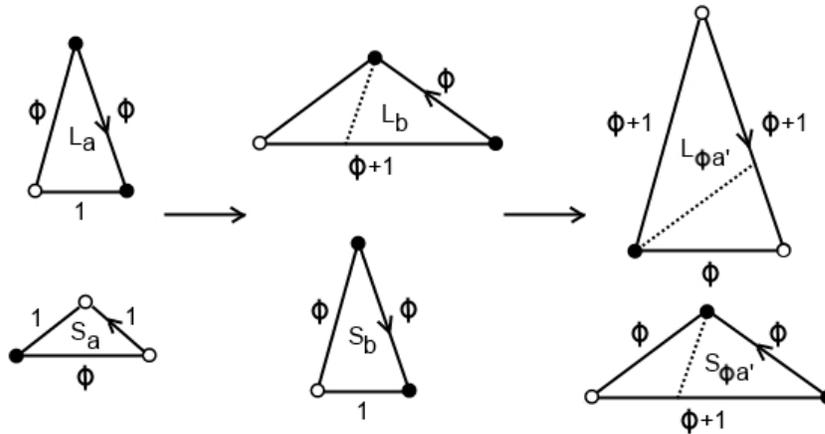


Abbildung 7: Komposition bei den Dreiecken

Wie bei P_1 können wir mit Hilfe der Komposition auch für die Dreiecke beweisen, dass sie ein aperiodisches Set bilden. Durch ihre „Verwandtschaft“ gilt dies auch für P_2 und P_3 .

Um die Aperiodizität des durch iterierte Dekomposition gefolgt von Streckung erzeugten Parketts aus Pfeilen und Drachen zu beweisen, können wir auch folgendermaßen vorgehen:

Die Anzahlen von Pfeilen und Drachen stehen in jedem endlichen Schritt $i \in \mathbb{N}$ in einem bestimmten Zahlenverhältnis $x_i = \frac{d}{p}$ zueinander, wobei d die Anzahl der Drachen und p die Anzahl der Pfeile bezeichne. Da bei der Komposition ein Pfeil und zwei Drachen einen großen Drachen ergeben, während ein Pfeil (bzw. eigentlich zwei halbe) und ein Drachen einen großen Pfeil ergeben, erhalten wir die Beziehung $x_{i+1} = \frac{1+2x_i}{1+x_i}$. Je größer die überdeckte Fläche ist, desto besser nähert sich dieser Wert dem Verhältnis x auf der gesamten Ebene an. Für diese ergibt sich im Grenzwert durch Auflösen nach x die quadratische Gleichung $x^2 - x - 1 = 0$, also der Goldene Schnitt. Das Verhältnis von Drachen zu Pfeilen ist also insbesondere irrational. Das ist aber unmöglich für ein periodisches Muster, P_2 ist demnach aperiodisch.

Die Parkettsteine der Sets P_2 (Kites und Darts) und P_3 (Rhomben) sowie die Dreiecke L_a und S_a können also bei Berücksichtigung der Legevorschriften genau wie P_1 zu einem aperiodischen Parkett gelegt werden.

Quellen

- A. Beutelspacher, B. Petri: *Der Goldene Schnitt*, 2. Auflage, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin/Oxford, 1996
- B. Grünbaum, G. C. Shephard: *Tilings and Patterns*, 3. Auflage, Freeman, New York 1987

4 Physikkurs

Physik des Fahrrads und anderer Verkehrsmittel

Glücklicherweise können wir Radfahren, ohne die dabei ablaufenden physikalischen Vorgänge zu verstehen. Im Kurs haben wir uns unter anderem mit Kurvenstabilisation, Getriebe, Drehmomenten, Vorlauf und Beleuchtung des Fahrrads befasst.

Auch bei anderen Verkehrsmitteln, wie Eisenbahn (Rad/Schiene System, Rückeinspeisung der Bremsenergie in die Oberleitung, Dampf- und Elektrolokomotiven, konventionelle und supraleitende Levitationstechnik), Auto (Antriebssysteme) und Flugzeug (Auftrieb, Stabilisation der Fluglage, Strahlenbelastung) kamen interessante physikalische Fragen vor. Im Kurs haben wir diese technisch-physikalischen Probleme besprochen und gezeigt, wie sie gelöst werden.

Kursleitung

Dr. Wolf Aßmus, Professor für Physik an der Goethe-Universität Frankfurt am Main, Gerald Kucera-Professur für Materialforschung, Tätigkeit in der Lehrerausbildung

Dr. George Bruls, Privat Dozent für Physik an der Goethe-Universität Frankfurt am Main

4.1 Physik des Autos

Lena Ferreira Hain
Betreuer: Alexander Dick

Da Druck und Reibung beim Autofahren eine große Rolle spielen, beschäftigen wir uns in diesem Beitrag mit beidem.

Hydrostatik

Ein Teilgebiet der Strömungen ist die Hydrostatik, die die aus dem hydrostatischen Druck entstehenden Erscheinungen und Kräfte analysiert. Der hydrostatische Druck p ist $p = \frac{F}{A}$. Er ist eine skalare Größe und hat die Einheit Pascal ($1Pa = 1\frac{N}{1m^2}$).

Der Druck p am Boden des Fluids ergibt sich aus der hydrostatische Grundgleichung $p = \rho \cdot g \cdot h$. Dabei ist ρ die Dichte des Fluids, g ist die Erdbeschleunigung und h die Höhe. Hydrostatische Kräfte unterscheiden sich, je nachdem auf welche Art von Fläche sie treffen. Für horizontale Flächen mit gleicher Grundfläche A ergibt sich die Formel $F = p \cdot A = \rho \cdot g \cdot h \cdot A$.

Um die Kraft auf vertikale Flächen zu berechnen, gibt es verschiedene Möglichkeiten. Bei der allgemeinen Berechnungsart zerlegt man die Fläche in Streifen der Höhe dh und der Länge ds .

Strömung

Unter Strömung versteht man physikalisch eine Bewegung vieler Teilchen in einem Fluid. Es gibt verschiedene Strömungsarten. Beispiele dafür sind Wirbelströmungen, Rohrströmungen oder Grenzschichtströmungen.

Strömungen existieren in verschiedenen Medien. Bei inkompressible Medien kommt es bei starkem Druck zu keiner Volumenänderung. Formänderungen sind jedoch möglich. Als inkompressibel werden Flüssigkeiten wie Wasser bezeichnet. Kompressible Medien lassen sich im Volumen verringern und es kommt zu einer Dichteänderung. Ein typisches Beispiel hierfür ist Gas. Es gibt zwei verschiedene Strömungsarten – Laminare und turbulente Strömungen. Laminare Strömungsschichten gleiten glatt

übereinander. Sichtbar machen kann man dieses Verhalten mit Hilfe von Farbstoffteilchen. Ein Beispiel für diese Strömungsart ist die Strömung um eine Kugel (siehe Abbildung) oder unsere Blutzirkulation. Turbulente Strömungen entstehen, wenn eine laminare Strömung „zu schnell“ wird. Die inneren Strömungsschichten drängen nach außen und es kommt zu Verwirbelungen. Ein gutes Beispiel ist Wasser hinter angeströmten Kanten bzw. hinter Ventilen.

Es gibt drei wesentliche Beispiele für laminare Strömungen: laminare Rohr- und Spaltströmung sowie laminare Strömungen um eine Kugel. Wenn eine Flüssigkeit zwischen zwei Platten strömt, strömt sie in der Mitte am schnellsten, $v_z = v_0$. An der Wand gilt $v = 0$, da die Flüssigkeit an der Wand haftet. Um diese Kraft zu überwinden, muss eine Kraft, also ein Druckgefälle, welches die Haftung überwindet, in Strömungsrichtung wirken. In einem Rohr passiert das Gleiche. Die Strömung ist in der Rohrmitte am schnellsten und an der Wand am langsamsten. Wieder muss eine Kraft dem entgegenwirken. Wenn man eine Kugel durch eine Flüssigkeit zieht, so haften unmittelbar benachbarte Schichten an dieser fest. Auf der Kugeloberfläche greift eine bremsende Kraft an. Diese Kraft heißt Stokes-Reibung: $F = 6\pi\mu rv$. μ ist dabei die Viskosität des Mediums, r der Kugelradius und v die Geschwindigkeit der Kugel relativ zum Fluss.



Abbildung 1: Strömungsfeld einer umströmten Kugel

Reibung

Bei Reibung wird hauptsächlich die kinetische Energie in Wärme umgewandelt. Dies entspricht der Umwandlung einer geordneten Teilchenbewegung in ungeordnete. Es gibt verschiedene Reibungsarten. Coulomb-Reibung ist eine äußere Reibung. Zu ihr gehören die Gleit-, Haft- und Rollreibung. Diese Reibungsarten treten zwischen zwei festen Körpern auf.

Auch in Flüssigkeiten und Gasen kommt es zu Reibung, genauer zur Newton- und Stokes-Reibung. Die Stokes-Reibung bezieht sich auf kleine, langsam bewegte Körper. Die Newton-Reibung tritt bei größeren, schnelleren Körpern auf. Dabei gilt $F_N = \frac{1}{2} \cdot c_W \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$. Dabei ist c_W der Widerstandsbeiwert, der die Körperform beschreibt, ρ die Dichte und A die Querschnittsfläche.

Quellen

- Gerthsen Physik, 24. Auflage

4.2 Physik des Fahrrads – Stabilität und Gleichgewicht

Erik Walter
Betreuer: George Bruls

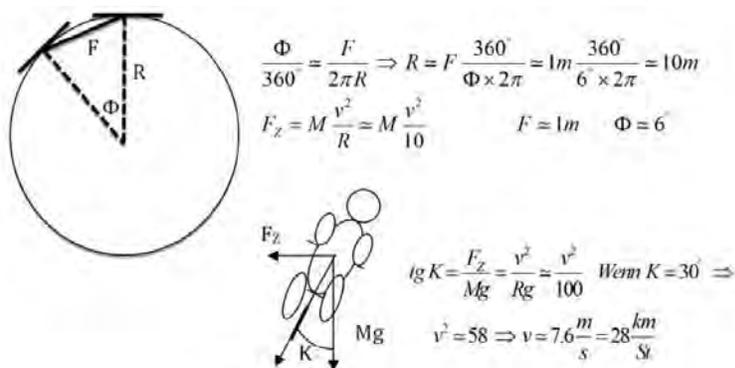
Gleichgewicht

Ein Fahrrad befindet sich in einer Gleichgewichtslage, wenn es hinsichtlich all seiner Bewegungsmöglichkeiten keine Beschleunigung erfährt. Die drei Parameter, die für uns maßgeblich sind:

- Veränderung des Lenkwinkels ϕ
- Veränderung des Kippwinkels κ , d.h. Drehung um die Linie, die beide Radauflagepunkte verbindet (Kippachse)
- Horizontale Verschiebung des Fahrrades v (d.h. die Geschwindigkeit), gebunden an die Rollrichtung der Räder

Wenn wir lenken würden, ohne uns um die Kippachse zu drehen, oder uns um die Kippachse drehen würden, ohne zu lenken, würden wir hinfallen. Deswegen suchen wir nach einer Kombination dieser beiden Winkel ϕ und κ , die unser Fahrrad bei einer bestimmten Geschwindigkeit v in einer stabilen Lage hält.

Der Lenkwinkel ϕ bestimmt den Radius R des Kreises, auf dem wir uns bewegen, und somit auch die Größe der bei der Kreisfahrt entstehenden Zentrifugalkraft F_Z . Der Kippwinkel κ bestimmt, in welchem Winkel die Schwerkraft auf uns einwirkt. Wie wir alle wissen, kann eine Kraft, die auf einen Hebel einwirkt (in diesem Fall das System aus Radfahrer und Fahrrad), am besten ihre Kraft ausüben, wenn sie in einem Winkel von neunzig Grad einwirkt. Umso größer also κ ist, desto größer ist das auf uns einwirkende Drehmoment. Das heißt, dass man beim Kurvenfahren durch die Veränderung des Kippwinkels das Drehmoment so modifiziert, dass es die Zentrifugalkraft ausgleicht. Siehe Abbildung unten für ein Beispiel mit der (stabilen) Kombination $\phi = 6^\circ$, $F = 1m$, $R = 10m$ und $v = 28km/h$. Das Gewicht M_g des Fahrers hat keinen Einfluss auf den Kippwinkel κ .



Bei hoher Geschwindigkeit kann man keine engen Kurven fahren, da die Zentrifugalkraft zu groß wäre, um sie ausgleichen zu können, ohne dass einem das Fahrrad wegrutscht.

Stabilität bei Geradeausfahrt

Für diese Stabilität ist der so genannte gyroskopische Effekt verantwortlich, der auf Erhalt des Drehimpulses L beruht. Der Drehimpuls L eines Rads ist durch einen Pfeil, einen sogenannten Vektor, durch den Mittelpunkt des Rads und parallel zur Achse des Rads, wie in der Abbildung unten dargestellt. Für das Rad im Bild, das von links nach rechts rollt, zeigt der Vektorpfeil von L nach der Rechten-Hand-Regel nach links, also ins Bild hinein.

Die Größe des Drehimpulses, sozusagen die Länge des Pfeils, ist gleich Rmv , wobei R der Radius, m die Masse und v die (Roll-)Geschwindigkeit des Rades ist.

Wie jeder weiß, kann ein rollendes Rad sich über eine große Strecke ganz alleine stabil fortbewegen. Dies heißt: Der Vektorpfeil L des Rades bewegt sich parallel zu sich selbst, oder anders gesagt: Die Richtung des Pfeils ändert sich nicht. Auch die Geschwindigkeit v kann auf geeignetem Untergrund (wenig Reibung) über längere Zeit konstant bleiben. Da R und m sowieso konstant sind, spricht man in diesen Fall vom Drehimpuls-Erhalt, weil Größe (Rmv) und (Pfeil-)Richtung des Drehimpuls-Vektors konstant bleiben. Erhalt eines Drehimpulses der Größe Null bringt keine Stabilität, schon weil es keine definierte Richtung mehr hat: Ein stehendes Rad fällt um. Der Drehimpuls von zwei Rädern reicht, um ein ganzes Fahrrad mit Fahrer zu stabilisieren, auch wenn der Schwerpunkt weit oberhalb der Straße liegt.

Wenn das Fahrrad durch eine zufällige oder gewollte Lenkbewegung aus der vertikalen Lage kippt, wird am drehenden Vorderrad ein Drehmoment M erzeugt, das laut der Newton'sche Gleichung für Dreh-



Abbildung 1: frei rollendes Rad als Beispiel der Drehimpulserhaltung

bewegungen $M = \frac{dL}{dt}$ eine zeitliche Änderung des Drehimpulses und damit eine Richtungsänderung des Vorderrades bewirkt. Zusammen mit der richtigen Fahrradgeometrie (Winkel des Vordergabels, Vorlauf des vorderen Rades) erreicht man so, dass sich das Fahrrad wieder aufrichtet. Schwingt es dabei (durch) zur anderen Seite, wiederholt sich der Vorgang. Mit ein bisschen Übung kann man diese Effekte sogar ausnutzen, um freihändig zu fahren.

Quellen

- www.gyroskop.net/effekt
- Michael Gressmann: Fahrradphysik und Biomechanik, Mobby Dick Verlag

4.3 Physik des Fahrrads – Luftwiderstand

Alexander Heppe
Betreuer: George Bruls

Der Luftwiderstand kompensiert bei hohen Geschwindigkeiten des Fahrrads nahezu die komplette Kraft des Fahrradfahrers, sodass man seine Sitzposition verändern muss und die Form des Fahrrads aerodynamischer gestalten muss, um hohe Geschwindigkeiten erreichen zu können. So kommt es, dass das Liegerad und später das verkleidete Fahrrad erfunden wurde.

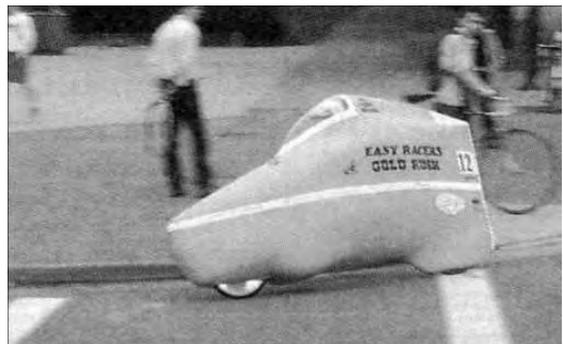


Abbildung 1: links: Mochets Liegefahrrad, rechts: „Goldrush“ (verkleidet)

Bei dem Liegerad hat man eine kleinere Stirnfläche und die Luft kann sowohl an den Seiten als auch nach oben vorbeiziehen.

Das verkleidete Fahrrad „Goldrush“ konnte den Luftwiderstand durch seine aerodynamische Form um 80% reduzieren. Auch durch sein geringes Gewicht von 14,5 Kilogramm stellte es mehrere Geschwindigkeitsrekorde auf, die knapp über 100km/h liegen. Diese Methoden wurden verbessert, bis 1995 der Geschwindigkeitsrekord mit einem Fahrrad im Windschatten auf 268,831km/h erhöht wurde. Mit einem vollverkleideten Liegerad wurde im September 2013 mit 133,780km/h, ohne Windschatten (!), ein neuer Geschwindigkeitsrekord aufgestellt.

Eigene Messungen des Luftwiderstandes

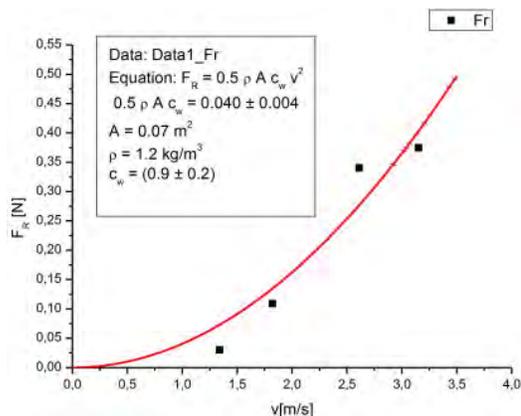


Abbildung 2: links: während des Versuchs (Photo: A. Dick), rechts: F_R - v -Diagramm zum Versuch

Wir haben einen Luftballon mit 30cm Durchmesser mit einem 0,25 Newton schweren Gewicht befestigt und an einem 60cm langen Faden gehängt. Danach sind wir mit dem Ballon in mehreren Durchgängen bei konstanter, mit den Durchgängen steigender, Geschwindigkeit durch den Raum gelaufen. Aus dem Winkel haben wir die Reibungskraft bestimmt und ein passendes Diagramm angelegt.

Elektrofahrrad – Wie viel nutzt ein Motor mit 200 Watt elektrischer Unterstützungsleistung?

Ein Fahrradmotor mit 200 Watt unterstützt den Fahrer bis zu einer Geschwindigkeit von maximal 25km/h. Sollte der Fahrradfahrer schneller fahren wollen, kann er dies, aber der Unterstützungsmotor schaltet sich beim Übertreten der Maximalgeschwindigkeit eigenständig ab. Diese Unterstützung hilft vor allem bei Anhöhen, bei denen man nun durch leichtes Treten und den Unterstützungsmotor hohe Geschwindigkeiten erreichen kann. Muskelkraft, die beim normalen Fahrrad aufgrund von Reibung und Luftwiderstand kompensiert wird, wird bei einem Elektrofahrrad durch den Motor wieder hinzugeführt. Der Elektroradfahrer spart sich somit Muskelkraft und erreicht 25km/h ohne Probleme, Geschwindigkeiten über 25km/h müssen mit eigener Muskelkraft ohne Unterstützung erreicht werden. Im Gegensatz dazu kann der 200-Watt-Motor bei geringen Geschwindigkeiten nahezu den kompletten Muskelaufwand übernehmen und nutzt in diesen Fällen sehr.

Bremswirkung durch Haftreibung

Bei der Haftreibung tritt weder ein Verschleiß noch ein Energieverlust auf. Sie tritt zwischen den Rädern und dem Untergrund auf. Die Haftreibung führt dazu, dass das Fahrrad, wenn es steht, nicht

vom Wind verschoben wird oder den Berg runter gleitet, da sich die Oberflächen von Rad und Untergrund verhakt haben. Wäre diese Haftreibung nicht vorhanden, hätte das Fahrrad, wenn es gefahren wird, auch keine Traktion und die angetriebenen Fahrradräder würden durchdrehen. Man muss immer mindestens die Haftreibungskraft aufbringen, um das Fahrrad zu bewegen. Diese Kraft ist meistens größer, als die Kraft, die man benötigt, um einen Gegenstand in Bewegung zu halten.

Bremswirkung durch Gleitreibung

Diese Reibung ist an der Kontaktfläche von Reifen und Untergrund vorhanden, wenn sich die Oberflächen übereinander beziehungsweise gegeneinander bewegen. Das heißt, das Fahrrad könnte, zum Beispiel wenn es am Bergrand steht, anfangen zu rutschen („gleiten“) Allerdings ist die Gleitreibungskraft immer geringer als die Haftreibungskraft bei gleicher Normalkraft. Die Haftreibung und die Gleitreibung werden auch als Coulombsche Reibung bezeichnet. Sie treten nicht immer strikt voneinander getrennt auf.

Zusatz

Formel, um die Reibung auszurechnen: $F_R = \mu \cdot F_N$, also: Reibungskraft = Reibungskoeffizienten · Normalkraft

Allgemeine Fakten:

- Durch Reibung entsteht ein Energieverlust.
- Reibung ist immer verbunden mit Wärmeentwicklung.
- Die Reibungskraft ist proportional zum Gewicht des reibenden Körpers bzw. proportional zur Gewichtskomponente senkrecht zur Gleitfläche.
- Die Energie, die in Reibungswärme umgewandelt wird, ist gleich der Arbeit, die von der Reibungskraft geleistet wird.
- Der Luftwiderstand ist proportional zum Quadrat der Geschwindigkeit des Körpers.
- Die Reibungskraft richtet sich immer gegen die Bewegung. Deshalb bekommt sie ein Minuszeichen.

Quellen

- http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Geschwindigkeitsrekorde
- <http://lustaufzukunft.de/pivot/aero/aerodynamik.html>
- <http://rs-elxleben.de/Physik/mech7/reibung.htm>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Reibung>
- <http://www.elektroraeder.com/elektro-rad/elektro-rad-technik.htm>

4.4 Physik des ICE – Schienen

Leon Peyman
Betreuer: Wolf Aßmus

In diesem Beitrag beschäftigen wir uns mit dem Radprofil, den Schienen, der Kurvenüberhöhung sowie dem Sinuslauf. Der Sinuslauf ist eine Bewegung der Räder die zur Stabilität, Selbstzentrierung und Kurvenlenkung beiträgt, bei höheren Geschwindigkeiten jedoch zu Problemen führt. Im gesamten Text bezeichnet r den Radradius, v die Geschwindigkeit des Zuges, ω die Winkelgeschwindigkeit des Rads, m die Masse des Zuges, λ die Wellenlänge der sinusförmigen Bewegung, o den Kurvenradius, g die Erdbeschleunigung und δ den Gleisneigungswinkel.

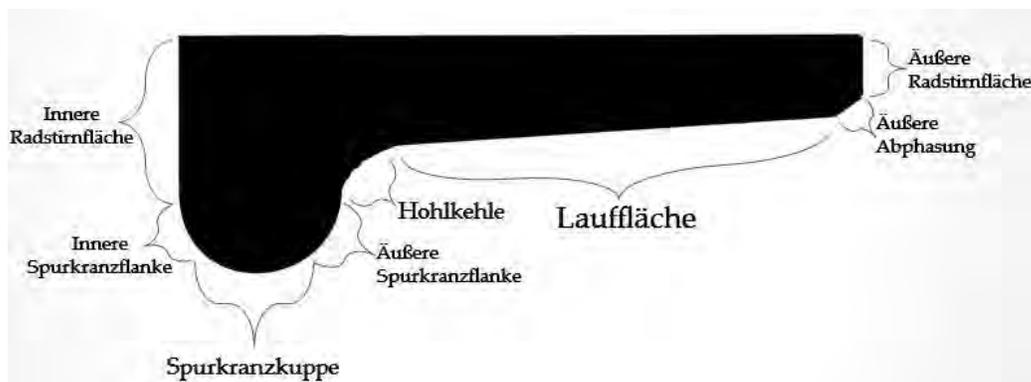


Abbildung 1: Das Radprofil eines Zuges

Das Radprofil

Betrachten wir das Profil eines Eisenbahnwagens (Abbildung 1), so fällt uns zunächst die geneigte bzw. konische Lauffläche des Rades auf. Angrenzend an diese befindet sich der Spurkranz, der auf den ersten Blick der Faktor zu sein scheint, der den Zug auf den Schienen hält. Die konische Lauffläche ist jedoch für die Spurführung viel bedeutsamer. Besonders wichtig ist, dass aufgrund der konischen Lauffläche der Radradius außen geringer ist als weiter innen am Spurkranz.

Das Schienenprofil

In Deutschland üblich ist die sogenannte Vignolschiene (Abbildung 2). Die Schienen sind meist auf Holzbohlen angebracht, die in einem Gleisbett aus Schotter eingelagert sind. Diesen Teil nennt man Gleisoberbau. Durch das Gleisbett werden die durch die Masse des Zuges, Zentrifugalbeschleunigung und den Sinuslauf entstehenden Kräfte kompensiert. Das Gleisbett lagert auf einem Unterbau (meist Beton), durch welchen die Kräfte abgeleitet werden und der für eine möglichst stabile Lage des Gleisoberbaus sorgt. In Europa, China und Nordamerika ist ein Schienenabstand von 1435mm üblich, die sogenannte Normalspur.



Abbildung 2: Querschnitt einer Vignolschiene

Die Starrachse

Beide Räder einer Achse sind fest miteinander verbunden. Die Verbindung wird durch Pressen bzw. Aufschrupfen hergestellt. Aufgrund dieser Starrachse bewegen sich beide Räder mit derselben Winkelgeschwindigkeit ω .

Der Sinuslauf

Tritt bei einem Radpaar eine geringfügige Verschiebung gegenüber dem Gleiskörper ein, so bewegt sich das eine Rad gemäß der Rollbedingung $v = \omega \cdot r$ schneller als das andere, da r_1 aufgrund der konischen Lauffläche größer ist als r_2 . Das erste Rad „überholt“ sozusagen das zweite und die Starrachse kommt in eine Schräglage der Radachse relativ zur Schiene. Dadurch wird die Verschiebung des Radsatzes immer kleiner, bis der Radsatzschwerpunkt sich über der Gleismitte befindet. Hier entspricht auch $r_1 = r_2$ und somit $v_1 = v_2$. Jedoch ist die Radsatzachse noch in einer Schräglage, sodass sich die Verschiebung der Radsatzmitte diesmal auf die andere Seite fortsetzt. Da nun $v_2 > v_1$ ist, fängt das zweite Rad an, das erste zu überholen. So wiederholt sich der Vorgang mit umgekehrten Verhältnissen. Daraus ergibt sich ein endloser Vorgang, bei dem der Radsatzschwerpunkt entlang des Fahrweges eine

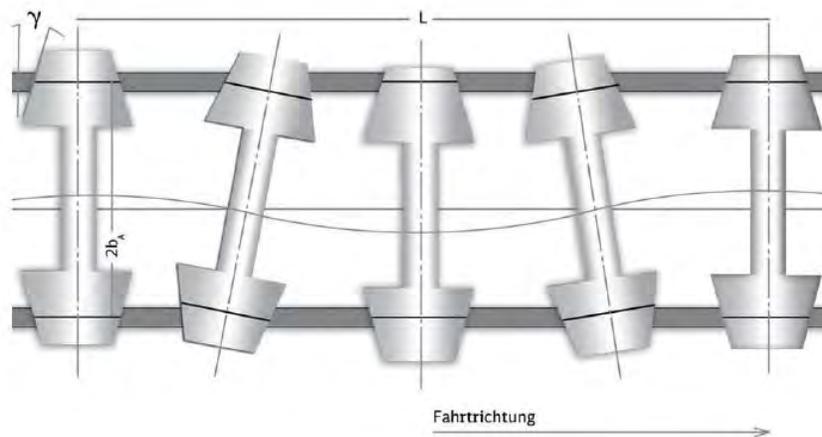
sinusförmige Bewegung durchführt. Man nennt diesen Vorgang daher auch Sinuslauf oder Wellenlauf (Abbildung 3).

Diese sinusförmige Bewegung besitzt eine feste Wellenlänge λ , die abhängig ist von dem mittleren Laufkreisradius r_0 , der halben Spurweite a und dem Neigungswinkel der Laufflächen γ . Für die Wellenlänge ergibt sich:

$$\lambda = 2\pi \cdot \frac{r_0 \cdot a}{\tan \gamma}$$

Da der Sinuslauf eine feste Wellenlänge besitzt, hat eine hohe Geschwindigkeit eine hohe Frequenz zur Folge. Da diese nicht nur die Stabilität verringert, sondern auch dazu führt, dass die Spurkränze an die Schienen anschlagen, hat man Querdämpfer eingebaut, die die Frequenz und die Amplitude des Wellenlaufs verringern und damit den Fahrkomfort erhöhen.

Um den Zug um eine Kurve zu lenken ist eine Zentripetalkraft nötig, da sich der Zug gemäß dem Trägheitsgesetz zunächst geradeaus weiterbewegen möchte. Dadurch werden die „bogenaußen“ liegenden Räder nach außen gedrückt und haben somit einen größeren Rollradius. Die „bogeninnen“ liegenden Räder haben wiederum einen kleineren Rollradius und werden von den außenliegenden Rädern aufgrund der Starrachse und der konischen Lauffläche überholt. Dadurch lenkt der Zug in die Kurve ein, ohne die Spurkränze zu beanspruchen.



Kurvenüberhöhung

Auf die Fahrgäste wirken bei Kurvenfahrt die Zentrifugalkraft F_Z und die Gewichtskraft $m \cdot g$. Die resultierende Kraft ist nebenstehend punktiert eingezeichnet. Diese soll senkrecht auf den Wagenboden (wie $m \cdot g$ bei Geradeausfahrten) ausgerichtet sein, um einen hohen Fahrkomfort und Kurvenstabilität zu erreichen. Deshalb muss man den Wagen kippen bzw. die Schiene überhöhen. Der ideale Kippwinkel δ beträgt $\delta = \frac{m \cdot v^2}{o \cdot g}$. Bei der Überhöhung muss man berücksichtigen, dass der Wagenschwerpunkt noch über den Schienen liegt, denn andernfalls würde der Zug bei $v = 0$ umkippen.

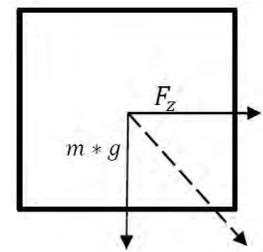


Abbildung 3: wirkende Kräfte bei Kurvenfahrt

Quellen

- Goethe-Gymnasium Regensburg (Hg.): Physik des ICE
- https://www.db-systemtechnik.de/file/4124110/data/Das_System_Bahn_Der_ICE.pdf (13.07.2014)
- Volle, Andreas: Integration eines Rad-Schiene-Kontaktmoduls in die Simulationsumgebung NEW-SIM, Diplomarbeit DIPL-67. Stuttgart: Universität, Institut B für Mechanik, 1997
- Abbildung 2: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:MH_Vignolschienen.png#mediaviewer/Datei:MH_Vignolschienen.png (13.07.2014)

4.5 Physik des ICE – Bremsen

Viola Wilhelm
Betreuer: Wolf Aßmus

Der ICE verfügt über mehrere Bremstypen.

Generatorbremse

Beim Abbremsen aus hoher Geschwindigkeit wird beim ICE auf die Generatorbremse gesetzt, weil diese energieeffizient und verschleißfrei arbeitet. Dabei wird der Fahrmotor als Generator genutzt. Dieser wandelt die kinetische Energie des Zuges in elektrische Energie um. Im ICE wird die gleiche Maschine als Motor zum Antrieb und als Generator zum Bremsen verwendet. Der Unterschied liegt dabei nur in der Richtung der Energieumwandlung. Der Motor wird durch elektrische Energie angetrieben. Die Spannung der Oberleitung beträgt $15kV$, die Frequenz $16,7Hz$. Diese Spannung wird über Transformatoren (sekundär $1500V$) und Stromrichter (Frequenzumwandlung) dem Asynchronmotor zugeführt, der sich entsprechend der Stromfrequenz dreht und mit den Rädern gekoppelt ist. Beim Bremsen läuft der Motor als Generator, die elektrische Spannung wird auf die Oberleitungsspannung transformiert und phasenrichtig in die Oberleitung eingespeist. Dadurch wird ein hoher Anteil der kinetischen Energie wieder in elektrische Energie umgewandelt.

Scheibenbremse

Die aus dem Straßenverkehr bekannte Scheibenbremse wird auch im ICE verwendet. Hier wird die Gleitreibung zwischen dem Bremsbelag und der Brems Scheibe und nachfolgend zwischen Rad und Schiene genutzt. Die Brems Scheiben bestehen beim ICE aus Gussstahl und die Bremsbeläge aus weicherem Material. Das weichere Material wird stark abnutzt, kann aber leichter ausgetauscht werden als die abriebfesten Brems Scheiben.

Magnetschienenbremsen

Eine Magnetschienenbremse besteht aus einem eisernen Schleifschuh mit einem eingebauten Elektromagneten. Sie wird parallel zu dem Schienen zwischen den beiden Rädern mittig aufgehängt. Das Prinzip dieser Bremsart beruht darauf, so viel Reibung wie möglich aufzubringen, und damit die Geschwindigkeit zu verringern. Während der Fahrt hat der Schleifschuh einen Mindestabstand von $5,5cm$, wenn jedoch eine größere Bremskraft benötigt wird, dann wird der Brems Schuh mit Druckluft bis auf wenige Millimeter an die Schienen herangeführt. Dann wird ein starker Gleichstrom durch die Spule hindurchgeleitet – der gesamte Bremsblock wird dadurch zu einem starken Elektromagneten. Diese magnetische Kraft presst das Eisen gegen die Schienen und bewirkt eine starke Reibung. Diese starke Reibung verursacht jedoch einen hohen Verschleiß und daher müssen solche Bremschuhe regelmäßig ausgetauscht werden. Der ICE vergrößert damit seine Normalkraft auf die Schienen ohne seine Masse zu verändern. Dadurch wird die maximale Bremskraft erhöht.

Wirbelstrombremse

Die Wirbelstrombremse arbeitet ohne Reibung zwischen zwei Teilen und ist daher eine effektive Form der Bremse. Dabei werden Wirbelströme zum Bremsen genutzt. Bewegt sich das zwischen Polen zweier entsprechend angeordneter benachbarter Spulen aufgebaute starke Magnetfeld eines Elektromagneten über die Schiene, werden in ihr Wirbelströme induziert. Die Ströme erzeugen in der Schiene Wärme, die letztendlich aus der Bewegungsenergie des Zuges stammt: Der Zug wird langsamer.

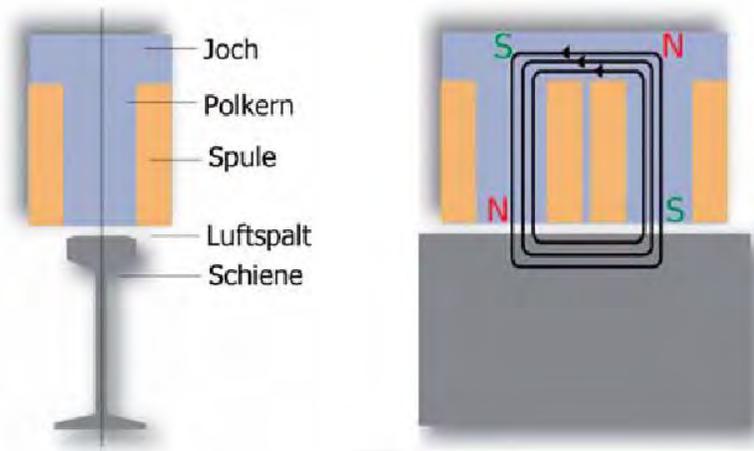


Abbildung 1: Anordnung einer Wirbelstrombremse relativ zu einer Schiene

Quellen

- http://www.db-systemtechnik.de/file/4124110/data/Das_System_Bahn_Der_ICE.pdf
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Magnetschienenbremse>
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Wirbelstrombremse>

4.6 Physik des Fahrrads – Übersetzung

Jakob Lohr
Betreuer: George Bruls

Was ist eigentlich Übersetzung? Dazu brauchen wir den Begriff Arbeit: Arbeit ist die Kraft multipliziert mit dem Weg. Wirkt eine Kraft von $F_1 = 120N$ [Newton] über eine Wegstrecke $s_1 = 0,25m$, verrichtet diese Kraft eine Arbeit $W = F_1 \cdot s_1 = 120N \cdot 0,25m = 30J$ [Joule]. Die gleiche Arbeit wird verrichtet von einer Kraft von $F_2 = 30N$ über eine Wegstrecke $s_2 = 1m$, da wieder $W = F_2 \cdot s_2 = 30N \cdot 1m = 30J$ gilt. Weil sowohl Kraft als auch Wegstrecke sich (antiproportional) um einen Faktor 4 geändert haben, liegt hier eine (Änderung der) Übersetzung um eben den Faktor 4 vor. Dieser Effekt wird zum Beispiel bei einem Flaschenzug genutzt, siehe folgende Abbildung.

Im linken Bild sieht man, dass der Flaschenzug vier Rollen hat. Der blaue Eimer am Flaschenzug bewegt sich um $s_1 = 0,25m$ nach oben, wenn das Hantelgewicht sich um $s_2 = 1m$ nach unten bewegt, wie man im mittleren und rechten Bild sehen kann. Der mit Wasser gefüllte Eimer wiegt $12kg$ bzw. $120N$ (zusammen mit dem unteren Holzteil des Flaschenzugs). Auf allen 3 Bildern ist der Flaschenzug in Gleichgewicht, was bedeutet, dass der Eimer ohne Kraftaufwand (bzw. mit minimalem durch Reibung der Rollen) auf und ab bewegt werden kann. Die am Eimer verrichtete Arbeit ist also $W = F_1 \cdot s_1 = 120N \cdot 0,25m = 30J$. Das weiße Hantelgewicht wiegt $3kg$ bzw. $30N$ und verrichtet auf seinem Weg nach unten genau die Arbeit von $W = F_2 \cdot s_2 = 30N \cdot 1m = 30J$, die für den Eimer auf seinem Weg nach oben gebraucht wurde. Kräfte und Wegstrecken ändern sich (antiproportional) um ein Faktor 4. Damit ist die Übersetzung des 4-Rollen-Flaschenzugs $1 : 4$.

Bei einem Fahrrad wird die (Änderung der) Übersetzung mit Hilfe von Zahnrädern und einer Kette realisiert. Die Kombination von 50 Zähnen vorne und 10 Zähnen hinten bedeutet, dass sich das



Abbildung 1: Demonstration eines Flaschenzuges. Links: Aufbau des Flaschenzuges, Mitte: Gewicht in Anfangsstellung, Rechts: Gewicht in Endstellung

Hinterrad für jede volle Pedalumdrehung 5 Mal dreht. Für 28 Zoll Räder ($D = 70\text{cm}$ bzw. Umkreis $\sim 220\text{cm}$) bedeutet dies eine Strecke von 11m pro Umdrehung. Mit 40 Zähnen vorne und 26 hinten ändert sich die Übersetzung von $5 : 1 = 5$ zu $40 : 26 \approx 1,5$, also um einen Faktor $5/1,5 \approx 3,3$. Pro Pedalumdrehung kommt man damit noch $11\text{m}/3,3 \approx 3,4\text{m}$ weit. Der Vorteil ist, dass der benötigte Kraftaufwand sich dementsprechend verringert.

Betrachten wir einen Fahrradfahrer, der eine Beinkraft von 60kg bzw. 600N ausüben kann. Ein Pedal legt auf seiner Umdrehung von ganz oben nach ganz unten einen vertikalen Abstand von ungefähr $0,3\text{m}$ zurück, wobei eine Arbeit von $W = 600\text{N} \cdot 0,3\text{m} = 200\text{J}$ verrichtet wird. Dass der Fuß sich dabei auf einem Kreis bewegt, ist unerheblich: Was zählt, ist der vertikale Abstand. Nehmen wir eine Trittfrequenz von ein Mal pro Sekunde an, entwickelt der Fahrradfahrer eine Leistung $P = 2 \cdot 200\text{J}/\text{s} = 400\text{W}$ [Watt], weil Leistung per Definition Arbeit pro Zeit ist.

Nehmen wir an, dass unser Fahrradfahrer über längere Zeit eine Leistung von 300W durchhalten kann. Wir untersuchen, was dies für eine Bergauffahrt bzw. eine Fahrt im Flachen bedeutet.

Die wichtigsten „Energiefresser“ beim Fahrradfahren sind die Reibung (wovon wieder der Großteil von der Luftreibung stammt) und eben die potentielle Energie, die zum Bergauffahren benötigt wird. Die Luftreibung beim Fahrradfahren ist die so genannte Newtonreibung, deren Formel lautet $F_R = \frac{1}{2}\rho A c_W v^2$. Hier ist F_R die Reibungskraft, $\rho = 1,3\text{kg}/\text{m}^3$ die Luftdichte, A die dem Fahrtwind zugewandten Querschnittsfläche des Fahrers, c_W der Luftreibungskoeffizient und v die Geschwindigkeit des Fahrers. Da die Leistung $P = W/t = \frac{F \cdot s}{t} = F \cdot \frac{s}{t} = F \cdot v$ beträgt, ist die benötigte Leistung für die Überwindung des Luftwiderstands gleich $P_R = F_R v = \frac{1}{2}\rho A c_W v^3$. Die Leistung zur Überwindung einer Höhendifferenz ist bei kleinen Steigungen angenähert gleich $P_H = \frac{mgh}{t} = m \cdot g \cdot St \cdot v$, wobei St die Steigung der Bergaufstrecke ist. Nehmen wir die oben erwähnten $P = 300\text{W}$ als verfügbare Leistung, dann gilt für eine Bergauffahrt $P = P_H + P_R = m \cdot g \cdot St \cdot v + \frac{1}{2}\rho A c_W v^3$. Im Bild unten kann man ablesen, dass die Bergaufgeschwindigkeit unseres Fahrradfahrers unter diesen Umständen $v_2 \approx 6,5\text{m}/\text{s}$ sein kann.

Im Vergleich dazu ist die Leistung im Flachen gleich $P = P_R = \frac{1}{2}\rho A c_W v^3$, weil keine Energie für die Höhe gebraucht wird. Mit den gleichen 300W erreicht der Fahrer $v_1 \approx 12,2\text{m}/\text{s}$. Man sieht deutlich,

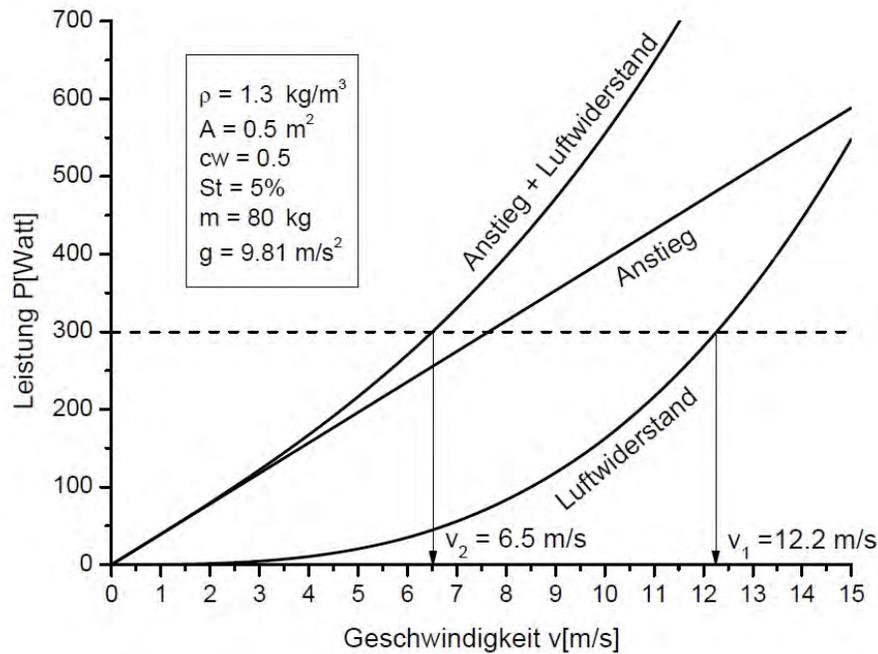


Abbildung 2: Komponenten der Leistung in Abhängigkeit der Geschwindigkeit

dass beim Bergauffahrt die meiste Energie für die Änderung der Höhe gebraucht wird. Im Flachen wird die Geschwindigkeit von der Luftreibung bestimmt. Mit Hilfe der Übersetzung kann der Fahrradfahrer erreichen, dass er für beide Abschnitte die gleiche Trittfrequenz benutzen kann, was das Fahren sehr viel angenehmer macht.

Warum hat sich das Fahrrad durchgesetzt? Zuerst einmal wäre da die geringere Reibung durch die Reifen, wie beispielsweise auch beim Laufrad, also auch die Möglichkeit, nach dem Treten noch weiter zu rollen. Und zum Schluss noch die Schaltung: Diese sorgt zum einen für eine höhere Flexibilität, da mit ihr manuell zwischen Geschwindigkeit und Kraftersparnis stufenweise gewechselt werden kann, zum anderen weitet sie die Grenzen von beiden extrem aus. Dies funktioniert durch ein System von zwei mit einer Kette verbundener auf einer Achse befestigter Gruppen von unterschiedlich großen Zahnradern. Durch Betätigen der Schaltung springt die Kette von einem auf das andere Zahnrad. Eine andere Art der Schaltung ist die NuVinci-Nabe, eine Schaltung, bei der anstelle von Zahnradreihen Kugeln genutzt werden, wobei der Rollradius – und damit das Übersetzungsverhältnis – durch Kippen variiert werden kann.

4.7 Fahrassistenzsysteme im Auto

Jakob Rauber
 Betreuer: Alexander Dick

Die Technik in modernen Autos beschränkt sich mittlerweile nicht mehr nur auf einen Motor und diverse Anzeigen hinter dem Lenkrad, sondern bietet viel mehr – unter anderem Fahrassistenzsysteme. Da es zahlreiche Fahrassistenzsysteme gibt, soll hier nur auf einige, aber recht verbreitete eingegangen werden.

ABS

Das ABS (Antiblockiersystem) ist ein heute in allen Neuwagen verbautes System zur Verhinderung der Entstehung von Gleitreibung bei starken Bremsvorgängen. Mit ABS ist dadurch selbst bei einer Vollbremsung Lenken möglich und es kommt zur größtmöglichen Bremswirkung. Das ABS detektiert mittels einer Lochscheibe, die sich mit dem Rad mitdreht, und mittels eines Sensors, der überprüft, ob in den richtigen zeitlichen Abständen wieder Löcher erscheinen, die Drehgeschwindigkeit des Rades. Wird gemessen, dass das Rad stillsteht und das Auto sich bewegt, mindert das ABS den Bremsdruck dadurch, dass es durch ein Ventil die Bremsleitung verschließt. Steht das Rad dann immer noch, so wird mittels eines zweiten Ventils noch Bremsflüssigkeit aus dem abgeklemmten Teil des Bremsschlauches abgelassen und nach der Bremsung wieder hinzugefügt.

ASR

Die ASR (Antriebsschlupfregelung) ist ein in vielen Neuwagen als Teil des ESP (Elektronisches Stabilitätsprogramm) verbaut. Es stellt eine Kombination aus verschiedenen Systemen dar, die die Motordrehzahl, die Lage des Autos und die Drehgeschwindigkeit der einzelnen Räder messen. Die ASR sorgt dafür, dass beim Anfahren kein Antriebsschlupf entsteht. Antriebsschlupf ist ein Unterschied zwischen der Drehgeschwindigkeit, die ein Rad bei einer bestimmten Geschwindigkeit theoretisch haben müsste – durch Vergleich mit den Geschwindigkeiten der anderen Räder – und jener, die es hat. Dabei ist die aktuelle Geschwindigkeit stets höher als jene, die es haben müsste. So entsteht wieder Gleitreibung. Zur Detektion verwendet es die Sensoren des ABS und bremst gegebenenfalls den entsprechenden Reifen oder drosselt den Motor.

Notbremsassistent

Der Notbremsassistent wird momentan in wenigen Autos verbaut. Er verhindert oder mildert Auffahrunfälle. Er detektiert mittels RADAR- oder LIDAR-Sensoren den Abstand zum Hindernis. RADAR-Sensoren senden elektromagnetische Wellen aus und detektieren die reflektierten Wellen und werten so den Abstand aus. LIDAR-Sensoren funktionieren nach dem gleichen Prinzip, nur dass sie Laserstrahlen aussenden. Wird nun ein für die Geschwindigkeit zu geringer Abstand gemessen, leitet der Assistent erst eine normale Bremsung ein. Wird der Abstand dann immer noch kürzer, wird eine Vollbremsung eingeleitet.

Spurhalteassistent

Der Spurhalteassistent ist in sehr wenigen, teuren Autos verbaut. Er verhindert einen ungewollten Spurwechsel, indem er sich nur einschaltet, wenn der Blinker nicht aktiv ist und keine deutliche Lenkbewegung erkennbar ist. Ob man eine Spur verlässt oder nicht, wird durch Kameras, die die Spurmarkierung registrieren, detektiert. Um den Fahrer nicht zu sehr zu entlasten und damit für größere Müdigkeit zu sorgen, schaltet sich der Assistent je nach Modell nach unterschiedlichen Zeiten ab.

Verkehrszeichenerkennung

Die Verkehrszeichenerkennung ist auch nur in wenigen, teuren Fahrzeugen verbaut. Sie erkennt Geschwindigkeitsbegrenzungen und Überholverbote. Zur Erkennung wird auf die Kameras des Spurhalteassistenten zurückgegriffen. Allerdings ist die Verkehrszeichenerkennung fehleranfällig. Die Verkehrszeichenerkennung kann dann ihre Daten mit Daten aus dem Internet oder mit Navidaten, die das Fahrzeug gespeichert hat, abgleichen.

Einparkhilfe

Eine elektronische Einparkhilfe ist in den meisten Fahrzeugen verbaut und misst mittels Ultraschallsensoren den Abstand zwischen den Stoßfängern des Fahrzeugs und einem Hindernis. Ultraschallsensoren

senden hochfrequente Schallwellen aus und detektieren die Reflexion und messen so den Abstand. Zur Erzeugung solcher Schallwellen macht man sich den Piezoeffekt zunutze. Das bedeutet, dass man auf ein piezoelektronisches Element einen Druck ausüben kann, der aufgrund der Verschiebung der Ladungsschwerpunkte eine Spannung im piezoelektrischen Element verursacht, wie man in unten stehender Abbildung erkennt. Dieser Effekt funktioniert auch andersherum. Wechselt man eine angelegte Spannung sehr schnell, schwingt das Material und sendet dadurch Druckwellen in der Luft aus – die Ultraschallwellen. Der Abstand wird dem Fahrer entweder durch einen Piepton oder durch ein Display mitgeteilt. Einige Modelle lenken sogar selbst in die Parklücke.

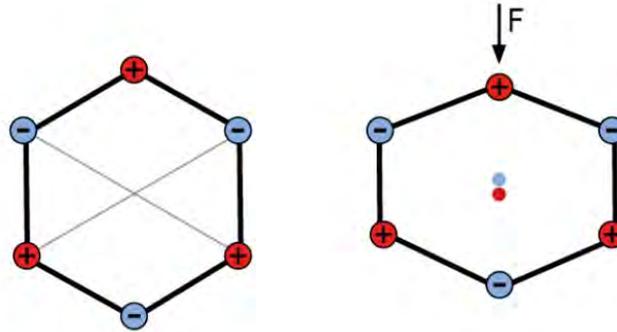


Abbildung 1: Bei einer Anordnung von Ionen ohne Inversionssymmetrie gibt es den Piezoeffekt

4.8 Physik des Flugzeugs

Céline Klein

Betreuer: Jan Fotakis

Aerodynamische Kräfte und Momente an einem Flugzeug

Mithilfe des Triebwerksschubs erhält das Flugzeug eine Geschwindigkeit, sodass die Luft die Tragflächen umströmt. Dadurch erfährt das Flugzeug Auftrieb. Aber was ist eigentlich Auftrieb und wie kann man ihn erklären? Venturi fand heraus, dass die Geschwindigkeit eines strömenden Fluids innerhalb eines Rohres nach einer Verengung (siehe Abbildung 1) größer ist als vorher.

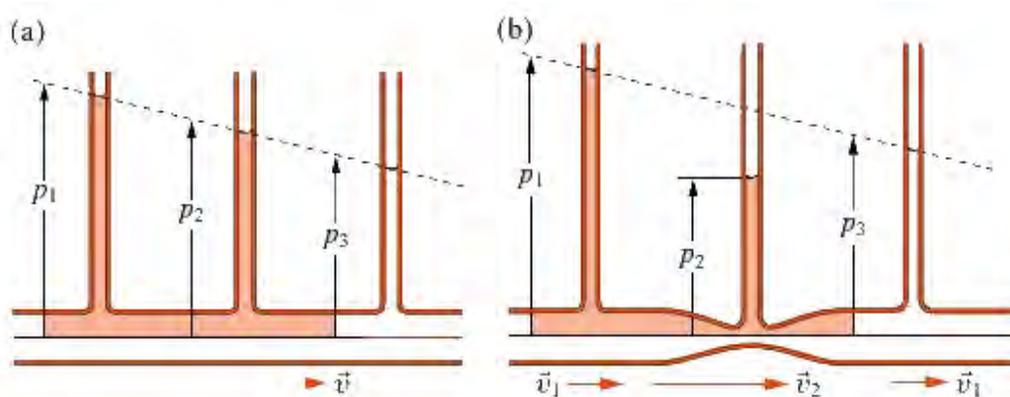


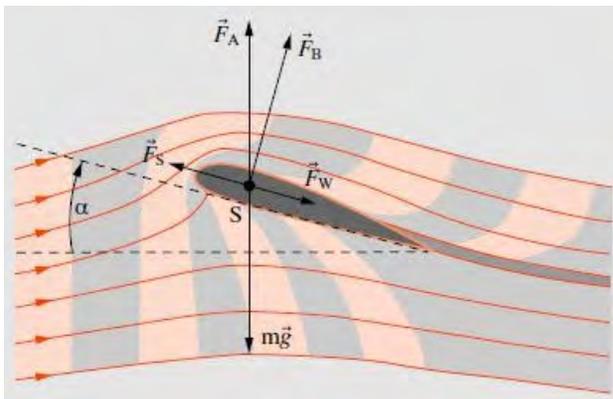
Abbildung 1: Illustration des Bernoulli'schen Energiesatzes anhand der Venturi-Röhrchen

Zur Beschreibung betrachtet man die Rohrströmung als laminare Strömung. Die Betrachtung der Abhängigkeit zwischen Druck und Geschwindigkeit mit Hinzunahme des *Energieerhaltungssatzes* und der *Kontinuitätsgleichung* (bei gleichbleibendem Volumen: $I_1 = I_2$, I : Strom) führt zu der *Bernoulli-Gleichung*, die besagt, dass die Summe aus statischen und dynamischen Druck konstant ist.

$$p_1 + \frac{\rho}{2}v_1^2 = p_2 + \frac{\rho}{2}v_2^2 = \text{const.}$$

p : Dichte, ρ : Dichte der umströmenden Luft, v : Geschwindigkeit

Strömt Luft um einen Tragflügel, ist die Luft folglich auf der Oberseite schneller als auf der Unterseite, da die Luft oben einen längeren Weg bei gleicher Zeit zurücklegen muss als unten (Erhaltung des betrachteten Volumens). Nach Bernoulli führt dies zu einer Druckdifferenz. Das Flugzeug wird aufgrund des Unterdrucks (auf der Oberseite) nach oben gesogen. Dieser Auftrieb greift im sogenannten *Druckpunkt* an.



$$F_A = \frac{\rho}{2}v_A^2 S C_A$$

S : Flügelfläche,
 v_A : relative Fluggeschwindigkeit gegenüber dem Fluid

Die Auftriebskraft ist unter anderem abhängig vom dimensionslosen Beiwert C_A , welcher von der Flügeltiefe, der Flügelgeometrie und vom Anstellwinkel des Flugzeuges α abhängt. Ist $\alpha = 0^\circ$, liegt der Druckpunkt in der Hälfte der Flügeltiefe (D_0), wobei die Flügeltiefe der Abstand zwischen vorderer und hinterer Flügelkante angibt. Ist dies nicht der Fall, so wandert er bei varrierenden Anstellwinkel in Richtung des sogenannten Neutralpunkts NL; dieser liegt ein Viertel der Flügeltiefe von der vorderen Flügelkante entfernt. Lineare Überlagerung beider Effekte liefert uns die Information, dass der Druckpunkt mit steigendem Anstellwinkel von D_0 nach NL wandert. Diese unterschiedliche Lage zum Schwerpunkt führt zu einem Nickmoment, welches durch ein Höhenleitwerk am Ende des Flugzeugrumpfs ausgeglichen werden muss. Der Auftriebsbeiwert ist bis $\alpha \leq 15^\circ$ (in guter Näherung) konstant. Für $\alpha \geq 15^\circ$ löst sich die Strömung an der Oberseite unter Wirbelbildung ab. Diese *Hufeisenwirbel*, welche durch Druckausgleich an den Flügelenden entstehen, wirken auftriebsmindernd, da sie eine zusätzlich Anströmung von oben auf den Flügel erzeugen. Diese *induzierte Widerstandskraft* verändert den Auftriebsvektor, sodass der effektive Anstellwinkel $\alpha_{eff} = \alpha - \alpha_i$ ist.

Einen bedeutenden Einfluss auf den Auftrieb hat insbesondere die Fluggeschwindigkeit, welche in Form der *Machzahl* $M = \frac{v_A}{c}$ (c : Schallgeschwindigkeit) dargestellt wird.

Bei $M \leq 0,3$ ist der Einfluss vernachlässigbar, bei $0,3 \leq M \leq 0,7$ entstehen Verluste kleiner 40% des Auftriebsbeiwerts. Eine entscheidende Rolle spielt sie im Transschall- und Überschallbereich aufgrund von Kompressibilitätseffekten in der angeströmten Luft. Wegen solchen Verdichtungsstößen entstehen im hohen Unterschallbereich örtlich am Flügel Überschallgeschwindigkeiten (transsonische Strömung), sodass der sogenannte Wellenwiderstand deutlich steigt. Diesen Effekt kann man durch Pfeilung des Flügels zu einer größeren Machzahl hin verschieben. Durch die entstehenden Wechselwirkungen fängt

der Flügel an, zu schwingen (Interferenzwiderstand). Dies bezeichnet man als *Buffeting*, was man aufgrund der dadurch entstehenden Nickmomente mit Hilfe von Geschwindigkeitsbegrenzungen verhindern muss.

Durch *Flügelklappen* an der Vorder- und/oder Hinterkante kann man je nach Bauform die Flügelwölbung oder die Flügeltiefe erhöhen. Dies hat zur Folge, dass entweder ein höherer Maximalauftrieb erzeugt werden kann und so höhere Anstellwinkel möglich sind. Eine drastische Reduzierung des Auftriebs kann aber auch durch eine örtliche Ablösung der Strömung durch Klappen erzeugt werden. Diese sogenannten Spoiler werden als Bremsen oder auch als Stabilisatoren verwendet, denn bei transsonischer Strömung wirken an den Flügeln asymmetrische Druckkräfte, so dass die Flügel deformiert werden und die Effektivität der Querruder dadurch eingeschränkt ist (Interferenzwiderstand). Einseitiges Ausschlagen der Spoiler stellt die Effektivität der Querruder sicher und stabilisiert zugleich das Flugzeug.

Bedingungen für stationären Flug

Damit ein Flugzeug stationär in der Horizontalbewegung fliegen kann, müssen bestimmte Bedingungen erfüllt sein:

1. Die Summe aus Gewicht- (F_G), Schub- (F_S), Widerstand- (F_W) und Auftriebskraft (F_A) ist Null. Falls die Bedingung erfüllt ist, sind die Kräftepaare (F_A und F_G sowie F_W und F_S) betragsmäßig gleich groß.
2. Um den Flugzeugschwerpunkt ist der Momentenvektor Null, damit das Flugzeug nicht rotiert.

Quellen

- Joachim Scheiderer – „Angewandte Flugleistungen“, S.97-143 Springer Verlag
- Rudolph Brockhaus, Wolfgang Alles, Robert Luckner – „Flugregelung“, S.23-59 Springer Verlag
- Abbildung 1 und 2: Dieter Meschede – „Gerthsen Physik 24. überarbeitete Auflage“, Springer Verlag, 2010

4.9 Flugzeugtriebwerke

Stefan Tauchnitz
Betreuer: Jan Fotakis

Wie viele Antriebsarten beruht der Flugzeugantrieb auf der Impulserhaltung, die auf dem 3. Newtonschen Axiom (*Actio = Reactio*) beruht. Luft wird entgegen der Flugrichtung beschleunigt. Das führt nach Bernoulli zu einem Druckunterschied zwischen dem Lufteinlass und der Schubdüse am Ende des Triebwerks. Dieser Druckunterschied führt zum Schub.

Die Idee, durch die Beschleunigung von Luftmassen Schub zu erzeugen, ist schon seit dem 17. Jahrhundert ein bekanntes Prinzip, jedoch wurden leistungsfähige Triebwerke erst durch verbesserte Materialien wirtschaftlich rentabel. Seitdem wurden die Technologien stetig verbessert. Alle Komponenten des Triebwerkes sind in ihren Eigenschaften und ihrer Funktionsweise auf die Anforderungen im Luftfahrtbetrieb angepasst. Diese Anforderungen umfassen Temperaturfestigkeit und geringe Dichte, um das Gewicht zu senken. Durch immer neuere und bessere Materialien und Luftkühlung der Turbinenrotorblätter sind mittlerweile Temperaturen um 800°C möglich.

Im Einlauf wird die eingesaugte Luft verlangsamt, bevor sie im anliegenden Verdichter auf das hohe Druckniveau der Brennkammer gebracht wird. Bei der Verbrennung des Kerosin-Luft-Gemisches

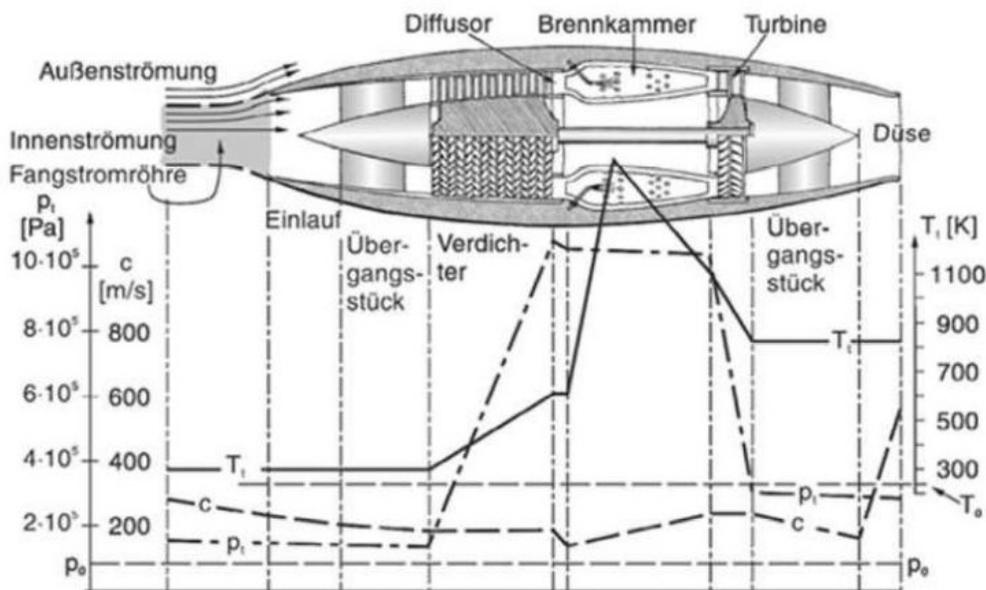


Abbildung 1: Querschnitt eines Flugzeugtriebwerks mit Verläufen der Temperatur T_t , Kammerdruck p_t und Strömungsgeschwindigkeit der Luft c innerhalb des Triebwerks

steigt der Druck und die Temperatur in der Kammer auf ein Maximum. Je höher die Temperatur und der Druck sind, desto höher ist die kinetische Energie des Gases, und desto effizienter ist das Triebwerk. Die darauf folgende Turbine nimmt rund $2/3$ der kinetischen Energie wieder auf, um damit den Verdichter zu betreiben, welcher durch eine starre Achse mit der Turbine verbunden ist. Die letzte Komponente, die (Schub-)Düse, ist für ein möglichst verlustfreies Verlassen der Abgase verantwortlich. Hier wird die Geschwindigkeit der Strömung durch die Verringerung der Querschnittsfläche gesteigert. So werden turbulente Strömungen direkt hinter dem Triebwerk und das Einsaugen von Außenluft ins Triebwerksinnere, was zum Bremsen führt, verhindert.

Den Schub des Triebwerkes lässt sich durch das physikalische Phänomen der Impulserhaltung erklären. Durch die Erhöhung der Geschwindigkeit des Gases im Triebwerk steigt der Impuls der Abgase. Durch die Impulserhaltung muss daher auch ein Gegenimpuls auf das Flugzeug abgegeben werden, welcher dem Flugzeug Schub gibt. Äquivalent dazu ist, dass das Triebwerk durch die oben erwähnte Druckdifferenz geschoben wird. Der im Triebwerk ablaufende thermodynamische Kreisprozess lässt sich durch einen Joule-Kreisprozess annähern. In diesem Prozess wird Wärmeenergie in Hubarbeit umgewandelt. Dies äußert sich am Triebwerk durch die oben beschriebene Schubkraft. Der erste Schritt des Prozesses (in Abbildung 2: von Punkt 1 zu Punkt 2) ist eine isentrope Kompression im Verdichter, das heißt, dass die Entropie als einzige Zustandsgröße des Gases konstant bleibt. Die Entropie eines Systems beschreibt, wie geordnet (geringe Entropie) oder ungeordnet (hohe Entropie) seine Teilchen sind. Alle Körper streben nach einer möglichst hohen Entropie, d.h. einen möglichst ungeordneten Zustand. Im zweiten Prozessschritt folgt eine isobare Wärmezufuhr, welche in unserem Fall die Verbrennung in der Brennkammer ist. Bei ihr bleibt der Druck in der Kammer konstant, da diese nach hinten geöffnet ist und der bei der Expansion des Gases zusätzlich entstehende Überdruck somit entweichen kann. Der dritte Schritt ist die isentrope Expansion in der Turbine, dabei expandiert das Abgas bei konstanter Entropie und leistet Arbeit an der Turbine. Der letzte Schritt des Kreisprozesses, ist die isobare Wärmeabfuhr. Diese findet nicht mehr im Triebwerk statt, sondern nachdem die Abgase das Triebwerk

schon verlassen haben. Es handelt sich beim Triebwerk um einen irreversiblen Kreisprozess, da immer neue Luft verwendet wird, und die in den Zustandsänderungen 1-2 und 3-4 ablaufende Prozesse irreversibel sind. Die Innenfläche des Druck-/Volumendiagrammes stellt die (aus chemischer in kinetische) auf das Triebwerk überführte Energie (Hubarbeit) dar. Die Erzeugung einer Schubkraft lässt sich also durch den thermodynamischen Kreisprozess beschreiben.

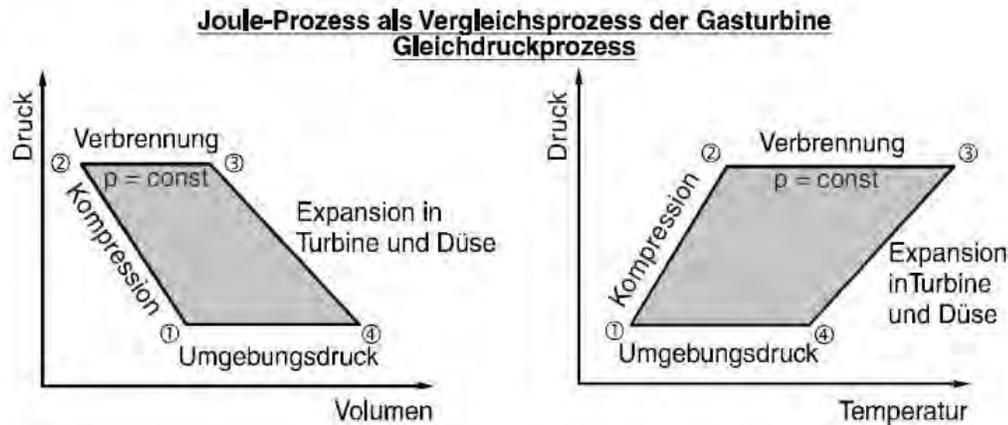


Abbildung 2: Prozessdiagramm ausgewählter Zustandsgrößen in Abhängigkeit voneinander

Quellen

- Willy J.G. Bräunling – „Flugzeugtriebwerke“, 3. Auflage, Springer-Verlag (2009)
- <http://de.wikipedia.org/wiki/Joule-Kreisprozess> (02.09.2014)

4.10 Bahnmechanik

Leon Vack
Betreuer: Jan Fotakis

Die Kepler'schen Gesetze

Die drei Kepler'schen Gesetze sind Zusammenhänge, die Johannes Kepler aus den Beobachtungen von Tycho-Brahe über Planetenbewegungen schloss. Aus ihnen leitete Newton die Axiome der klassischen Mechanik ab. Die Gesetze lauten:

1. Die Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen, in deren gemeinsamen Brennpunkt die Sonne steht. Abhängig von der Energie, können Massen sich anstatt auf Ellipsen auch auf anderen Kegelschnitten bewegen. Also auf Kreisen, Parabeln und Hyperbeln.
2. Ein von der Sonne zum Planeten gezogener Fahrstrahl überstreicht in gleichen Zeiten gleiche Flächen. Je näher der Planet an der Sonne ist, umso schneller muss seine Bahngeschwindigkeit sein, damit der Fahrstrahl in der gleichen Zeit, die gleiche Fläche überstreichen kann.
3. Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich zueinander, wie die dritte Potenz der großen Bahnhalbachse. Dies bedeutet, dass eine viermal größere Bahnhalbachse, einer achtmal größeren Umlaufzeit ($\sqrt{4^3} = 8$) entspricht. Die große Bahnhalbachse ist die Strecke vom Mittelpunkt zum weit entferntesten Punkt auf der Ellipse.

Das Newton'sches Gravitationsgesetz

Mithilfe des Newton'schen Gravitationsgesetzes lässt sich die Kraft, die zwei Massen durch die Gravitation aufeinander ausüben, leicht berechnen. Für die Gravitationskraft F_G gilt:

$$\vec{F}_G = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r^2} \frac{\vec{r}}{r} \quad (1)$$

Dabei sind m_1 und m_2 die Masse der beiden Körper und r ihr Abstand zueinander. \vec{r} ist ein Vektor, der von der einen zur anderen Masse zeigt und die Länge r hat. γ heißt Gravitationskonstante. Sie ist die Naturkonstante mit der größten relativen Ungenauigkeit, was an der geringen Größe der Gravitation liegt und besitzt den Wert $\gamma \approx 6.673 \cdot 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$.

Vis-Viva-Gleichung

Die Vis-Viva-Gleichung gilt für Trabanten mit einer kleinen Masse gegenüber der Zentralmasse. Sie beschreibt die Bahngeschwindigkeit v des Trabanten in Abhängigkeit zur Zentralmasse M , der großen Halbachse a und r , dem Abstand des Trabanten zur Zentralmasse. Die Gleichung folgt aus dem Newton'schen Gravitationsgesetz, den Kepler'schen Gesetzen und der Energieerhaltung und lautet somit:

$$v^2 = \gamma M \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right) \quad (2)$$

Anwendung

1. Die Mindestbahngeschwindigkeit, für einen (kreisförmigen) Orbit um die Erde, heißt erste kosmische Geschwindigkeit und beträgt ca. 7.91 km/s. Das entspricht einer Umlaufzeit von etwa 90 Minuten.

$$r = a = r_E \Rightarrow v^2 = \gamma M_E \frac{1}{r_E} \quad (3)$$

$$v = \sqrt{\gamma M_E \frac{1}{r_E}} \quad (4)$$

a - Große Bahnhalbachse, r_E - Radius der Erde, M_E - Masse der Erde

2. Diejenige Geschwindigkeit, die nötig ist, um dem Gravitationsfeld der Erde zu entkommen, beträgt ca. 11.2 km/s. Sie heißt zweite kosmische Geschwindigkeit. Denn es gilt:

$$r = r_E; a \rightarrow \infty \Rightarrow v^2 \rightarrow \gamma M_E \frac{2}{r_E} \quad (5)$$

$$v = \sqrt{\gamma M_E \frac{2}{r_E}} \quad (6)$$

3. Analog zu der zweiten kosmischen Geschwindigkeit, beschreibt die Dritte, die notwendige Geschwindigkeit, um dem Gravitationsfeld der Sonne zu entkommen. Sie liegt bei etwa 42.1 km/s.

Exemplarische Herleitung

Im Folgenden wird gezeigt, dass das 2. Kepler'sche Gesetz aus den Newton'schen Axiomen folgt: \vec{L} heißt Drehimpuls. Er ist definiert als:

$$\vec{L} := \vec{r} \times \vec{p}$$

Für das Drehmoment \vec{M} folgt bei Planetenbewegungen:

$$\vec{M} := \frac{d}{dt} \vec{L} = \vec{r} \times \vec{F}_G = -\gamma \frac{m_1 m_2}{r^3} (\vec{r} \times \vec{r}) = 0,$$

da $\vec{r} \times \vec{r} = 0$. Somit gilt die Drehimpulserhaltung:

$$\vec{L} = \text{const.}$$

Für den Drehimpuls gilt:

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{p} = \vec{r} \times (m\dot{\vec{r}})$$

Transformation in Zylinderkoordinaten liefert:

$$\begin{aligned} \dot{\vec{r}} &= \dot{r} \vec{e}_r + r \dot{\theta} \vec{e}_\theta \\ \vec{L} &= \vec{r} \times (\dot{r}(\vec{r} \times \vec{e}_r) + r \dot{\theta}(\vec{r} \times \vec{e}_\theta)) \end{aligned}$$

Wegen $\vec{r} \times \vec{e}_r = 0$ und $\vec{r} \times \vec{e}_\theta = r \cdot \vec{e}_r \times \vec{e}_\theta$ folgt:

$$\vec{L} = mr^2 \dot{\theta} (\vec{e}_r \times \vec{e}_\theta) = r^2 \dot{\theta} m \vec{e}_z = \text{const.}$$

Wir definieren den spezifischen Drehimpuls h als:

$$\begin{aligned} h &:= \frac{L}{m} = r^2 \dot{\theta} = \frac{2dA}{dt} \text{ mit } dA = \frac{1}{2} ds \cdot r = \frac{1}{2} r d\theta \cdot r = \frac{1}{2} d\theta \cdot r^2 \\ &\Rightarrow \frac{dA}{dt} = \frac{h}{2} = \text{const.} \end{aligned}$$

$\frac{dA}{dt} = \text{const.}$ entspricht dem 2. Kepler'schen Gesetz.

Quellen

- E. Messerschid, S. Fasoulas - „Raumfahrtssysteme“, 4. Auflage Springer-Verlag (2011)

5 Kurs Musikwissenschaften

Das imaginäre Museum der Musik – Zur Konzeption des musikalischen Kunstwerks

Spezifisch für das musikalische Kunstwerk ist, dass es zu seiner vollgültigen Realisierung nicht nur eines Rezipienten, sondern auch eines Ausführenden bzw. Interpreten bedarf. Und spezifisch ist gleichfalls, dass nach seiner Aufführung nichts von ihm übrig bleibt als die Erinnerung sowie der Notentext, der eben nicht das vollgültige Kunstwerk darstellt.

Wurden in der Angewiesenheit auf Aufführung sowie in der Zeitstruktur der Musik bis zum „performative turn“ der Künste vor allem nur Nachteile gesehen, so bildete sich seit dem frühen 19. Jahrhundert dennoch ein „imaginäres Museum“ musikalischer Werke heraus. Je länger das „Museum“ besteht, zeichnen sich nun aber auch umso klarer Schwächen und Stärken des musikalischen Werk-Konzeptes ab.

Folgende Themen kommen zur Sprache: Raumkunst und Zeitkunst – Komponist, Interpret, Rezipient: Wer hat das Sagen? – Notentext und musikalisches Werk – Beethoven und das imaginäre Museum der Musik – Was ist der Inhalt der Musik: Ausdruck von Gefühlen oder „tönend bewegte Formen“? – Fantasieren, Kolorieren, Variieren: Alternativen zum Werkkonzept – Das musikalische Werk nach dem „performative turn“ – Bach forever?

Kursleitung

Prof. Dr. Heinz von Loesch, Professor an der Technischen Universität Berlin, Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Berliner Musikinstrumenten-Museum

Saskia Quené, Philosophie und Kunstgeschichte an der Humboldt-Universität zu Berlin, Projektmanagerin für das Solistenensemble Kaleidoskop, Cellistin

5.1 Was ist das musikalische Werk? – Raumkunst und Zeitkunst

Heinz von Loesch, Saskia Quené

Obwohl die Betrachtung einer Kathedrale Zeit benötigt und Musik im Raum erklingt, gilt die Architektur als Inbegriff der Raumkünste, Musik als Inbegriff der Zeitkünste. Was ist mit der im *Laokoon* von Gotthold Ephraim Lessing beschriebenen, aber auch schon in der sogenannten Paragone-Literatur („Wettstreit der Künste“) vorausgesetzten Dichotomie von Raumkunst und Zeitkunst gemeint?

In der ersten Seminarsitzung haben wir nach einem virtuellen Rundgang durch die Mezquita von Córdoba und dem Anhören des 1. Satzes von Ludwig van Beethovens *Mondscheinsonate* auf die Frage eine Antwort zu geben versucht. Natürlich bedarf auch die Betrachtung eines Raumkunstwerkes der Zeit, doch ist die Zeit gewissermaßen „frei“. Man kann langsam und schnell gehen, das Tempo je nach Belieben verändern und stehenbleiben, man kann eigenmächtig die Richtung bestimmen und sogar umkehren. Und am Ende der Betrachtung steht das Raumkunstwerk so da wie zuvor. Wir verlassen es, aber es „ist“ noch. All das ist bei der Musik anders. Wenn ein musikalisches Kunstwerk zu erklingen beginnt, dann ist es in sehr viel höherem Maße der Zeit unterworfen. Man kann es bis zu einem gewissen Grade zwar langsamer und schneller spielen, nie kann man es aber schneller oder langsamer hören, nie kann man in ihm so etwas wie die Richtung ändern oder es gar rückwärts genießen. Täte man es, so verlöre es seinen Sinn. Und am Ende, wenn es verklungen ist, ist es vorbei, es bleibt nichts außer dem Notentext, der ja nicht das eigentliche musikalische Kunstwerk darstellt.

In der zweiten Hälfte der Seminarsitzung haben wir eine Reihe von Aussagen über Musik von Augustinus bis Igor Strawinsky betrachtet. Bemerkenswerterweise wurde der Musik bis ins frühe 18. Jahrhundert die Fähigkeit abgesprochen, bleibende Werke zu schaffen, während wir heute ganz selbstverständlich davon überzeugt sind, dass es solche Werke gibt: die *Matthäuspassion* von Johann Sebastian Bach, die 9. Symphonie von Ludwig van Beethoven usw. Womit kann die unterschiedliche Einschätzung früherer und heutiger Zeiten zusammenhängen? Mit der Möglichkeit der schriftlichen Fixierung von Musik (seit dem 12. Jahrhundert)? Mit der Möglichkeit ihrer Verbreitung im Druck (seit dem 16. Jahrhundert)? Mit der Herausbildung eines öffentlichen Konzertwesens, das die wiederholte Aufführung eines „Kanons von Meisterwerken“ garantiert, der Einrichtung eines „musée imaginaire de la musique“ (seit dem 18. Jahrhundert)?

Literatur

- Wilhelm SEIDEL: *Werk und Werkbegriff in der Musikgeschichte*, Darmstadt 1987, S. IX-XIII u. 1-3.

5.2 Komponist – Interpret – Rezipient: Wer hat das Sagen?

Heinz von Loesch

Autoren und Rezipienten gibt es in allen Kunstformen – eines Interpreten bedürfen nur die sogenannten darstellenden Künste. Unter ihnen nimmt die Musik wiederum eine Sonderstellung ein, als die lesende Rezeption eines Schauspiels durchaus möglich und verbreitet ist, die einer musikalischen Partitur dagegen kaum. Das heißt: Musik ist mehr als jede andere Kunstform auf einen Mittler, einen Interpreten, angewiesen.

Was aber genau ist dessen Aufgabe? Die Antwort auf die Frage ist ähnlich verwickelt wie die Geschichte des Begriffs der musikalischen Interpretation. Er hat sich erst am Ende des 19. Jahrhunderts herausgebildet. Zuvor war die Rede von Aufführung, Ausführung, Vortrag, Wiedergabe und Reproduktion – oder aber von Virtuosität. Lässt der letztgenannte Begriff an einen selbtherrlichen Umgang mit musikalischen Werken denken, so alle vorhergenannten eher an einen mechanischen nach Maßgabe der Kriterien richtig und falsch.

An den zugleich werkorientierten wie (nach-)schöpferischen Vorgang, als den wir heute musikalische Reproduktion begreifen, lässt erst der Interpretationsbegriff denken. Seine Herausbildung im Laufe des 19. Jahrhunderts steht in Wechselwirkung mit der Entstehung eines „Kanons von Meisterwerken“ im „imaginären Museum der Musik“. Erst die wiederholte Aufführung ein und derselben Werke machte Interpretation im eigentlichen Sinne möglich und nötig. Solange man Werke nicht kennt, kann man auch ihre individuelle Lesart nicht ermessen, sobald Werke aber wieder und wieder aufgeführt werden, bedarf es individueller Lesarten, um die Werke am Leben zu halten.

Literatur

- Hermann DANUSER: *Art. „Interpretation“* MGG (1996).

5.3 Interpretationsvergleich

Antonius Nies

Betreuer: René Schoenherr

Thema der Sitzung war der analytische Vergleich zweier Aufnahmen von Beethovens 9. Symphonie. Ziel war es, anhand der Unterschiede die Freiheiten eines Interpretieren herauszuarbeiten. Eine Aufnahme war der Live-Mitschnitt eines Konzertes der *Münchener Philharmoniker* aus dem Jahre 1989 unter der Leitung von Sergiu Celibidache (1912-1996), dem angesehenen Dirigenten vieler „traditioneller“ Orchester. Die andere war eine Studioproduktion mit dem Dirigenten John Eliot Gardiner (*1943), einem Vertreter der Historischen Aufführungspraxis, und dem von ihm gegründeten *Orchestre Révolutionnaire et Romantique* von 1992. Dabei lag der Schwerpunkt vor allem auf dem ersten Satz mit der Tempobezeichnung „Allegro ma non troppo, un poco maestoso“.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Gestus des Stückes bei Celibidache majestätisch und erhaben ist, bei Gardiner dramatisch und aufbrausend. Diese großen Wirkungsunterschiede sind auf verschiedenen Parametern begründet. Als erstes fällt auf, dass Gardiners Aufnahme wesentlich schneller ist als die von Celibidache. Gardiner versucht nämlich, Beethovens – umstrittene – sehr rasche Metronomangaben zu realisieren und erlaubt sich nur wenig Tempofreiheit im Detail. Celibidache dagegen wählt ein sehr langsames Tempo, verbunden mit freier Agogik, was mit seinen philosophischen Anschauungen zusammenhängt. Mit diesen haben wir uns detailliert in der Sitzung *Über musikalische Phänomenologie II* beschäftigt. Celibidaches Aufnahme dauert achtzehn Minuten, die von Gardiner nur zwölf. Außerdem zeichnet sich Gardiners Aufnahme durch eine große dynamische Bandbreite und prägnante Artikulation aus, während Celibidache eher auf eine differenzierte Binnendynamik achtet.

Eine weitere Auffälligkeit sind die großen Unterschiede in der Klanglichkeit. Sie beruhen vor allem auf Aspekten der Historischen Aufführungspraxis: Gardiner verwendet Nachbauten historischer Instrumente, wie z. B. Blechblasinstrumente ohne Ventile und Streichinstrumente mit Darmsaitenbespannung, die trotz der tiefen historischen Stimmung von 434 Hz einen hellen, da obertonreichen, Klang erzeugen. Die *Münchener Philharmoniker* unter Celibidache hingegen sind ein „traditionelles“ Orchester und spielen auf Instrumenten des 20. Jahrhunderts in der am Ende des Jahrhunderts üblichen 442-Hz-Stimmung. Gardiner unterstützt die durch die historischen Instrumente entstehende Klangdurchsichtigkeit des Orchesters, während Celibidache stattdessen versucht, alle Instrumente zu einem Gesamtklang zu verbinden.

Aus all diesen Parametern ergibt sich eine große Zahl an unterschiedlichen Interpretationsmöglichkeiten, die weitgehend unterschiedliche Wirkungen hervorrufen können. Zum Schluss stellt sich allerdings die Frage der künstlerischen Legitimität beider Aufnahmen. Für Gardiner spricht zunächst einmal der historisch authentische Zugang: der Versuch, die Symphonie genauso zu spielen, wie sie zu Beethovens Zeiten aufgeführt wurde. Celibidache ist hingegen der Überzeugung, dass sich aufgrund der Komplexität der Symphonie ein deutlich langsames Tempo eignen würde. Er setzt sich über die Metronomangaben Beethovens hinweg und begründet dies u.a. mit der Tatsache, dass Beethoven sich, aufgrund seiner Taubheit, seine Tempi lediglich vorstellen konnte.

Gibt es überhaupt ein „wahres“ Tempo für die Aufführung eines Musikstückes, wie Celibidache meint? Einerseits glaube ich, dass sich für jeden Zuhörer und für jedes Musikstück ein ideales Tempo finden lässt. Auch die sehr langsamen Tempi Celibidaches haben bekanntlich großen Zuspruch gefunden. Ich selbst bevorzuge jedoch eher die Tempi Gardiners und bin auch nicht der Meinung, dass die Komplexität einer Komposition ein Indiz sein sollte für das Tempo in dem es zur Aufführung gebracht wird. Indes ist anzunehmen, dass man gerade Celibidaches Interpretationen im Konzert selbst erleben muss, um ihnen gerechtfertigterweise ein Urteil entgegengesetzten zu können. Nicht umsonst hat Celibidache in Einklang mit seinen Überzeugungen in letzten Lebensjahren keine CDs mehr aufgenommen.

Quellen

- Ludwig van BEETHOVEN: Symphonie No. 9, *Münchener Philharmoniker*, Sergiu Celibidache, CD EMI Classics 2003.
- Ludwig van BEETHOVEN: 9 Symphonien, *Orchestre Révolutionnaire et Romantique*, John Eliot Gardiner, CD Deutsche Grammophon 2010.

5.4 Über musikalische Phänomenologie I

Saskia Löschner
Betreuerin: Maria Gable

Die zentrale Frage, die Edmund Husserl in den hier besprochenen Textausschnitten aus den *Vorlesungen über die Phänomenologie des inneren Zeitbewusstseins* stellt, ist die Frage nach dem Zusammenhang zwischen dem musikalischen Erlebnis und dem Phänomen der Zeitlichkeit. Husserl betrachtet dabei sowohl die erklingende Musik als auch die Zeit in ihrem immer subjektiven Verlauf als wahrzunehmende Phänomene.

Husserl geht ferner davon aus, dass ein Reiz, d.h. ein über die Sinne wahrzunehmendes Phänomen, im Bewusstsein modifiziert wird und dabei als Assoziation nachklingt. Aufgrund dieser Assoziationen, die sich entweder im Moment der Erinnerung oder im Moment der Erwartung eines nächsten Tones erfahren lassen, können wir Melodien „hören“. Wäre unser Bewusstsein nicht in der Lage, Assoziationen herzustellen, würden wir entweder nur einzelne Töne wahrnehmen oder – wenn alle Reize gleichzeitig in unserem Kopf als Echo nachklängen – einen einzigen dissonanten Akkord. Somit ist der Ton, den wir in der vermeintlichen Gegenwart wahrnehmen, auch als Erfüllung einer Erwartung, der „Protention“ zu verstehen, so wie die Erinnerung, die „Retention“ als Voraussetzung für das „Hören“ einer Abfolge von Tönen als Melodie zu verstehen ist.

Alles was Gegenwart ist, war somit Zukunft und wird zur Vergangenheit, während sich die „Urimpression“ des Reizes an sich gar nicht so einfach im Bewusstsein wahrnehmen lässt. Sobald ein Reiz im Bewusstsein angekommen ist, muss dieser als „Retention“ bezeichnet werden. Für uns ergab sich daraus die Frage, ob Vergangenes „real“ sein kann, da auf der einen Seite das Geschehen längst nicht mehr „da“ ist, wir uns aber trotzdem an das Geschehene erinnern und wir es immer wieder in unserem Kopf abrufen können. Nach Husserl kann die Erinnerung weiterhin auf uns einwirken und zum Beispiel mit neuen Assoziationen verknüpft werden. Somit wird die Erinnerung selbst wieder zum Phänomen der Wahrnehmung und ist somit „real“.

Folgt man diesem Argument, müsste es möglich sein sich an alle Reize, die von ursprüngliche Assoziationen modifiziert wurden, zu erinnern. Da wir jedoch die Erfahrung machen, ab und zu auch zu vergessen, führt Husserl unterschiedliche Kategorien von Reizen ein: Nicht alle Reize haben die gleiche Intensität. Geht man davon aus, dass die Intensität mancher Reize mit der Zeit sogar noch abnimmt, und diese somit nicht mehr mit neuen Reizen verknüpft werden können, wird ein Vergessen möglich.

All das, was wir wahrnehmen, ist subjektiv. Gleichzeitig kann laut phänomenologischer Tradition nur das, was wir wahrnehmen, „real“ sein. Daraus folgt, dass auch die „Realität“ subjektiv ist und niemals für alle gleich sein kann. Überträgt man diese Erkenntnis auf den bisherigen Verlauf des Kurses, hieße das auch, dass der Interpretationsvergleich, den wir in der dritten Sitzung anhand Beethovens 9. Symphonie und den Interpretationen von Sergiu Celibidache und John Eliot Gardiner durchgeführt haben, nur sehr schwer legitimiert werden kann. Wie lässt sich überhaupt über Musik sprechen, wenn wir Musik so unterschiedlich wahrnehmen?

In welcher Weise sich die Wahrnehmungen bestimmter Phänomene für den einzelnen Hörer unterscheiden, interessiert Husserl und interessiert auch uns zumindest in phänomenologischer Sicht nicht. Die Beschäftigung mit Husserls philosophischer Theorie hat uns vor allem gezeigt, dass sich die Tatsache, dass das Hören – d.h. auch das Hören von Melodien und Musik – immer ein subjektives Ereignis ist, auch mit Husserl theoretisch begründen lässt.

Literatur

- Edmund HUSSERL: *Vorlesungen über die Phänomenologie des inneren Zeitbewusstseins* (1905), hrsg. von Martin HEIDEGGER, Halle 1928, S. 1-3 und 8-16.

5.5 Über musikalische Phänomenologie II

Anna-Sophie Schmidt
Betreuer: René Schoenherr

Sergiu Celibidache, einer der einflussreichsten Dirigenten des 20. Jahrhunderts, profilierte sich durch die Übertragung philosophischer Theorien auf die musikalische Praxis und erregte damit einiges Aufsehen. Ziel dieser Sitzung war die Rekonstruktion dieser Theorien auf Grundlage seines Vortrags *Über musikalische Phänomenologie*, um die Basis für eine argumentative Bewertung zu schaffen.

Celibidaches geht wie Edmund Husserl davon aus, dass nur die wahrzunehmenden Phänomene als gegeben angesehen werden können. Somit stellt Celibidache die Frage, wie sich Töne und Klänge auf die menschliche Wahrnehmung auswirken. Physikalisch gesehen ist Klang Bewegung. Z. B. durch das Anschlagen einer Saite werden Luftteilchen in Schwingung versetzt, die sich dann wellenförmig im Raum ausbreiten. Eine solche Schwingung nennen wir Ton. Dabei kommen solch isolierte Töne in der Natur gar nicht vor, stattdessen entstehen stets Klänge, die immer aus einer Summe von Schwingungen gebildet werden, die zu einem Ganzen verschmelzen. Die Vielfalt der im Klang enthaltenen Töne entsteht durch Ein- und Ausschwing-Vorgänge nach dem Gesetz der trägen Masse und folgt einem klaren Schema: Nach dem Grundton entstehen zeitlich versetzt in vorgegebenen Intervallen (Oktave, Quinte, Quarte, usw.) seine Obertöne, was dem Klang eine raum-zeitliche Struktur verleiht. Der Grundton wird also immer von den Obertönen, wie von einer „Familie“ begleitet. Dennoch entsteht Musik nicht aus der Klangfamilie eines musikalischen Tons, sondern werden weitere Töne benötigt. Warum das so ist, wird deutlich, wenn man die Wirkung des Klangs auf das menschliche Bewusstsein betrachtet.

Laut Celibidache werden wir täglich mit einer Fülle von Sinneseindrücken konfrontiert. Um diese Vielfalt wahrnehmen zu können, müssen Eindrücke zu Einheiten reduziert werden. Durch die Reduktion kann das Wahrgenommene angeeignet und „transzendiert“ werden, Husserl würde sagen, das Wahrgenommene würde in einen Zustand versetzt werden, der „ursprüngliche Assoziationen“ ermöglicht. Husserl und Celibidache sind sich einig: Nur mit „Protention“ und „Retention“ wird es möglich, im Bewusstsein aus einzelnen Worten einen Satz oder aus einzelnen Tönen Melodien und Phrasen zu bilden. Somit ist jede Wahrnehmung von Musik stets zugleich vergangenheits- und zukunftsorientiert: Ein zweiter Ton wird in Bezug auf den ersten wahrgenommen und ein dritter in Bezug auf die ersten zwei, etc. Dies legt den Schluss nahe, dass es streng genommen keine Wiederholungen in der Musik geben kann. Trotz wiederholender Klänge nimmt der Geist mit jedem Mal etwas Neues wahr, da er es immer mit dem Vorhergegangenen in Beziehung setzt und zu einer größeren Einheit verbindet. Andererseits richtet sich der Geist auch auf zukünftige Klänge. Die Erwartung auf das, was kommen wird, hält den Zuhörer in seinem Bann und kreierte Spannung.

Ein weiterer Aspekt der Wahrnehmung ist das Hören von Verwandtschaften zwischen Klängen. Erzeugen die in Klängen enthaltenen Grund- und Obertöne untereinander starke Dissonanzen, so ist die Opposition dieser Klänge groß. Die Verwandtschaft zweier Klänge wird unter anderem durch Harmonie und Melodie, aber auch durch Dynamik und Tonlage bedingt. Dies ergibt sich daraus, dass die Frequenzen der Obertöne entweder außerhalb des menschlichen Wahrnehmungssektors liegen oder zu leise sind um wahrgenommen werden zu können. In der richtigen Tonlage und Lautstärke können mehr Obertöne wahrgenommen werden, wodurch mehr Kontaktpunkte zwischen den Obertönen geschaffen werden und eine größere Opposition entsteht. Je entfernter die Verwandtschaft, d.h. je größer die Opposition von Klängen ist, desto mehr Zeit braucht der menschliche Geist, um die Klänge reduzieren und transzendieren zu können. Celibidache formuliert: „Zeit ist die Bedingung, bei der die Vielzahl der wahrnehmbaren Informationen des Klangs zu einer Einheit reduziert werden kann.“¹

Da aus dem Notentext eines Stückes die Oppositionen ersichtlich werden, muss es dem aufmerksamen Interpreten also möglich sein, ein optimales Tempo zu bestimmen: Ein Tempo, bei dem ausreichend Zeit ist, die klanglichen Erscheinungen zu reduzieren und zu transzendieren. Diese Ansichten und Schlussfolgerungen Celibidaches in Bezug auf die Phänomenologie Husserls führten uns zur Frage, inwiefern sich philosophische Theorie auf künstlerische Praxis übertragen lässt. Es kristallisierte sich heraus, dass Celibidaches Aussage, für jedes Stück gäbe es nur ein „wahres“ Tempo bzw. eine richtige Interpretation, nicht in Einklang ist mit der phänomenologischen Voraussetzung, dass jede Wahrnehmung subjektiv ist. Darüber hinaus ermöglichte es seine Interpretation der 9. Symphonie von Beethoven nicht jedem, das Stück in Celibidaches Sinne zu „transzendieren“. Die langsamen Tempi würden auch dazu führen, dass die Phrasen „auseinander fallen“, während andere gerade im „großen Bogen“ eine Einheit zu erfahren vermochten.

Quellen

- Sergiu CELIBIDACHE: *Über musikalische Phänomenologie. Ein Vortrag* (1985), Augsburg 2008, S. 7-52.
- Michael NUPEN: *Phänomenologie der Musik. Protokoll eines Gesprächs über das Wesen der Musik mit Sergiu Celibidache*. Fernsehmitschnitt vom 22.06.2007, ZDF Theaterkanal, Mainz 1982.¹

5.6 Beethoven und das imaginäre Museum der Musik I – Konzertstätten

Adalie Ament

Betreuer: Laurin Kapitzki

Eigenständige Konzertsäle, wie sie heute praktisch in jeder größeren Stadt anzutreffen sind, gibt es noch gar nicht so lange. Sie gibt es, seit es auch ein öffentliches Konzertwesen gibt, nämlich seit dem 18. Jahrhundert. Zuvor nahm man für öffentliche Musikdarbietungen andere Räume, die schon existierten: Theater, Kirchen, Hallen in Palästen und anderen größeren Gebäuden, Speiseräume, Kaffeehäuser, Ballsäle sowie Orte unter freiem Himmel wie Plätze, Gärten, Terrassen usw.

Die Räume konnten zuweilen große Zuhörermengen beherbergen, sie konnten schön und angenehm sein, meist entsprachen sie jedoch nicht den akustischen Erfordernissen eines Konzertraumes. Entweder waren sie zu hallig (Kirchen, Hallen) oder zu trocken (Sprechtheater), oder der Klang verflüchtigte sich überhaupt viel zu schnell und nachhaltig (Orte unter freiem Himmel). Musikzimmer, die seit dem ausgehenden 15. Jahrhundert mehr und mehr in Palästen entstanden, erfüllten in erster Linie repräsentative und dekorative Zwecke, achteten dagegen jedoch kaum auf akustische Gegebenheiten.

Konzertsäle im eigentlichen Sinne – die ebenso für öffentliche Aufführungen geeignet sind wie auch auf die akustischen Bedürfnisse eines Konzertes Rücksicht nehmen – gibt es tatsächlich erst seit dem ausgehenden 17. Jahrhundert. Aus dem Jahre 1676 hat sich der Bauplan eines Konzertsaales erhalten, in dem die Zuhörer um die Auftrittfläche der Musiker herum erhöht in Logen sitzen. Der älteste erhaltene Konzertsaal ist der *Holywell Music Room* in Oxford aus den 1740er Jahren. Er wurde 1998 aufwendig restauriert, sodass man eine klare Vorstellung gewinnen kann, wie damalige Konzerträume aussahen: deutlich kleiner als heutige (er bietet 200 Zuhörern Platz), der Platz für die Musiker vom Zuschauerraum abgetrennt und leicht erhöht, die Bestuhlung (Bänke) noch nicht fixiert und frontal zur Bühne aufgestellt, sondern beweglich und die Längswände des Saales entlang platziert. Entscheidend jedoch: Der Saal ist der Form nach ein sogenannter „Schuhkarton“, d. h. rechteckig geschnitten, sodass die Seitenwände den Schall gut reflektieren können.

Die weitere Entwicklung des Konzertsaalbaus besteht vor allem in einer allmählichen Vergrößerung der Säle (bis hin zu den im 20. Jahrhundert üblichen 2000-3000 Plätzen) sowie in der zunehmenden Fixierung (im Einbau) der Zuhörerplätze. Bei dieser Entwicklung griffen ökonomische und ästhetische Faktoren ineinander: Größere Säle und festinstallierte Stühle erlauben eine größere Zuhörerzahl bei optimaler Raumausnutzung; festinstallierte Stühle verhindern lautes Stühlerücken und deren Umstellen nach Maßgabe der Geselligkeit und richten den Blick – und damit hoffentlich auch das Ohr – der Zuhörer auf das Podiumsgeschehen. Im 20. Jahrhundert wurden neben „Schuhkartons“ wiederholt auch amphitheatralisch angelegte Konzertsäle gebaut (z. B. die *Berliner Philharmonie*), sehr oft entstanden aber auch wieder Mehrzweckräume ohne fixe Bestuhlung, um den Saal auch anderweitig gebrauchen zu können. Durch einen ganz einfachen Mechanismus versucht man dabei doch immer, die einzelnen Stühle in langen Reihen sicher zu fixieren. Ein durch akustische Forschungen begleiteter Konzertsaalbau existiert erst seit dem ausgehenden 19. Jahrhundert. Früher baute man Säle, deren Akustik sich als vorteilhaft erwiesen hatte, ganz einfach nach. Im 20. Jahrhundert ist die Akustik von Konzertsälen zwar nicht prinzipiell besser geworden als zuvor, doch gibt es jetzt die Möglichkeit, akustische Schwächen unter verstärktem Einsatz der Klangelektronik gezielt auszugleichen.

Literatur

- Walter SALMEN: „Konzertstätten“, in: Walter SALMEN: *Das Konzert*, München 1988, S. 22-44.

5.7 Beethoven und das imaginäre Museum der Musik II – Repertoire und Kanon

Frauke John

Betreuerin: Mirjam Kehrberger

Am Anfang des öffentlichen „bürgerlichen“ Konzerts in der Mitte des 18. Jahrhunderts stand das sogenannte „Große gemischte Konzert“. „Groß“ war es, weil es lange dauerte und viele verschiedene Personen darin auftraten. Es brauchte gerne 3 bis 4 Stunden und neben bezahlten professionellen Musikern konnte man auch viele nicht-bezahlte Laien oder Dilettanten hören. „Gemischt“ war es in der Zusammenstellung aus instrumentalen und vokalen Werken, großen und kleinen Besetzungen (Orchester neben Soloauftritt), langen und kurzen Stücken (ganzen Symphonien oder Opern neben Liedern oder Miniaturen), anspruchsvoller und leichter Musik (einem Streichquartett von Mozart neben einem Marsch von Suppé). Dabei lag der Akzent vor allem auf zeitgenössischer bzw. neuer Musik. Musik vergangener Zeiten wurde kaum gespielt.

Im Laufe der nächsten 150 bis 200 Jahre verkürzten sich die Programme auf zwei oder sogar nur eineinhalb Stunden, und alles, was zuvor „gemischt“ gewesen war, trat nun auseinander: instrumentale und vokale Besetzungen, große und kleine Besetzungen, anspruchsvolle und leichte Musik (es entstanden die Sparten von E- und U-Musik), und aus großbesetzten Konzerten verschwanden die kurzen Stücke. Statt des „Großen gemischten Konzerts“ veranstaltete man nun Symphoniekonzerte, Chorkonzerte, Streichquartettabende, Klavierabende, Liederabende oder eben Kurkonzerte. Wenn es sich um „richtige“, „ernstzunehmende“ Konzerte handelte, traten in ihnen auch keine Laien mehr auf, sondern ausschließlich professionelle Musiker. Und der Akzent verschob sich vor allem auf die Musik vergangener Jahrhunderte.

Ähnlich wie bei der Entwicklung des Konzertsaalbaus, traten auch hier, bei der Entwicklung der Konzert- und Programmgestaltung, ökonomische und ästhetische Interessen zusammen: das ökonomische Moment der Finanzierbarkeit mit dem ästhetischen der inneren Sammlung und Konzentration. Engagiert man für einen Abend ein ganzes Orchester, so will man nicht auch noch ein Streichquartett, einen Sänger und einen Pianisten bezahlen. Und der Zuhörer kann sich ohnehin am besten besinnen, wenn nicht zu viele verschiedene Genres und Besetzungen durcheinandergehen, sondern er sich nur auf zwei oder drei Klaviersonaten oder auf einen Liederzyklus einzulassen braucht. Ein „richtiges“ Konzert ist ja kein bunter Abend.

Ökonomische und ästhetische Interessen traten aber auch bei der Akzentverlagerung von zeitgenössischer Musik auf die Musik vergangener Zeiten zusammen. Diente der „Kanon an Meisterwerken“, aus dem man sich bei der Wahl von Werken vergangener Zeiten bediente, einerseits der inneren Bildung und Bereicherung – ein gebildeter Mensch muss seine Meisterwerke in- und auswendig kennen und deshalb immer wieder hören –, so verringert er für die Musiker die Zahl an Proben ganz beträchtlich. Kein professionelles Orchester benötigt zu einer kompetenten Realisierung von Beethovens 9. Symphonie annähernd so viele Proben wie es für die Einstudierung eines gleichlangen zeitgenössischen Werkes brauchen würde.

Sehr schön kann man den Übergang vom „Großen gemischten Konzert“ zum Spartenkonzert bei dem berühmten Klaviervirtuosen Franz Liszt (1811-1886) beobachten. Liszt gilt als Begründer des Klavierrecitals, des reinen Klavierabends. Doch wagte auch er den Schritt vom orchesterbegleiteten „großen Konzert“, das seine frühen Jahre prägte, zum Recital nicht ohne Weiteres. Es gab eine längere Phase, in der er zwar auf ein Orchester verzichtete, nicht jedoch auf die Teilnahme noch eines weiteren Musikers, meist einer Sängerin oder eines Sängers, der von ihm begleitet wurde. Und als er 1840 schließlich ganz allein auftrat, da wurde das nicht nur mit Wohlwollen aufgenommen. Man empfand es als Anmaßung. Den maßlosen Ausspruch des Sonnenkönigs paraphrasierend legte man ihm die Worte in den Mund: „Franz Liszt – Le concert c'est moi.“ Die Konzerteinnahmen aber gehörten ihm jetzt tatsächlich ganz allein.

Literatur

- Walter SALMEN: „Programmgestaltungen und Konzertzettel“ und „Symphoniekonzerte“, in: Walter SALMEN: *Das Konzert*, München 1988, S. 77-87 und 114-120.

5.8 Was ist der Inhalt der Musik: Ausdruck von Gefühlen oder „tönend bewegte Formen“

Carolin Richter
Betreuerin: Mirjam Kehrberger

Was ist Zweck und Inhalt der Musik? Im Jahr 1854 veröffentlichte der Musikkritiker und Musikwissenschaftler Eduard Hanslick die Schrift *Vom Musikalisch Schönen*, in der er die provokante und bis heute viel diskutierte These aufstellt, der Inhalt der Musik liege nicht in den Gefühlen, die sie ausdrücke bzw. auslöse. Damit widersprach er einer der am weitesten verbreiteten Annahmen über Musik und löste geradezu einen Sturm der Entrüstung aus.

Musik soll laut Hanslick ausschließlich „Schönes“ darstellen und weder Gefühle erwecken noch ausdrücken. Diese Schönheit müsse man objektiv und werkorientiert bewerten und nicht nur subjektiv an den Gefühlen messen. Hanslick betont, dass Musik zwar auch Gefühle ausdrücke, man diese in einer musikwissenschaftlichen Betrachtung jedoch außen vor lassen müsse. Um die musikalische Schönheit zu beschreiben, nutzt er den bildlichen Vergleich mit einem Kaleidoskop sowie mit einer Arabeske, einem Ornament aus der islamischen Kunst, und bezeichnet den Inhalt der Musik als „tönend bewegte Formen“. Nach Hanslick stehen diese Formen für Melodie, Rhythmik und Harmonik der Musik. Darüber hinaus vergleicht Hanslick die Musik mit anderen Raumkünsten wie der Architektur und der bildenden Kunst und behauptet, dass Gebäude und Bilder auch nicht in erster Linie Gefühle ausdrücken oder erwecken sollten.

Entscheidend für das ästhetische Urteil über die Musik sei vor allem die Phantasie. Hanslick bezeichnet diese als das Auffassungsorgan des „Schönen“. Die Musik wirke auf die Phantasie, durch welche wir das „Schöne“ in der Musik erkennen. Die Phantasie beschreibt er als „Tätigkeit des reinen Schauens [...], ein Schauen mit Verstand“ (S. 41). Dabei hört man die Musik nicht nur, man nutzt gleichzeitig seinen Verstand und beurteilt sie unbewusst. Die Phantasie sei aber auch im Schaffensprozess wichtig. Der Komponist habe eine „musikalische Idee“ (S. 73), welche er dann mit Phantasie umsetze.

Hanslicks Polemik gegen „die verrottete Gefühlsästhetik“ (Vorwort zur ersten Auflage) hat viel Entrüstung hervorgerufen. Einige Kritiker warfen ihm vor, dass er sich zu sehr auf die äußeren Formen beziehe und dabei den Inhalt der Musik vernachlässige, und merkten an, dass der Text einige Widersprüchlichkeiten und Ungenauigkeiten beinhalte. Die vielen Reaktionen auf die Schrift zeigen allerdings auch, dass die Frage, welche Rolle die Gefühle in der Musik spielen, damals wie heute von großer Bedeutung ist.

Um zu untersuchen, wie unter unseren Kursteilnehmern eine spontane Antwort auf diese Frage ausfällt, hatten wir ein Experiment vorbereitet. Ziel sollte es sein, herauszufinden, welche Assoziationen beim Musikhören entstehen. Dazu hatten wir zwei Stücke ausgesucht, die den Kontrast zwischen Gefühlen und „tönend bewegten Formen“ besonders gut repräsentieren könnten. So spielten wir die klar strukturierte Ouvertüre zu W. A. Mozarts *Così fan tutte* und das Vorspiel zum *Siegfried* von Richard Wagner, über dessen „Lehre von der *unendlichen Melodie*, das heißt die zum Prinzip erhobene Formlosigkeit, den gesungenen und gegeisterten Opiumrausch“ (S. 36) Hanslick wenig lobende Worte findet.

Aufgabe war es, die Eindrücke beim Hören durch Worte und Zeichnungen zu Papier zu bringen. Nachdem beide Stücke gehört waren, wurden die entstandenen Bilder bzw. die Erfahrungen beim Schreiben und Malen diskutiert. Das Ergebnis zeigte deutlich, wie oft Gefühle die erste Instanz unseres Wahrnehmens sind, insbesondere bei der Musik von Wagner. Auch in der Abschlussdiskussion plädierte die Gruppe eindeutig für die Wichtigkeit des Gefühlsausdruckes in der Musik. Ob nun aber in einer musikwissenschaftlichen Analyse bei der Beschreibung musikalischer Charaktere Gefühlassoziationen eine Rolle spielen dürfen, bleibt nach wie vor offen.

Quelle und Literatur

- Eduard HANSLICK: *Vom musikalisch Schönen. Ein Beitrag zur Revision der Ästhetik der Tonkunst*, Leipzig 1982 (1854), S. 34-46 und 73-78.
- Werner ABEGG: *Art. „Eduard Hanslick“* MGG (2002).

5.9 Fantasieren – Kolorieren – Variieren: Alternativen zum Werkkonzept I – Corelli

Antonia Kölbl

Unser heutiges Verständnis klassischer Musik geht primär davon aus, dass Werke notengetreu wiedergegeben werden sollen. Schaut man jedoch in die Geschichte der Musik, genauer gesagt: auf die Musik vor 1800, so erweist sich, dass das nicht immer so war. Notentexte wurden vom Interpreten noch in ganz erheblichem Maße verändert und ausgeziert. Das zeigen Gesangs- und Instrumentalschulen, die das unter dem Begriff der Diminution bzw. der willkürlichen Veränderung systematisch lehrten, das zeigt aber auch eine Fülle überlieferter Handschriften von Sängern und Instrumentalisten.

Ein besonders lehrreicher Fall findet sich bei dem italienischen Komponisten und Geiger Arcangelo Corelli. Im Jahre 1700 veröffentlichte er 12 Sonaten, die in den langsamen Sätzen eine ganz einfache, schmucklose Hauptstimme aufweisen. Zehn Jahre später folgte eine Ausgabe, die über der Geigenstimme in einem weiteren Notensystem zeigte, an welche Art Auszierung dieser einfachen Geigenstimme Corelli dachte. Nach 1710 erschienen zahlreiche weitere Auflagen des Werkes, doch alle nur in der ursprünglichen Version. Handschriftlich überliefert ist dagegen eine Fülle von ornamentierten Fassungen durch andere bedeutende Geiger des Jahrhunderts, so etwa von Francesco Geminiani und Giuseppe Tartini.

Der Fall Corelli zeigt zweierlei: Zum einen, was für eine reiche (nach heutigen Vorstellungen: überladene) Auszierung der Autor bei seinem Werke im Sinn hatte. Zum anderen aber auch, dass weder er noch die Verleger noch die Geiger in der Folgezeit seine Ornamentierungen für substantiell oder verbindlich hielten. Die Vorstellung der notengetreuen Wiedergabe einer Autorintention, von der wir heute ausgehen, war der Zeit offenbar ganz fremd: Werke durften vom Interpreten nicht nur verändert werden, sie sollten es sogar.

In der Seminarstunde wurden Textauszüge aus zeitgenössischen Instrumentalschulen (so vor allem aus der Flötenschule von Johann Joachim Quantz von 1752) gelesen sowie verschiedene Auszierungsmöglichkeiten der Sonaten durch den Komponisten und durch andere Geiger des 18. Jahrhunderts betrachtet bzw. angehört. Diskutiert wurde die Frage, wie ein Interpret heute mit den Sonaten umgehen soll: Soll er die Ornamente Corellis oder anderer namhafter Geiger des 18. Jahrhunderts realisieren oder seine eigenen machen? Und wenn er seine eigenen realisiert: Sollen sie im Stile Corellis sein oder in dem des 21. Jahrhunderts? Was Corelli dazu gesagt hätte, ist ungewiss.

Literatur

- Hans ENGEL: *Art. „Diminution“* MGG (1954).
- Cristina URCHUEGUIA: *Arcangelo Corelli. Historisch-kritische Gesamtausgabe der musikalischen Werke*, Band III, Köln 2006, S. 15-17 und 27-29 und 36-37.

5.10 Fantasieren – Kolorieren – Variieren: Alternativen zum Werkkonzept II – Mozart

Antonia Kölbl

In Fortsetzung der vorherigen Sitzung haben wir am Fall Mozart diskutiert, ab wann sich die heutige Vorstellung der notengetreuen Wiedergabe eines Werkes eigentlich durchgesetzt hat. Nach allgemeiner Auffassung war das zur Zeit der Wiener Klassik. Carl Czerny, der Schüler Beethovens und Lehrer Franz Liszts schrieb in seiner Klavierschule op. 500 im Jahre 1839: „Beim Vortrage seiner Werke [der Werke Beethovens], (und überhaupt bei allen klassischen Autoren) darf der Spieler sich durchaus keine Änderung der Composition, keinen Zusatz, keine Abkürzung erlauben“².

Eine genauere Befassung mit den Quellen zeigt indes, dass auch diese Position nicht restlos zu halten ist. Gesangs- und Instrumentalschulen der Mozartzeit (so etwa die Klavierschule von Daniel Gottlob Türk von 1789) zeigen, dass man nach wie vor von einer Ornamentierung der Notentexte durch den Interpreten ausging, wenn auch in erkennbar gemäßigter Form. Und in Werken Mozarts gibt es tatsächlich Stellen, an denen sich die Notwendigkeit einer Ergänzung des Notentextes unabweislich aufdrängt. Dazu zählen zum einen Refrains in Rondosätzen, die völlig unverändert wiederkehren, zum anderen Stellen an Höhepunkten der Virtuosität in Konzertsätzen, wo in der Solostimme plötzlich das brillante Figurenwerk abbricht und nur noch große, lange Notenwerte notiert sind. Und drittens gibt es auch sonst noch eine Reihe sogenannter „kahler“ Stellen, meist in langsamen Sätzen, an denen der Tonsatz in der notierten Form nicht ausreichend erscheint.

In der Seminarsitzung haben wir zunächst Stellen im Mozartschen Werk diskutiert, wo nach einhelliger Auffassung der jüngeren Historischen Aufführungspraxis wie der Mozart-Forschung Töne ergänzt werden müssen. Dabei haben wir jeweils Aufnahmen von Pianisten aus der Zeit von vor dem Zweiten Weltkrieg, als man im Sinne Czernys dachte, dass man sich „bei klassischen Autoren keinen Zusatz der Composition erlauben“ dürfe, mit Aufnahmen aus den letzten Jahren verglichen, die an den entsprechenden Stellen zusätzliche Ornamente und Passagen aufweisen. Und wir haben Notenausgaben der Vorkriegszeit, die die Stellen unornamentiert überliefern, mit denen der Neuen Mozart-Gesamtausgabe verglichen, die an vielen der Stellen ausgezierte Varianten im Kleinstich anführt.

Ausführlicher haben wir dann aber auch Stellen diskutiert, über die bis heute keine Einigkeit in der Frage zusätzlicher Noten besteht, darunter den langsamen Satz des Klavierkonzertes A-Dur KV 488. Der Satz zählt zu den absoluten Ikonen der Mozart-Verehrung, und zwar gerade mit seiner reduzierten, kargen Solostimme. Verglichen haben wir wieder ältere Aufnahmen, die den Satz ohne Zusätze spielen, mit Aufnahmen jüngerer Repräsentanten der Historischen Aufführungspraxis, die eine reich ausgezierte Fassung bieten. Die Neue Mozart-Gesamtausgabe führt zu diesem Satz keine ornamentierten Varianten an, und bemerkenswerterweise herrschte auch unter den Kursteilnehmern die einhellige Auffassung, dass Ergänzungen nicht nötig sind, ja dass der Satz seine poetische Kraft verliert, wenn man ihn mit Figurenwerk belädt.

Doch was sind die sachlichen Kriterien, nach denen man die Frage der Auszierungen bei Mozart beantworten kann? Entscheidend ist zunächst einmal der Überlieferungszusammenhang eines Werkes. Wenn es im Druck erschienen ist, hat Mozart in der Regel bis ins Detail alles ausnotiert. Bei den von uns diskutierten Fällen handelt es sich ausschließlich um Stellen aus Klavierkonzerten, die Mozart nicht zum Druck vorbereitet hat, sondern nur für den eigenen Gebrauch als konzertierender Virtuose vorsah. Jenseits der Frage der Publikation aber gibt es keinen objektiven Indikator – Erfahrungswerte und das eigene ästhetische Werturteil sind das Einzige, auf was man zurückgreifen kann. Wie der Konsens zwischen der Neuen Mozart-Ausgabe und unseren Kursteilnehmern aber zeigt: Sehr oft ist das eigene ästhetische Werturteil gar nicht so weit entfernt von dem anderer.

Literatur

- Carl CZERNY: *Über den richtigen Vortrag der sämtlichen Beethovenschen Klavierwerke nebst Czerny's „Erinnerungen an Beethoven“*, herausgegeben und kommentiert von Paul BADURA-SKODA, Wien 1963, S. 34 [26].²
- Eva und Paul BADURA-SKODA: „Improvisatorische Auszierungen“, in: Eva und Paul BADURA-SKODA: *Mozart-Interpretation*, Wien/Stuttgart 1957, S. 185-197.

5.11 Das musikalische Werk nach dem „performative turn“

Saskia Quené

Technisch perfekte Tonbilddokumentationen ermöglichen es heute, mit der *Digital Concert Hall* der *Berliner Philharmoniker* oder sogar für das Kino große Konzerterlebnisse zu simulieren. Trotzdem bleiben die Abonnementskonzerte ausverkauft, während sich in der freien Musikszene zahlreiche neue Konzertformate herausbilden. Sie entstehen einerseits aus Spannungsverhältnissen, die sich auch aus der Musik- und Konzertgeschichte herleiten lassen, andererseits aus ganz aktuellen Bedingungen und wirtschaftlichen Gegebenheiten. In der Seminarsitzung sammelten wir die Schwierigkeiten, mit denen sich ein Streichensembles des 21. Jahrhunderts konfrontiert sehen könnte und lieferten mögliche Lösungsansätze gleich mit.

Dem Publikumsbedürfnis, immer wieder bestimmte kanonische Werke hören zu wollen, könnten Konzertprogramme entgegengestellt werden, in dem sich Werke des „imaginären Museums“ mit neueren, unbekannteren Kompositionen abwechseln. Auch müsste nicht immer auf die teuren Konzertsäle zurückgegriffen werden: Wie klingt Beethoven in zweckentfremdeter Nutzarchitektur? An unkonventionelleren Orten ließen sich außerdem neue Zielgruppen erschließen. Ist ein junges Publikum heute kaum bereit länger als zwei Stunden unbeweglich einem Konzert zu lauschen, so gäbe es die Möglichkeit eines Wandelkonzertes: In kammermusikalischen Konstellationen ließen sich unterschiedliche Räume gleichzeitig bespielen. Fällt das Konzertprogramm in seiner Abwechslung und Dramaturgie ein bisschen komplexer aus? Lange Texte im Programmheft lassen sich zum Beispiel durch spritzige Konzerteinführungen ersetzen.

Im Anschluss an das Sammeln dieser Ideen schauten wir uns Auszüge aus einem Konzertmitschnitt des *Solistenensembles Kaleidoskop* an. Das Konzert „Mike Tyson“ fand im Rahmen der Reihe „The Sensitive Style“ am 11. Januar 2014 im *Radialsystem* in Berlin statt. Auf dem Programm standen alle sechs Symphonien Carl Philipp Emanuel Bachs (zum 300. Geburtstag des Komponisten), Helmut Lachenmanns (*1935) Streichquartett „Gran Torso“ sowie ein Konzert für Barockorchester, Cembalo und Live-Elektronik von Evan Gardner aus dem Jahre 2013 (Uraufführung). Dabei beobachteten wir, wie sich das Publikum kurz vor der Pause von der Halle in den Saal bewegte, wo man sich für Lachenmanns Streichquartett um ein quadratisches Podest als Boxring gruppierte. In der Konzerteinführung wurde auf das Zitat „My biggest weakness is my sensitivity. I am too sensitive a person“ verwiesen, welches keineswegs von C.P.E. Bach, dem Erfinder oder auch dem „real champion“ des „Empfindsamen Stils“ stammt, sondern von Mike Tyson. Im Programmheft in Hochglanzdruck heißt es: „Wir fühlen mit dir, Mike – mit einem Konzert.“ Helmut Lachenmann kommentiert: „Vielleicht heißt die Brücke vom äußeren Ritual zu jenem Wesentlichen und unsere Verbundenheit Bestimmenden: ‚Empfindung‘ als zentrale Kategorie des Musik-Erlebens, und die Pfeiler dieser Brücke hüben und drüben heißen Empfindsamkeit und Empfindlichkeit.“

Was hätte Eduard Hanslick Helmut Lachenmann geantwortet? Wie hätte Sergiu Celibidache auf die schnellen Tempi des Ensembles reagiert, das auf höchstem Niveau und nach allen Regeln der Historischen Aufführungspraxis musiziert? In der Seminarsitzung diskutierten wir – wie nach einem gemeinsamen Konzertbesuch – wie das, was wir sahen und hörten, auf uns gewirkt hat. Was hat gut funktioniert, was weniger gut? Wie ist das mit den bunten Kostümen und den lustigen Tiersocken? Warum wurde die Bühne wie ein Wohnzimmer eingerichtet? Würden wir uns einen Link zum Konzert-Mitschnitt kaufen? Audio oder Video?

In der Diskussion waren sich in einer Hinsicht alle einig: Das musikalische Werk wirkt immer in seinem Kontext und ist dadurch ausgesprochen wandelbar. Nicht nur Raum und Licht, sondern vor allem auch die Stücke, die einem Werk im Konzertprogramm an die Seite gestellt werden, beeinflussen das Geschehen maßgeblich. Mit dem „performative turn“ fand diese Erkenntnis Eintritt in die Sprachwissenschaft: Der Sprechakt sei als Handlung zu verstehen, die – abhängig vom Kontext, in dem sie angewendet wird – direkt neue Tatsachen schafft. Somit hat der Satz „ich erkläre euch zu Mann und Frau“ in einer Kirche wohl meist eindeutiger Konsequenzen als wenn er sich an zwei Pinguine richtet. Wenn wir Musik in diesem Sinne als Sprechakt oder sprachliche Handlung verstehen wollen, so ist nicht zuletzt der Interpret, d.h. in diesem Falle das *Solistenensemble Kaleidoskop* die Instanz, die sich bewusst um die gewollten Kontexte (Kirche oder Zoo? Wohnzimmer oder Boxing?) bemühen muss.

Quelle und Literatur

- Konzert-Mitschnitt (Video) und Programmheft zum Konzert „Mike Tyson“ des Solistenensembles Kaleidoskop am 11. Januar 2014, 20.00 Uhr im RADIALSYSTEM BERLIN.
- Simone HEILGENDORFF: „Neue Live-Kulturen der westlichen Kunstmusik: Für eine Rezeption musikalischer Interpretationen mit Körper und Ort“, in: Gerhard GENSCHE, Eva Maria STÖCKLER, Peter TSCHMUCK (Hrsg.): *Musikrezeption, Musikdistribution und Musikproduktion. Der Wandel des Wertschöpfungsnetzwerks in der Musikwissenschaft*, Wiesbaden 2008, S. 109-137.

5.12 Bach forever?

Anastasia Reiß
Betreuerin: Maria Gable

Werden die Menschen auch in tausend Jahren noch Bach hören? Im Jahre 1966 schrieb der namhafte Dirigent und Musikwissenschaftler Peter Gülke einen Aufsatz mit dem provokanten Titel *Die Verjäh- rung der Meisterwerke*. Damit widersprach er in den ideologiekritischen Jahren um 1968 einem der am gedankenlosesten hinterfragten Gemeinplätze der bildungsbürgerlichen Musikkultur: der Behauptung von der Unsterblichkeit großer Kunst als Teil des „imaginären Museum der Musik“.

Nach Gülke gibt es musikalische Werke, die uns aufgrund ihrer „Verjäh- rung“ unzugänglich bleiben. Er unterscheidet zwischen historischer und lebendiger Musik: Die historische Musik bleibt uns fremd, wir können keine emotionale Brücke zu ihr aufbauen, sodass sie nur historisch noch von Belang ist. Das, was an ihr einst neu und ungebändigt wirkte, hat sich heute neutralisiert. Im Gegensatz dazu berei- chert die lebendige Musik die Erfahrungen des Zuhörers. Die „Verjäh- rung“ vollzieht sich als Prozess, wobei oftmals nicht der Notentext, sondern die „Materie“, die das Werk an den Zuhörer gelangen lässt, veraltet. Daraus ergibt sich die Frage, ob es möglich ist, über den Einsatz anderer Instrumente, Spiel- weisen und Interpretation, der „Verjäh- rung“ entgegenzuwirken. Gülke beschreibt mehrere Auswege aus diesem Prozess der Versteinerung oder „Verjäh- rung“.

Aktualisierenden Bearbeitungen der Werke aus dem Blickwinkel der zeitgenössischen, neuen Musik, wie sie beispielsweise Anton Webern im Ricercar aus dem *Musikalischen Opfer* von Johann Sebastian Bach vornahm oder Paul Dessau mit dem Es-Dur-Quintett KV 614 von Wolfgang Amadeus Mozart, räumt Gülke die größten Aussichten auf Erfolg ein. Webern würde dem Werk „Sinn-treue“ gewährleisten und die „Idee“ des Komponisten berücksichtigen. Dieser Lösungsansatz hat sich jedoch nicht durchsetzen können, denn ein musikalisches Werk besteht nicht nur aus erzielter Wirkung. Darüber hinaus lässt sich die Wirkung eines Werkes nur subjektiv bestimmen, sodass kein Werk auf nur eine Wirkungsmöglichkeit reduziert werden kann.

Ein ebenso erprobter Lösungsansatz liegt in der Rekonstruktion der damaligen Aufführungsgewohnheiten im Sinne der Historischen Aufführungspraxis. Die Historische Aufführungspraxis fordert stilgetreue Interpretation. Dabei wird das Werk möglichst wie früher vorgetragen, mit historischen Instrumenten werden historische Spieltechniken ausgeübt. Der Interpretationsvergleich in der dritten Sitzung zeigte auf, inwiefern sich die Historische Aufführungspraxis von modernen Spielweisen unterscheidet. Gegen die Historische Aufführungspraxis spricht jedoch, dass sie den historischen Wandel ignorieren würde, die Veränderungen unserer Hörgewohnheiten und unseres musikalischen Verständnisses nicht berücksichtigen kann.

Mit dem Wissen um die Verjähmung der Meisterwerke und den von Gülke gebotenen Lösungsansätzen, kann man die Frage nach Bach in tausend Jahren gründlicher durchleuchten. Für ein Aussterben der Meisterwerke spricht die Theorie der Verjähmung, denn die zuhörende Welt wird sich weiter verändern, sodass emotionale Brücken weiterhin verloren gehen werden. Neukompositionen verfremden die Werke so sehr, dass ihr Bezug zum Originalwerk irgendwann nicht mehr erkennbar ist. Handelt es sich dann noch um die Meisterwerke aus unserem imaginären Museum oder um Neukompositionen? Andererseits ist aufgrund der umfangreichen Bachrezeption seit Mendelssohn bis in das 21. Jahrhundert nicht anzunehmen, dass sich die Liebe zu Bach bald verflüchtigen könnte.

Wie man sehen kann, sprechen für beide Seiten gute Argumente. Ohne Gülke widersprechen zu wollen, muss man mit Blick auf die nun bald schon 50 Jahre Musik- und Interpretationsgeschichte seit der Abfassung seines Aufsatzes allerdings feststellen, dass sich als überaus fruchtbar und erfolgreich vor allem die Historische Aufführungspraxis erwiesen hat. Sie vermochte altbekannte Werke noch einmal ganz neu erscheinen zu lassen – die Kantaten Bachs ebenso wie die Symphonien von Beethoven – und tot geglaubte Repertoires zu neuem Leben zu erwecken: Antonio Salieri, weite Teile des Werkes von Antonio Vivaldi und Joseph Haydn. Womit sich Gülkes Hypothese keineswegs erledigt hat. Vielleicht schlägt gerade jetzt, nachdem die Historische Aufführungspraxis auch in den Abonnementskonzerten heimisch geworden ist, ihre historische Stunde.

Um der Versteinerung dynamisch entgegenwirken zu können, muss meiner Meinung nach ein Kompromiss zwischen Stil- und Sinn-treue gefunden werden, der für jedes Werk neu zu bestimmen ist. Da der „wahre“ Sinn vergangener Werke für uns verschlossen bleibt, müssen wir die Werke immer wieder neu befragen. Über unterschiedlichste Interpretationen kann das veränderliche Wesen der Musik erhalten bleiben und somit ist der Interpret der unverzichtbare Vermittler zwischen Geschichte und Gegenwart.

Literatur

- Peter GÜLKE: „Die Verjähmung der Meisterwerke. Überlegungen zu einer Theorie der musikalischen Interpretation“, in: Peter GÜLKE: *Auftakte – Nachspiele. Studien zur musikalischen Interpretation*, Stuttgart 2006, S. 181-192.

5.13 Schlussdiskussion

Saskia Quené, Heinz von Loesch

Die Diskussionen in jeder einzelnen Sitzung wie auch die Schlussdiskussion zeigten immer wieder die Verwunderung, die sich beim Philosophieren wie bei der Betrachtung von Geschichte einzustellen vermag: welche Annahmen und Voraussetzungen der (heutigen) Wahrnehmung von Kunst und Musik zugrunde liegen, Annahmen, die zwar begründet sein mögen, die aber keineswegs immer und überall geteilt werden oder geteilt worden sind.

Dabei sind es oftmals Details, die einen in Staunen versetzen – Details, über welche die Dokumentationen nicht immer berichten konnten, weshalb wir sie hier im kursorischen Überblick nachtragen: In welchem krassen Umfang sich seriöse Interpretationen ein und desselben Werkes unterscheiden. Welche fundamentalen philosophischen oder erkenntnistheoretischen Einsichten die größten Pultstars zu inspirieren vermögen. Wie Künstler auf dem Podium und noch vielmehr Zuhörer im Saal sich mitunter benahmen und was für Programme man ihnen vorsetzte. Welchen komplexen Hintergrund ein verbreiteter umgangssprachlicher Terminus wie der der „Gefühlsduselei“ haben kann. Mit was für Ornamenten die bedeutendsten Komponisten ihre Werke überhäuft sehen wollten und wie rigide Verfechter des musikalischen Urtextes sogar die Druckfehler mitspielten. Wie junge Ensembles heute zwischen performativen Originalitätsansprüchen, Historischer Aufführungspraxis und moderner Interpretation jonglieren.

Ausdruck verliehen die Schülerinnen und Schüler ihren Wahrnehmungen in einer finalen Präsentation, in der die Dirigenten Sergiu Celibidache und Sir John Eliot Gardiner Mozarts *Kleine Nachtmusik* probten mit einem Orchester, in dem Arcangelo Corelli an der Geige saß, Ludwig van Beethoven an der Altblockflöte, Anton Webern, der Philosoph Edmund Husserl, der Musikkritiker Eduard Hanslick und Frau Mustermann von den *Berliner Philharmonikern* an den Klarinetten, der Physiker Wallace Clement Sabine an der Posaune, Statist Nr. 24 an den Kuhglocken und der antike Universalgelehrte Timoteus Kornblum am Kontrabass. Die Streitgespräche zwischen den Musikern und Dirigenten verfügten über ein Niveau und Witz, dem man nur selten bei einer üblichen Orchesterprobe begegnen dürfte.

6 Geschichtskurs

Mythos (Film) Geschichte

Der Film hat schon lange das Buch als primäre Sozialisationsinstanz für historisches Wissen abgelöst. Dies gilt nicht nur im biographischen Sinne (weil der Konsum von Filmen meist der schulischen Geschichtsvermittlung vorausgeht), sondern auch im quantitativen: Für die meisten Menschen bleiben Historienfilme und TV-Dokumentationen ein Leben lang wichtigste Bezugsquellen für historisches Wissen und Grundlagen für die Ausbildung ihres Geschichtsbewusstseins.

Überraschend ist, wie zögerlich sich Geschichtsdidaktik und Geschichtswissenschaft dem Medium des Films bisher gewidmet haben – dabei sind die Instrumente durchaus schon länger vorhanden: medienwissenschaftliche Methoden der Filmanalyse, strukturanalytische Ansätze der Narratologie (wie in unserem Kurs im letzten Jahr behandelt), theoretisches Rüstzeug aus der Psychologie und Semiotik und vieles mehr...

Im Kurs haben wir uns mit diesen Mitteln einem ausgewählten Aspekt der Thematik genähert: der Beziehung von Mythos und Geschichte und ihre Manifestation im Film. Grundlage waren moderne theoretische Begründungen des Mythosbegriffs, aber den Spuren des Mythischen sind wir vor allem in praktischer Analysearbeit an den Filmen nachgegangen.

Kursleitung

Dr. Peter Gorzolla, Historisches Seminar der Goethe-Universität Frankfurt am Main

Rainer Burkard, M.A. Deutsche Literatur und Geschichte an der Humboldt-Universität zu Berlin

6.1 Barthes

Rainer Burkard

Roland Barthes' „Mythen des Alltag“ von 1955 gelten als Antwort auf Sartres Essay „Was ist Literatur?“, in der dieser zwischen engagierter Literatur und reiner Belletristik unterschieden hatte, die sich mit sich selbst beschäftigt. In seiner radikalen, strukturalistischen Entgegnung mit einer solchen inhaltlichen Bestimmung von Literatur räumt Barthes auf. Für ihn ist jeder Text politisch und schon durch seine Form unvermeidbar tendenziös. Zu einem Mythos, in seinem Verständnis einer bedeutungstragenden und damit wirksamen Struktur eines Textes, können daher selbst Alltagsgegenstände werden wie Plastik, die Locken von Römern im Hollywood-Film oder Brot und Wein, über die Barthes in seinem Band neben dem theoretischen Teil Miniaturen geschrieben hat. Sie alle seien politisch und manipulierten den Rezipienten, weil sie mit einem bestimmten Zweck zur Verschleierung der tatsächlichen Machtverhältnisse beitragen würden. Diese „Moral der Form“ verlangt vom Leser einen allzeit-kritischen Blick für alle deformierenden Verfahren des Mythos.

Statt ein transzendentes Substrat von Kulturen zu sein wie Göttergeschichten einer alten Hochkultur, werden für Barthes deshalb Mythen diskursiv permanent neu verhandelt. Er interessiert sich aber nicht nur als Ideologiekritiker für Mythen, sondern auch als Semiotiker. So bestimmt Barthes in „Mythen des Alltags“, auf de Saussures Analyse eines Wortes zwischen Signifikant und Signifikat aufbauend, den Mythos als ein sekundäres semiologisches System als den kleinsten narrativen Bestandteil einer Kultur. Seine Unterscheidung zwischen Form, Begriff und Bedeutung hilft dem Mythenforscher dabei, die Mythenstruktur näher zu bestimmen. Barthes' Analyseschema ist zugleich auch ein zeitliches: Wird zuerst vom Rezipienten die oberflächliche Aussage eines Mythos, seine Form, gelesen – in seinem Beispiel ein

vor der französischen Trikolore salutierender Schwarzer auf dem Coverfoto einer konservativen Zeitschrift – werde der Zeitgenosse bald das Bemühen erkennen, ein Sinnbild für die Amalgamierungskraft des französischen Empires zu schaffen und den Mythos damit auf den Begriff zu bringen. Diesem Schritt voraus gehe eine Entleerung des ursprünglichen „Sinns“ und eine „Naturalisierung von Geschichte“: Die blutigen französischen Kolonialkriege in Afrika und mit ihnen die Geschichte des europäischen Resentiments gegen andere Ethnien würden darin nicht so sehr ausgeblendet, als vielmehr überschrieben mit der verklärenden Utopie einer pseudo-harmonischen Gesellschaft.

Barthes' Mythenmodell, seine Unterscheidung zwischen einem „rechten“ und einem „linken“ Mythos, besonders aber die Beschreibung von Verfahrensweisen des rechten Mythos, haben sich für unsere Zwecke im Kurs als hilfreich erwiesen – wenn auch als einigermaßen sperrig. Der rechte Mythos versucht für Barthes Aussagen zu Wahrheiten zu machen, sie zu verewigen, indem er sie als selbstverständlich oder natürlich präsentiert. Einige dieser Verfahren haben wir deshalb eingehender diskutiert und als Werkzeuge benutzt, um genauer zu verstehen, wie die von uns gewählten Mythen im Film funktionieren. So arbeiten die meisten rechten Mythen mit der rhetorischen Figur der Tautologie, indem sie denselben Sachverhalt immer wieder umschreiben. Andere rechte Mythen exotisieren das Fremde und halten es sich durch Überzeichnung so vom Leib (etwa Russen zu Marsmenschen machen) oder trivialisieren im Gegenteil das Fremde und machen es sich ähnlich.

Barthes hilft so, den Konstruktionscharakter von Mythen offenzulegen, zugleich lehrt er aber auch, Sprache als arbiträres System von Zeichen zu verstehen, das zunächst so nüchtern wie möglich dechiffriert werden muss. Sein professionelles Misstrauen gegenüber der Produktion von Bedeutung hat sich für die Arbeit an unseren Filmen als besonders fruchtbar erwiesen.

Quellen

- Roland BARTHES: *Mythen des Alltags*, Neudruck [übers. v. Horst Brühmann], 2. Aufl., Berlin 2013 [orig. 1957].

6.2 Filmtechnik & Heldenreise

Peter Gorzolla

Anhand einer detaillierten Analyse der ersten Sequenzen des „13. Kriegers“ (1999) haben wir uns in mit den Grundlagen der Filmtechnik vertraut gemacht, die uns im weiteren Verlauf des Kurses von Nutzen sein würden, v.a. Kamera (Einstellungsgrößen, Perspektiven und Bewegungen) und Montage (Schnitt, Rhythmus und Montagearten), aber auch Mise-en-Scène (hier v.a. Licht und Bild-Ton-Beziehung). Schnell wurde klar, wie sehr die uns vertraute Art des „Sehens“ und „Verstehens“ eines Films und seiner Inhalte ein direktes Produkt dieser Filmtechniken sind. Identifikation von Protagonisten, Fokussierung der Aufmerksamkeit, Stimmungen und Atmosphäre, „intuitives“ Erfassen von Beziehungen zwischen Charakteren, jegliche Emotionalität – all dies wäre ohne diese Techniken nicht oder nur ungleich schwerer zu erreichen. Und wer erst mal begriffen hat, wie solche Effekte beim Zuschauer evoziert werden, geht an die nächsten Filme deutlich aufmerksamer und kritischer heran.

Einen weiteren Zugang zum Verständnis von Spielfilmen gewannen wir durch die Auseinandersetzung mit dem Konzept der „Heldenreise“. Dieses (im Kern strukturalistische) Analysemodell ist vom Drehbuchautor Christopher Vogler auf Grundlage der Arbeit des Mythologen Joseph Campbell ursprünglich als Handreichung zum Verfassen erfolgreicher Drehbücher geschrieben worden. Nichtsdestotrotz ist die Heldenreise heute nicht nur Pflichtlektüre in Hollywood, sondern ebenso für jeden Wissenschaftler, der

sich ernsthaft mit der Analyse von Spielfilmen beschäftigt. Das Modell identifiziert typische und wiederkehrende Strukturelemente, die wir in Tausenden von literarischen oder cineastischen Erzählungen vorfinden können. In den Blick genommen haben wir in der Sitzung v.a. die typischen Entwicklungsphasen der Heldenreise sowie einige Figurenfunktionen im „13. Krieger“. Der Film entpuppte sich dabei als beinahe idealtypische Heldenreise, jedoch mit einigen strukturellen Reduplikationen und Redundanzen – und einer fast vollständigen, versteckten zweiten Heldenreise im Hintergrund, die man erst sieht, wenn man weiß, wonach man suchen muss. Auch diese neugewonnene Analysekompetenz unterstützte also ein aufmerksames und kritisches Betrachten unserer Filmquellen im Kurs.

Quellen und Literatur

- Sabine MOLLER: Movie-Made Historical Consciousness, in: *Geschichte in Wissenschaft und Unterricht* 64 (2013) 7/8, S. 389-404.
- Gerhard TEUSCHER: Filmanalyse, in: *Praxis Geschichte* 5 (2006), S. I-IV.
- *Der 13. Krieger* (1999, Regie: John McTiernan) [orig. *The Thirteenth Warrior*].
- Christopher VOGLER: *Die Odyssee des Drehbuchschreibers. Über die mythologischen Grundmuster des amerikanischen Erfolgskinos*, 6. Aufl., Frankfurt a. M. 2010 [orig. 1992].

6.3 Prometheus

Rainer Burkard

Prometheus, wörtlich übersetzt der Vorausdenkende, ist schon am griechischen Götterhimmel keine ganz gewöhnliche Gestalt. An keiner Figur hat sich unsere Moderne derart entzündet: von Coleridge bis Hughes, von Shelley (der Titel ihres berühmten Buchs heißt vollständig: „Frankenstein oder der moderne Prometheus“) bis Heiner Müller und Ridley Scott. Dabei ist Prometheus älter als die griechischen Götter. Als Titan half er laut Hesiod gegen seine eigene Familie den jungen Göttern um Zeus an die Macht. Nur dankte Göttervater Zeus Prometheus diese Hilfe nicht. Weil Prometheus sich der Menschen erbarmt hatte, für die die neuen Götter nicht viel übrig haben, und ihnen aus dem Olymp das Feuer stiehlt, lässt ihn in der griechischen Mythologie Zeus an einen Felsen schmieden, wo ein Adler ihm an der immer nachwachsenden Leber frisst. Hier setzt Aischylos' Drama ein. Verschiedene Personen, die Prometheus am Felsen besuchen, werfen neues Licht auf diese komplexe Figur.

Während sich der Geschichtskurs mit Geschichts-Mythen beschäftigt hat, die in Filmen reflektiert werden, wollten wir in der ersten inhaltlichen Sitzung eine Figur des griechischen Mythos vorstellen, von der auch das 21. Jahrhundert fasziniert zu werden nicht aufgehört hat.

Zunächst untersuchten wir die erste narrative Darstellung der Neuzeit, ein sogenanntes „canzone“, ein Bild gemalt für eine Hochzeitstruhe Adliger von Piero di Medici 1505. Di Medici modelliert Epimetheus, den Bruder des Prometheus, in der linken Bildhälfte als schwächlichen und ungeschickten Bildhauer, dessen Versuch einen Menschen zu schaffen kläglich scheitert, während in der rechten Bildhälfte sein Bruder Prometheus wohlgefällig Göttin Athene neben ihm auf sein Werk verweist, das Michelangelos „David“ als Vorbild gedient haben könnte: eine strahlende menschliche Statue, den rechten Zeigefinger in die Luft gestreckt und in der Mitte des Bildes platziert, die zum Musterbeispiel des „homo civilis“ wird. Diskutiert wurde im Folgenden über die Instrumentalisierung des Prometheus-Bildes in der Renaissance. Statt des heroischen Verlierers, der am Fels verendet, steht jetzt der Zivilisator Prometheus im Zentrum, der die Menschheit, die er selbst geschaffen hat, goldenen Zeiten entgegenführt.

Nach dieser Einleitung stand in der Doppelstunde aber die selbstständige Bearbeitung zweier deutscher Prometheus-Texte im Zentrum. In Goethes Ode „Prometheus“ spricht ein stürmischer und drängender

Prometheus, vor allem aber ein stolzer: Diese Figur hat seine Fesseln selbst aufgebrochen, er macht sich über die Götter lustig, vor allem aber ist er hier bereits ein Aufklärer, der die Götter als Projektion der Menschheit entlarvt, als Scheinhimmel, der nur durch den Akt der Devotion überhaupt noch existiert. Goethes Behandlung des Mythos erzählt über dessen eigene Aufbruchszeit mindestens so viel wie über die griechische Antike. Die Schüler arbeiteten sich in drei Gruppen an diesem einflussreichen Gedicht der deutschen Literaturgeschichte ab. Die einen hatten den Auftrag, das Gedicht zu vertonen – in einem Wechsel von chorischen und solistischen Einsätzen und begleitet von Rhythmusinstrumenten gelang ihnen eine lebendige wie eigenständige Interpretation. Die zweite Gruppe spielte ein Gesellschaftsspiel der Goethe-Zeit nach, indem sie das Gedicht in drei „Tableau Vivants“ zerlegten, jener Darstellung einer Szene durch lebende Personen. Mit drei Personen, nämlich Zeus, Prometheus und einem Vertreter der Menschheit, zeichneten sie genau den wachsenden Zorn des Prometheus, die Blasiertheit des Zeus und die Abhängigkeit des Menschen nach. Die dritte Gruppe schließlich verlängerte Goethes Mythos-Bearbeitung in die moderne Kunst. Auf Max Klingers Radierung „Prometheus nach seiner Befreiung“ hockt Prometheus, frisch durch Herkules von den Fesseln gelöst, verzweifelt da und bedeckt sich das Gesicht mit den Händen. Ob aus Traurigkeit angesichts des miserablen Zustands seiner eigenen Schöpfung (links neben der Felsklippe sieht man eine im Meer untergehende Menschengruppe) oder ob aus Angst vor einer unsicheren Zukunft, bleibt unklar.

Noch einen Schritt weiter geht Franz Kafka in den 14 Zeilen, die er über den Prometheus-Mythos geschrieben hat. Er bringt den Mythos gewissermaßen zu einem Ende. Geschickt lässt er die „vier Sagen“, die von Prometheus berichten, gegeneinander laufen und betont damit ein Wesensmerkmal des Mythos: dass hier nämlich verschiedene Narrative nebeneinander bestehen, dass es „den Prometheus“ nicht gibt und dass der Mythos „wahr“ ist und zugleich nur eine Geschichte. Wir haben uns nach 15-minütiger Diskussion am Ende im Felsgebirge des Textes verirrt. Kafka hätte sich wohl darüber gefreut.

Quellen

- Johann Wolfgang GOETHE: Prometheus, in: *Werke*. Hamburger Ausgabe in 14 Bdn., Bd. 1: *Gedichte und Epen*, 5. Aufl., textkrit. durchg. und komm. v. Erich TRUNZ, Hamburg 1960, S. 44-46.
- Franz KAFKA: [Prometheus], in: *Nachgelassene Schriften und Fragmente II*, hg. v. Jost SCHIL-LEMEIT, Frankfurt 2002, S. 69-70.

6.4 Jeanne d’Arc

Viktor Warkentin
Betreuerin: Cathryn Kreher

Konstruktion und Variation von Mythen am Beispiel der Jeanne d’Arc

Die historische Figur der Jeanne d’Arc wird in den Quellen ganz unterschiedlich dargestellt – mal wird sie als Heilige verehrt, mal als Ketzerin verflucht. Doch wer war Jeanne? Auf diese Frage können wir als Historiker nicht mit Gewissheit antworten, da es einfach zu viele widersprüchliche Antworten gibt – und so bleibt Jeanne für uns immer auch ebenso Mythos wie historische Persönlichkeit.

Um einen Zugang zum Mythos der Jungfrau von Orleans zu gewinnen, können wir uns am Mythensystem von Dietmar Rieger orientieren. Er operiert mit drei Hauptbegriffen: Prämythos, Submythos und Dachmythos. Der „Submythos“ beschreibt einen der vielen Mythen, die Jeanne thematisieren. Zum Beispiel können wir uns den Mythos der royalistischen Jeanne als Submythos denken, ebenso

wie den der Märtyrerin, der Visionärin, usw. Dabei sind diese Mythen auch oft voneinander abhängig, sie können aufeinander aufbauen oder sich bekräftigen. Sie sind mehr oder weniger eng miteinander vernetzt.

Speziell dieser starke Zusammenhang ist für Historiker interessant zu betrachten, da dieser Bezug der Submythen zu anderen „älteren“ Mythen für jeden Mythos in gewisser Weise vorhanden ist. Das heißt, wir haben eine Art „Prämythos“, der für andere Mythen Beförderer und geistiger Ideengeber ist. Bezüglich Jeanne haben wir hier zum Beispiel die angebliche Merlin-Prophezeiung, nach der Frankreich durch eine Jungfrau errettet werde. Auf diesem Prämythos bauen z.B. alle zeitgenössischen Mythen, welche bereits oben beim Submythos erwähnt worden sind, auf.

Riegers Begriff für diesen Komplex aus Wechselwirkungen der Prä- und Submythen ist der „Dachmythos“. Als Mythos an sich existiert dieser nicht und wird so nicht greifbar, lediglich als Konstrukt, das die Submythen umfasst. Mit dem „Dachmythos Jeanne“ konfrontiert, betrachtet der Historiker den gesamten Diskurs, welcher durch die verschiedenen Jeanne-bezogenen Submythen zustande kommt. Das ganze System ist im ständigen Wandel und stetig diversen Einflüssen von außen und untereinander unterlegen. Einfacher gesagt sind also die bereits genannten inneren Wechselwirkungen und die Einbindung in den Diskurs die Ursache für eine stetige (Weiter-)Entwicklung unseres Bildes von „Jeanne“ und unserer Narrative über sie.

Vergleichen wir Riegers Mythenstrukturierung mit der von Barthes, stellen wir fest, dass dieser sich lediglich mit den Diskursen um und zwischen Riegerschen Submythen beschäftigt. Das weiterführende System Riegers des Dachmythos ist für Barthes' Verständnis nicht von Belang, weil dieser seinen Fokus auf die Dekonstruktion des einzelnen Submythos richtet.

Wenn wir uns mit diesem Wissen dem Film „Johanna von Orleans“ von Luc Besson widmen, stellen wir fest, dass auch die hier dargestellte Jeanne lediglich einen Submythos darstellt. Es ist ein Ausschnitt, der uns präsentiert wird, während wichtige Wechselwirkungen und alternative Darstellungen nicht eingebracht werden. Es findet „Komplexitätsreduktion“ statt. Spielfilme sind narrativen Erzählregeln unterlegen, daher sind sie in ihrer Kapazität eingeschränkt und erreichen in der filmischen Darstellung ihre Grenzen. Um die Funktion eines Spielfilms zu gewährleisten, ist es daher nicht möglich, in einem solchen die gesamte Komplexität und Widersprüchlichkeit der Jeanne aufzuzeigen, man muss sich auf einen leicht verständlichen Mythos beschränken – oder genauer: die Darstellung auf diesen reduzieren.

Besson warb (im Booklet nachzulesen) für seinen Film damit, er habe die „historische Jeanne“ dargestellt. Doch wie wir gerade festgestellt haben, stellte auch er nur einen Teil des Mythensystems dar – und zudem auch noch einen kleinen. „Historisch“ ist ausschließlich Bessons Informationsrecherche zum Kontext: konkrete Zahlen der damaligen Brustplatten, Schwerter und Helme, exakte Nachbauten der Schlachtverhältnisse... Auch dieses Versprechen des Historischen ist also einem ganz speziellen Narrativ unterstellt und nicht gleichzusetzen mit der wissenschaftlichen Arbeit eines Historikers.

Zusammenfassend: Die Mythenträgerin Jeanne d'Arc ist an ein sehr komplexes System aus Mythen gebunden. Ein solches Konstrukt muss vereinfacht werden, um einem Konsumenten als (bewegtes) Bild nutzbar gemacht werden zu können.

Quellen und Literatur

- *Johanna von Orléans* (1999, Regie: Luc Besson) [orig. *The Messenger: The Story of Joan of Arc*].
- Dietmar RIEGER: Geschichte und Geschichtsmythos. Einige Überlegungen am Beispiel der Jungfrau von Orléans, in: *Mythosaktualisierungen. Tradierungs- und Generierungspotentiale einer alten Erinnerungsform*, hg. von Stephanie WODIANKA (Media and Cultural Memory 4), Berlin 2006, S. 17-30.

6.5 Der gute Soldat

Isabelle Teister
Betreuer: Paul Alke

Cinema of Immersion und der Mythos vom guten Soldaten

Krieg ist ein Zustand, den Menschen, die nicht an ihm beteiligt waren, nicht nachempfinden können. Dennoch machen sich die meisten ein Bild von ihm: aus den Nachrichten etwa oder aus Hollywoods Kriegsfilmern.

Auf der Suche nach dem Mythos des „guten Soldaten“, nach dessen Eigenschaften und Repräsentationen, wollten wir uns seiner Welt annähern. Deshalb führten wir die Beteiligten mit einem Experiment in die Sitzung ein: Mit verbundenen Augen wurden sie durch einen Parcours über Stock und Stein und unter lautem Trommelfeuer geführt. Daraufhin wurden sie in einer Simulation des filmischen „Drill-Sergeant“-Topos in voller Lautstärke angebrüllt. Bei der anschließenden Reflexion wurde klar, dass die Kursteilnehmer eine völlig unbekannte und neue Situation erlebt hatten. Sie berichteten von ganz unterschiedlichen Emotionen: von zeitweiligem Orientierungsverlust und Beklemmung bis hin zum Nervenkitzel der Neugierde. Bemerkenswert waren die Reaktionen beim Anschreien. Diejenigen, welche die Simulation sehr intensiv erlebt hatten, berichteten von einem anhaltenden, geradezu körperlichen Eindruck jenseits ihrer rationalen Einschätzung der Situation. Während alle die Simulation als solche zwar erkannten, schaltete sich bei vielen trotzdem eine Art „Kontrollinstanz“ mit dem Gedanken ein, man müsse sich diese Bloßstellung nicht bieten lassen. Oftmals kamen die Emotionen – mit ungutem Gefühl und Lachen – erst zum Vorschein, als die Situation bereits überstanden war.

Vor dem Hintergrund dieser Erfahrungen haben wir über die Frage debattiert, inwiefern Krieg im Film realistisch dargestellt werden könne. Dabei half ein Zitat des Hollywood-Regisseurs Samuel Fuller, demzufolge man realistische Filme über Liebe oder Arbeitslosigkeit drehen könne, nicht aber einen realistischen Kriegsfilm. Fullers Ansicht wurde kontrovers diskutiert. Der Fokus lag auf der mangelnden Kriegserfahrung bei Produzenten und Rezipienten. Weder könnten Schauspieler solche Erlebnisse wirklich imitieren, noch könnten Zuschauer sie wirklich nachvollziehen. Beide handelten in sicheren Räumen, für beide bliebe der Zustand des Krieges abstrakt. Das gleiche könne jedoch auch für die Geschichte eines Arbeitslosen gelten: Als Schüler wird man in der Regel selbst noch nicht arbeitslos gewesen sein. Dennoch spiele sich der Themenkomplex „Arbeitslosigkeit“ in einem uns bekannten System ab, dessen Normen wir nutzten und innerhalb dessen wir Handlungen einschätzen und berechnen könnten. Der Krieg aber besitze sein eigenes System, mit uns fremden Regeln.

Wie wird nun der Krieg im Film „Der Soldat James Ryan“ inszeniert? Dem Hollywoodstreifen wurden durchaus authentische Momente zugeschrieben, die allerdings durch eine große Portion amerikanischen Patriotismus konterkariert würden. Neben der Anfangs- und Schlusszene, in denen eine große amerikanische Flagge vor blauem Himmel im Wind weht, verstärkten auch die als heroisch empfundene Musik und die Darstellung amerikanischer Soldaten als opferbereite Helden diesen Eindruck.

Die „Authentizität“ des Films und anderer des gleichen Genres wird durch spezifische Filmtechniken erreicht, die unter dem Begriff des „Cinema of Immersion“ („Kino des Eintauchens“) gesammelt werden. Da „Saving Private Ryan“ vor allem für seine Anfangsszene – eine Reinszenierung der alliierten Landung an Omaha Beach – bekannt ist, haben wir diese näher untersucht. Es fällt auf, dass die Kamera wackelt, die Soldaten begleitet, sogar mit ihnen unter Wasser taucht und dem Zuschauer somit den Eindruck vermittelt, er sei mitten im Geschehen und blicke sich selbst hektisch im Kriegsgetümmel um. Dieser Effekt wird durch harte Schnitte unterstützt, die Blinzeln simulieren. Wenn die Kameraperspektive hinter die Schulter eines deutschen Maschinengewehrschützen wechselt, scheint es nun so, als hätte das Publikum selbst die Hand am Auslöser – und einige Teilnehmende beschrieben den Reflex, nicht schießen zu wollen.

In einer anderen Szene steht Captain John H. Miller (Tom Hanks) gegen Ende des Films im Mittelpunkt, der durch eine nahe Explosion sein Gehör kurzzeitig verliert. Der Ton ist nahezu ausgeblendet, Geräusche sind nur gedämpft zu vernehmen. Der Zuschauer übernimmt durch diese Effekte die Perspektive des Protagonisten. Die physische Beteiligung des Zuschauers steht im Zentrum des „Cinema of Immersion“, und „Saving Private Ryan“ ist ein Paradebeispiel für dessen Techniken.

Die heroische Darstellung amerikanischer Soldaten hat Auswirkungen über den Film hinaus. Angesichts der vielfachen militärischen Engagements der USA scheint dem amerikanischen Verteidigungsministerium an einem wohlwollenden Porträt gelegen zu sein. Die Befreiung Europas im Zweiten Weltkrieg und der damit verbundene militärische wie moralische Sieg dienen dem US-Militär weiterhin als wichtiger Leitfaden in seinen Planungen. Seither hieß die grundlegende Strategie zahlenmäßige und vor allem technische Überlegenheit im Kampf und anschließende zivile und stabilisierende Maßnahmen. Denkt man an die amerikanischen Kriege in Korea, Vietnam, Afghanistan und dem Irak, scheint diese Strategie infrage gestellt. Skandale wie die Misshandlung und Folter von irakischen Gefangenen durch US-Militärpersonal in Abu-Ghuraib haben auch im Bild des guten Soldaten tiefe Spuren hinterlassen. Indem „Saving Private Ryan“ den heroischen Sieg der USA und ihre guten Soldaten publikumswirksam zelebriert, ist er Träger eines wirksamen Narratives, das benutzt wird, die fortwährenden Kriege der Vereinigten Staaten zu rechtfertigen.

Und was ist ein guter Soldat? Der Film gab uns keine eindeutige Antwort. Bei der assoziativen Sammlung von Eigenschaften wurden neben „soldatischen“ Eigenschaften vor allem „menschliche“ genannt. Hierbei fiel auf, wie schwierig es sein kann, nicht normativ zu denken und eigene Wertevorstellungen in einen wesensfremden Kontext zu projizieren. Den guten Soldaten gibt es nicht, es kommt auf die Perspektive an, in ihm eine funktionierende Kampfeinheit oder einen moralischen Bürger in Uniform finden zu wollen. So muss der gute Soldat vorerst ein Mythos bleiben.

Quellen und Literatur

- *Der Soldat James Ryan* (1998, Regie: Steven Spielberg) [orig. *Saving Private Ryan*].
- Il-Tschung LIM: *Die Spionage, der Krieg und das Virus. Populäres Globalisierungswissen im zeitgenössischen Hollywood-Kino*, München 2012.

6.6 Augenzeugenschaft

Caroline Becker
Betreuerin: Julia Wirth

Funktion und Inszenierung von Augenzeugen in historischen Dokumentationen

Die Dokumentation „Das Drama von Dresden“ erzählt die Ereignisse der Bombardierung Dresdens während des Zweiten Weltkriegs in der Nacht vom 13. Februar 1945 und beschränkt sich dabei ausschließlich auf die Zeit unmittelbar vor und während der Bombardierung. Sie gibt somit nur einen Ausschnitt der Gesamtsituation des Krieges wider. Den Kern der Dokumentation bilden die Aussagen zahlreicher Zeitzeugen, die von traumatischen Erlebnissen wie dem Feuersturm, dem Abwurf von Phosphorbomben, dem Verlust von Familienangehörigen oder Tieffliegerangriffen am Elbufer berichten. Historiker aber widersprechen einigen dieser Aussagen, insbesondere der Möglichkeit von Tieffliegerangriffen, seit vielen Jahren. Diesem Widerspruch zwischen den Aussagen von Historikern und Zeitzeugen nachzugehen, war Leitfrage der hier behandelten Sitzung.

Von Beginn an legt „Das Drama von Dresden“ einen Fokus auf die Verzweiflung und das Leid der Menschen in Dresden während der Bombardierung. Die Deutschen werden als Opfer des Krieges dargestellt und die filmischen Mittel wie auch die dramatische Musik, die Verteilung der Redezeiten oder der überlappende Einsatz von Archivmaterialien und Spielszenen zur Untermalung der Zeitzeugenaussagen betonen und verstärken die Glaubwürdigkeit der Zeitzeugen. Schon nach kurzer Zeit ist es dem Zuschauer durch die Art der Schnitte kaum noch möglich, zwischen echten und nachgestellten Aufnahmen und Fotos zu unterscheiden. Gleichzeitig wird durch die verschiedenen Zeitzeugen und deren individuelle Geschichten ein breites Zuschauerspektrum angesprochen, da sämtliche Facetten des Leides von der Mutter, die ihr Baby weggeben muss, über das Kind, welches seine blinden Eltern zurücklässt, bis zur Trennung eines jungen Liebespaars aufgezeigt werden.

Aussagen von Zeitzeugen werden von Historikern jedoch immer wieder als problematisch angesehen. Dies wird auch in der Dokumentation deutlich, als der letzte Angriff der Alliierten beschrieben wird, an dem Tiefflieger gezielt Jagd auf Zivilisten gemacht haben sollen. Wissenschaftliche Erkenntnisse wie auch der Kommentator der Dokumentation widersprechen dem jedoch. Wie die Historiker Götz Bergander und Helmut Schnatz seit 1977 detailliert gezeigt haben, wäre es für die die Flugzeuge bei ihrer Flughöhe und ihrer Treibstoffsituation aufgrund des Wetters und der Nähe zur Reichweitengrenze äußerst riskant gewesen, Angriffe im Tiefflug durchzuführen. Zudem finden sich in den Aufzeichnungen der Alliierten keinerlei Informationen oder Befehle zu derartigen Angriffen an jenem Morgen. Im Gegenteil befanden sich die Geschwader, von denen berichtet wird, zur Zeit des Angriffs gar nicht in Dresden, sondern waren in Luftkämpfe in verschiedensten Gebieten Deutschlands verwickelt.

Die Berichte über Tieffliegerangriffe verbreiteten sich trotzdem sehr schnell in der Bevölkerung. Deren Angst vor Phosphorbomben und Tieffliegern, die bewusst von den Alliierten geschürt worden war, um den Kriegswillen des deutschen Volkes zu brechen, war groß. Vor diesem Hintergrund, auch in Anbetracht der an anderen Orten tatsächlich stattfindenden Tieffliegerangriffe und der traumatischen Erlebnisse zuvor, traf das Gerücht auf fruchtbaren Boden – und wird bis heute immer wieder verteidigt. Aus dieser Betrachtung ergeben sich für uns also folgende Fragen: Kann man Zeitzeugen wirklich trauen? Und inwiefern sagen Zeitzeugen die „Wahrheit“?

Mathias Berek stellt wie andere Historiker die Glaubwürdigkeit von Erinnerungen grundsätzlich infrage, indem er auf den Prozess des Erinnerens sowie die Faktoren, die diesen beeinflussen, hinweist. Der Prozess des Erinnerens sei eine kognitive Operation und ein aktiver Vorgang, bei dem ein Mensch vergangene Wahrnehmungen lediglich reproduziere. Beim Erzählen von Geschichten passe er dann das, was er erzähle, an die Erwartungen seines Publikums an und beseitige mögliche Widersprüche, stelle kausale Zusammenhänge her und deformiere somit die Erinnerung. Insbesondere die Zuordnung von Erinnerungen zu deren Entstehungszusammenhang sei anfällig für solche Veränderungen und Manipulationen. Angewendet auf „Das Drama von Dresden“ stellen diese Forschungsergebnisse somit den Wahrheitsanspruch der Zeitzeugen, der durch die filmischen Mittel so klar verteidigt wird, in Frage. So waren viele der Zeitzeugen 1945 noch Kinder oder Jugendliche, deren Wahrnehmung des Krieges nicht mit der von Erwachsenen verglichen werden kann und die zusätzlich stark traumatisiert waren.

Produziert Augenzeugenschaft damit einen Mythos? Diese Frage muss im Zuge der Sitzung klar bejaht werden. Warum sich die Dokumentation trotz wissenschaftlicher Erkenntnisse dem Medium der Zeitzeugen und deren dramatischer Inszenierung bedient hat, zeigen die hohen Zuschauerzahlen, aber auch eine Reihe von Amazon-Rezensionen der Dokumentation. In diesen werden immer wieder empörte Stimmen laut, die den wenigen quellenkritischen Ansätzen des Filmes widersprechen und auf der Glaubwürdigkeit der Augenzeugen beharren. Hier wird also deutlich, wie stark die filmischen Mittel das Publikum beeinflussen und dazu beitragen, dass die von der Dokumentation vermittelte Opferrolle auch auf den Zuschauer übertragen wird. Schlussendlich zeigt die Analyse des „Dramas von Dresden“ damit nicht nur, dass man dem Wahrheitsanspruch von Zeitzeugen grundsätzlich misstrauen sollte.

Man sollte vielmehr grundsätzlich Dokumentationen misstrauen, die ihren eigenen Zeitzeugen nicht misstrauen und die durch filmische Mittel darauf abzielen, unter Verzicht auf einen kritischen Umgang mit historischen Quellen die Grenzen zwischen Realität und Fiktion zugunsten von Zuschauerzahlen weiter zu verwischen.

Quellen und Literatur

- *Das Drama von Dresden* (aus der Reihe „Schauplätze der Geschichte“ von Guido Knopp) (2005, Regie: Sebastian Dehnhardt).
- Mathias BEREK: *Kollektives Gedächtnis und die gesellschaftliche Konstruktion der Wirklichkeit. Eine Theorie der Erinnerungskulturen*, Wiesbaden 2009.

6.7 300

Dalila Truchan

Die Geschichte der 300 wird von antiken Geschichtsschreibern wie Herodot, Thukydides und Diodor überliefert: 300 Spartaner und einige Thespier und Thebaner unter Führung des spartanischen Königs Leonidas stellten sich an einem Engpass, den Thermopylen, der übermächtigen Armee des persischen Königs Xerxes entgegen und starben dort den Helden-/Opfer-/Tod. Der Mythos beinhaltet eine Darstellung von patriotischem Heldentum bis zur Selbstaufopferung und vermittelt uns das Bild mutiger und unbeugsamer Krieger. Wir untersuchten den Mythos in einigen aktuellen Manifestationen: in Görings Appell an die Wehrmacht von 1943, in der Graphic Novel „300“ (1999) von Frank Miller sowie dem darauf basierenden Film von Zack Snyder (2006).

Der Mythos bietet ein typisches Beispiel für Barthes' „Naturalisierung von Geschichte“. Im Diskurs erscheinen die Spartaner als ein „Volk“, das sein gesamtes gesellschaftliches Leben dem Kriege und dessen Vorbereitung widmet. Erzeugt wird ein Bild von „den Spartanern“, welches schon immer so gewesen ist und darum auch keine Notwendigkeit eines Hinterfragens mit sich bringt. Die gesamte „reale“ Historie Spartas wird „entleert“, einzig der Bezug auf das Kriegertum bleibt erhalten. Diese Komplexitätsreduktion sowie die allmähliche diskursive Verfestigung des Bildes der 300 lässt ihr Handeln und ihre Motive „natürlich“ im Sinne einer logischen Folge erscheinen: Weil Spartaner nun einmal so sind, wie sie sind, können sie auch nur so in dieser Situation handeln.

Von besonderer Bedeutung ist, dass der Mythos der 300 ein Opfermythos ist. Als dieser wurde er in der Vergangenheit immer wieder aufgegriffen und (besonders in der NS-Zeit) instrumentalisiert. Im „Appell an die Wehrmacht am 10. Jahrestag der Machtergreifung“ bezieht Hermann Göring das Handeln der 300 auf die Schlacht von Stalingrad. Die Analyse von Görings Mythen(re)produktion macht deutlich, dass die Mythenstruktur weitgehend erhalten bleibt: Die 300 bleiben ein Opfermythos, wie wir ihn auch bei Herodot vorfinden. Es geht um den Kampf und die Opferbereitschaft für eine Sache, ein Ideal und ein Land. Durch den Opfertod für ein höheres Ziel wird die Niederlage in einen Sieg verwandelt. Damit werden die Krieger bzw. Soldaten zu Helden und zum Vorbild für die Nachwelt, welche dadurch mobilisiert werden soll. Entscheidender Unterschied zwischen Görings Rede und anderen Darstellungen des 300-Mythos ist lediglich, dass wir inzwischen die NS-Ideologie als Motiv für die Opferbereitschaft zurückweisen. Wir rezipieren anders, die Struktur des Mythos bleibt aber gleich.

Das zeigt sich umso deutlicher beim Blick auf eine andere, „zeitgemäßere“ Darstellung des Mythos: Statt nationalistischer oder rassistischer Motive geht es hier um die Errettung des westlich-rationalistischen Abendlandes vor dem orientalischen Despotismus. Die Abwehrkämpfe der Griechen gegen

übermächtige Perser werden dabei als weichenstellend für eine europäische Sonderentwicklung (und spätere Sonderstellung) in der Welt verstanden. In der Darstellung von Miller und Snyder steht die Verteidigung von „law, justice and reason“ im Mittelpunkt – westliche Werte, welche in unserer Gesellschaft eine Identifikation des Rezipienten ermöglichen. Trotzdem bleibt die Grundstruktur des Mythos unverändert: Stolze und unbeugsame Spartaner sterben aus einer inneren, wertbestimmten Motivation heraus den Opfertod; durch die Tugenden von Tapferkeit, Gehorsam, Disziplin und nicht zuletzt „Vaterlandsliebe“ wird die totale Vernichtung zu einem Opfer und damit in einen „moralischen“ Sieg umgedeutet. Aber gerade weil *wir* heute sicher *nicht* glorreich im Kampf sterben wollen, macht das die Frage so interessant, weshalb dieser antike Stoff in der Gegenwart immer noch erfolgreich sein kann.

Für einen Antwortversuch müssen wir den Blick zu den Darstellungsweisen des Mythos wenden: „Moralischer Sieg“, Tapferkeit, Unbeugsamkeit usw. verweisen auf ein aus der Rhetorik bekanntes Stilmittel zur Verstärkung des Mythos: den Pathos. Christian Schmitt beschreibt diesen als „ein(en) wirkmächtige(n) Produzent(en) gesellschaftlicher Wirklichkeiten. Ob man nun die ›Achsen des Bösen‹ beschwört oder mit Slogans à la ›Du bist Deutschland‹ die Nation noch einmal zu aktivieren versucht: Zur Konstruktion kollektiver Identitäten, der Herstellung von Feindbildern und gemeinschaftsstiftenden Sinn- und Wertehorizonten eignet sich auch im 21. Jahrhundert kaum eine Form der Rede so sehr wie die pathetische.“ Über die Jahrhunderte hat der Pathos beständig den Mythos der 300 getragen (oder ausgemacht?), und insbesondere Snyders Film zeigt auf, wie problematisch das werden kann: Seiner pathetischen Überhöhung von spartanischer Tugendhaftigkeit gegenüber persischer Perversion wurden von Kritikern latent faschistoide Züge beigemessen; es entstanden sogar politische Spannungen zwischen den USA und dem Iran, welche der Vereinfachung der Handlung geschuldet sind.

Demgegenüber ist Millers Graphic Novel ebenso pathetisch (Snyders Bilder von Tugendhaftigkeit und Perversion sind ihr detailgetreu entnommen!), sie erscheint dennoch keineswegs simpel, da Miller den Pathos konsequent ironisch bricht. Die Grausamkeit, mit der die Spartaner den Persern gegenüber treten, unterscheidet sich kaum vom Umgang untereinander. Die Krieger sind so von ihrem Körperideal besessen, dass sie unaufhörlich trainieren. Die autoritätshörigen und militaristischen Spartaner sollen nach Leonidas' Willen für Freiheit und Vernunft kämpfen. Und obwohl die Krieger das Konzept gar nicht richtig verstehen, ziehen sie freudig dafür in den Tod – während Leonidas deutlich macht, dass Kampf und sicherer Tod nicht optional sind, kein Heldentum aus freien Stücken, sondern einer auf Befehl. Die 300 der Graphic Novel sind nach Anna Pawlak von einer Selbst- und Fremdgewalt beherrscht, die unser moralisches Empfinden wie das gängige Bild von Heldentum hinterfragt. Wenn sie darum bescheinigt, dass innerhalb der Rezeptionsgeschichte des 300-Mythos' der Populärkultur eine bedeutende Rolle zukommt, können wir das so nur bestätigen.

Quellen und Literatur

- *300* (2006, Regie: Zack Snyder)
- Frank MILLER, Lynn VARLEY: *300*, Dark Horse Comics 1999.
- HERODOT: *Historien*, hg. u. übers. v. Josef FEIX, Düsseldorf/Zürich 2004 [Buch VII].
- Anna PAWLAK: Leonidas zwischen Heldentod und medialer Auferstehung. Zur (De-)Konstruktion eines antiken Heroen in Film und Comic der Gegenwart, in: *Kritische Berichte* 1/2011: Superhelden, S. 34-50.
- Christian SCHMITT: *Kinopathos. Große Gefühle des Gegenwartsfilms* (Deep Focus 8), Berlin 2009.

6.8 Hitler

Sidonie Stumpf
Betreuerin: Nina Quandt

Charismatische Führerschaft nach Weber und ihre Inszenierung in Riefenstahls „Triumph des Willens“

In Leni Riefenstahls Film „Triumph des Willens“ (1935) sind verschiedene Huldigungen des Volkes an den Führer Hitler visualisiert. Das Volk strahlt, reckt sich zu seinem erhöht positionierten Führer empor, sie jubeln ihm zu. Doch wie funktioniert diese Beziehung zwischen charismatischem Führer und Volk?

Max Webers Konzept der charismatischen Herrschaft ist ein soziologisches Modell, das die soziale Beziehung zwischen Herrscher und Beherrschten beschreibt und 1921 erstmals in „Wirtschaft und Gesellschaft“ postum veröffentlicht wurde. Grundannahme Webers ist es, dass das Volk eine krisenhafte Situation erfahren haben muss, damit daraus eine besondere Beziehung zwischen Volk und Führer entstehen kann. Dieser Führer müsse alte Traditionen stürzen, um Neues zu schaffen.

Laut Weber kann man kein Charisma „besitzen“, sondern es nur von seiner Gefolgschaft durch „Zuschreibung“ erhalten. Diese Vorstellung weicht stark von unserem heutigen, umgangssprachlichen Verständnis des Wortes „Charisma“ ab, welches eher davon ausgeht, dass eine Person eine besondere Form der Anziehungskraft besitzt und „ausstrahlt“. Charisma ginge demnach von einer besonderen Person aus – nach Weber verhält es sich jedoch genau anders herum: Das Volk spürt Vertrauen zu seinem Herrscher, setzt Hoffnung in ihn und spricht dieser Person somit Charisma zu. Dadurch, dass die Beherrschten den Herrscher anerkennen, legitimieren sie dessen Herrschaft. Charisma zeigt somit eine Wechselwirkung zwischen Herrscher und Beherrschten. Des Weiteren kann eine charismatische Herrschaft nach Weber nur bestehen, solange sie nicht alltäglich wird. Wäre sie alltäglich, müsste sie sich an normale Alltagserfordernisse anpassen. Das Revolutionäre, also jene kurzfristigen, krisenbewältigenden Umstürze, geriete hierdurch in die undankbare Vergesslichkeit durch die Probleme des Alltags.

Da in der historischen Forschung viel über die Beziehung zwischen Adolf Hitler und dem deutschen „Volk“ diskutiert wurde, bot es sich für unsere Sitzung an, an dieser Beziehung die Theorie Webers exemplarisch anzuwenden.

Hitler wurde vom gescheiterten Kunststudenten, Kriminellen und Obdachlosen zum (Volks-)Führer und Diktator, welcher über lange Jahre als „Erlöser“ für sein „Volk“ galt. Dabei halfen Hitler nicht nur die historischen Umstände, sondern auch seine besonderen Fähigkeiten, wie etwa seine rhetorische und analytische Begabung. Am Ende der Weimarer Republik ergab sich die krisenhafte Situation Deutschlands aus der Erschöpfung und politischen Instabilität der Republik, mit ihren wechselnden Koalitionen und der wirtschaftlichen Not nach der Weltwirtschaftskrise 1929. Das Misstrauen der Bevölkerung gegenüber den ständig wechselnden Regierungen war groß, es gab kaum Zutrauen darauf, dass diese in der Lage wären, die Krise zu lösen. Hieraus erwuchs die Sehnsucht nach einem „Erlöser“.

Riefenstahls „Triumph des Willens“ eignet sich gut dafür, die Darstellung der Beziehung zwischen Herrscher und Beherrschten zu untersuchen. Er ist nämlich nicht nur ein Dokument, das Hitlers Charisma beschreibt, er half zugleich bei der Inszenierung dieses Charismas. Der Film zeigt die NSDAP-Reichsparteitage von 1934 in Nürnberg. Zeitgenössische Zuschauer, welche in die Kinos strömten, nahmen den Film als Dokumentation wahr, für heutige Zuschauer gilt „Triumph des Willens“ als Musterbeispiel des Propagandafilms. Gezeigt werden unter anderem der charismatische Führer Hitler, die NSDAP, die Hitlerjugend und das „Volk“. Hitler wird mit Reden seiner Anhänger gehuldigt, er wird als Heldenfigur dargestellt. In ausgewählten Szenen wird deutlich, dass Riefenstahl vor allem die „Schuss-gegen-Schuss“ Technik anwendet, um so einen Bezug zwischen der Masse und dem „Führer“ herzustellen. Außerdem wird Hitler oft von unten gefilmt. Dies bewirkt die Sichtnahme des Volkes,

welches Hitler ebenfalls von unten zu den Tribünen zujubelte, außerdem erscheint Hitler hierdurch optisch größer. Gleichermäßen wirken diese Techniken wie ein Dialog zwischen den beiden Parteien.

In den Worten Barthes' „identifiziert“ sich der Zuschauer mit dem dargestellten „Volk“ im Film und wird dadurch selbst Teil dieses Volkes. Am Beispiel der Hitlerjugend etwa können wir entdecken, dass die dort dargestellten Jungen aus verschiedenen Gesellschaftsschichten kommen, jedoch als Volk uniform erscheinen.

Während unserer Analysen sahen wir uns auch zwei weitere Filmbeiträge an: ein Wochenschaubeitrag zu den Feierlichkeiten zum „Anschluss“ Österreichs 1938 und ein Obama-Wahlkampfclip von 2012. Auf dessen Wahlplakaten stand der Begriff „change“. „Change“ ist für die Bevölkerung ein Versprechen und Ausdruck einer großen Hoffnung. Verglichen wurden hier natürlich nicht Barack Obama und Adolf Hitler, sondern die Funktion der Filme im Sinne Webers: Beide zeigen, wie eine Masse von Menschen ihrer Führungsperson, man könnte versöhnlicher auch von ihrem Hoffnungsträger sprechen, huldigt. Zum Ende unserer Sitzung gelangten wir mit diesen Clips und Webers Hilfe also zu wichtigen Erkenntnissen. Zum Beispiel, dass auch die Menschen der Gegenwart in krisenhaften Situationen die Sehnsucht verspüren, ihr Vertrauen einem charismatischen Führer entgegenzubringen. Und dass diese Hoffnung auf Lösung der Krise nur kurzzeitige Begeisterungsströme auslöst und sich die Realpolitik wieder an den Ereignissen des Alltags beweisen muss. Das Verfahren Webers funktioniert also auch bei anderen, zeitgenössischen Politikern. Sein Modell bleibt deshalb aktuell und bedeutsam, um politische Herrschaftsverhältnisse zu erklären.

Quellen und Literatur

- *Triumph des Willens* (1935, Regie: Leni Riefenstahl).
- Frank MÖLLER: Zur Theorie des charismatischen Führers im modernen Nationalstaat, in: *Charismatische Führer der deutschen Nation*, hg. v. F.M., München 2004, S. 1-18.
- Dirk VAN LAAK: Adolf Hitler, in: *Charismatische Führer...*, S. 149-169.

6.9 Der Spion

Miriam Mayer
Betreuerin: Dalila Truchan

Die Frage gesellschaftlicher und individueller Identität im Mythos des Spions

Der Spion ist ein Kind des Kalten Krieges, einer Zeit, in der die Welt durch eine klare Grenze in zwei Blöcke, Ost und West, Gut und Böse geteilt ist. Diese Trennung ist nicht nur territorial, sondern auch ideologisch, zwischen Kommunisten und Kapitalisten, Freund und Feind; eine klare Grenze, die gesichert und fest abgeriegelt ist, sodass jedes Durchkommen verhindert wird – mit einer Ausnahme: dem Spion. Der Spion überschreitet die territoriale Grenze, begibt sich auf die Seite des Feindes unter Einsatz des eigenen Lebens. Er wird zum Landesverräter, da er Wissen über diesen produziert und Staatsgeheimnisse stiehlt. Diese transportiert er wieder zurück über die Grenze, wobei er nur Medium, nicht aber Subjekt des Wissens ist.

Obwohl sich unsere Gesellschaft und die politischen Umstände seit dem Kalten Krieg verändert haben, werden der Spion und seine Aufgabe immer noch ähnlich definiert. In einem Interview von 2014 beschreibt Edward Snowden sich und seine Arbeit als die des „klassischen“ Spions, der unter falschem

Namen und falscher, aber von der Staatsmacht sanktionierter Identität undercover Informationen in anderen Ländern sammelt. Dies ist das Bild des Spions, wie es in unserer Gesellschaft verankert ist.

Eine Erzählung über den Spion kann nach Il-Tschung Lim jedoch nicht die „Realität“ der Spionage zeigen, da erfolgreiche Spionage sich durch Geheimhaltung definiert und daher den Kern der Arbeit der Geheimdienste verbirgt. Dennoch „funktioniert“ die Erzählung, denn sie beruht nicht nur auf Fiktion, sondern auch auf einer Kombination von Wissen und Nicht-Wissen über die Spionage, das Geheime, das Verborgene an ihr. An dieses Wissen bzw. Nicht-Wissen knüpft die Erzählung an. Indem sie kulturelle Topoi aufgreift, die aus verschiedenen öffentlichen Herkunftskontexten entnommen werden (z.B. Enthüllungsberichte der Medien), produziert sie ein stimmiges Bild der Spionage. Dieses wird als glaubwürdig angenommen, weil es die schon vorhandenen Vorstellungen bestätigt.

Wenn wir dieses Konzept mit dem Modell des Mythos nach Barthes vergleichen, dann fällt auf, dass auch hier der Mythos so „funktioniert“, dass er in einem Diskurs entsteht, der den „realen“ Spion von seiner Geschichte entleert (also all dem, was die „Realität“ der Spionage ausmacht) und mit einem neuen Begriff füllt, um neue Bedeutung zu erlangen. Anders als bei den anderen Mythen scheint es hier aber so, als ob der Diskurs sich selber speist, indem er nur das an Bedeutung schafft, was ohnehin schon in ihm vorhanden war. Die Folge dessen ist etwas, was schon wieder sehr nach Barthes klingt: nämlich die Stabilisierung der bürgerlichen Vorstellungen von der Welt der Geheimdienste und Spione.

Die historischen Ereignisse im Sinne der „Geschichte“ des Spions sind also unerheblich, für die Entwicklung des Diskurses aber können historische Ereignisse von großer Bedeutung sein: Sie sind in der Lage, Relevanz und Popularität des Mythos zu beeinflussen. Im Falle des Spions sind es Ereignisse, die Gefühle der Bedrohung und Angst in der Gesellschaft auslösen und damit den Mythos stärker in den Vordergrund rücken. Eva Horn stellt fest, dass das Aufkommen von Spionagedarstellungen in den Hochphasen des Kalten Krieges und nach 9/11 zunahm. Daraus lässt sich ableiten, dass der Mythos des Spions eine Art Sicherheitsbedürfnis in undurchsichtigen Gefühlslagen eines Kollektivs befriedigt. Dazu wird paradoxerweise die Hoffnung auf Sicherheit in unserer Gesellschaft auf eine Figur projiziert, die alle Regeln und Gesetze dieser Gesellschaft brechen darf und selbst nicht vertrauenswürdig ist.

Dieselben historischen Ereignisse können auch die inhaltlichen Aspekte der Mythenerzählung verändern. Nach dem Kalten Krieg ging der westlichen Welt der äußere Feind verloren. Die vielfach beschriebene Suche nach einem neuen Feindbild führte offenbar nicht nur nach Afghanistan oder in den Irak, sondern wendete den Blick auch nach innen: Mit der verstärkten Popularität des Spionagefilms nach 9/11 veränderten sich nämlich die Darstellung des Spions und die Identifikation seiner Gegner erkennbar; diese waren jetzt auch immer häufiger im Inneren zu suchen – in den Geheimdiensten selbst oder in Regierungskreisen.

All diese Elemente finden sich auch in der „Bourne Identität“ (2002) wieder. Doch der Film bietet unserer Analyse noch einiges mehr. Der Spion zeichnet sich nämlich dadurch aus, dass er für die Welt unsichtbar ist, dass er im Grunde genommen nicht existiert. Doch was hat es für Konsequenzen für den Spion als physisch vorhandenen Menschen, nicht existieren zu dürfen? Der Zuschauer wird zusammen mit dem Protagonisten Jason Bourne, einem CIA-Spion, der seine Erinnerung an sein bisheriges Leben durch eine gescheiterte Mission verloren hat, auf die Suche nach dessen Identität geschickt. Hierbei wird Bourne schließlich als eine „nichtfunktionierende 30-Millionen-Dollar-Maschine“ definiert, welche für die Öffentlichkeit nicht existieren darf. Es wird klar, dass Bourne nicht als eigenständige Person angesehen wird, sondern so manipuliert wurde, dass er nur noch als Maschine, die Befehle ausführt, von Nutzen sein kann. Damit wird der Spion zum Objekt, dessen Wert sich lediglich in der Effizienz und der Produktivität seiner Arbeit auszeichnet.

Einmal mehr macht die Erzählung deutlich, dass der Spion nicht in der Art eines „normalen“ Menschen existiert. Er lebt zwar, hat aber keine Identität. Diese sowie seine alltäglichen Sicherheiten, sein soziales Umfeld legt er mit dem Übertritt auf die „dunkle Seite des Politischen“ ab und führt nunmehr

ein „Leben als Simulation“. Dahinter verbirgt sich aber kein „wahres Ich“. Vielmehr ist der Spion eine undurchdringliche Existenz, die sich aus dem Komplex all seiner Fähigkeiten und seinem Handeln zusammensetzt und es so unmöglich macht, seine Loyalitäten klar zu definieren.

Quellen und Literatur

- *Die Bourne Identität* (2002, Regie: Doug Liman) [orig. *The Bourne Identity*].
- Eva HORN: Der Spion, in: *Grenzverletzer. Von Schmugglern, Spionen und anderen subversiven Gestalten*, hg. von E.H. u.a. (Copyrights 6), Berlin 2002, S. 136-155.

6.10 Birth of a Nation

Nada Magued

Betreuerin: Cathryn Kreher

„*The Birth of a Nation*“ und die filmische Konstruktion von „Schwarz“ und „Weiß“

Rassismus ist kein Thema, welches der Vergangenheit angehört, es ist aktueller denn je und nimmt Einfluss auf Sprache und Denkweise aller Menschen. Viele Menschen denken, sie hätten ein klares Bild von dem, was Rassismus ist und bedeutet. Dessen Komplexität und die Wirkmechanismen werden dabei jedoch selten vollkommen durchdrungen.

Der Vorwurf, rassistisch zu sein, traf 1915 auch D. W. Griffith. Sein von uns untersuchter Film „*The Birth of a Nation*“ zog damals Massen in die amerikanischen Kinos und wurde sogar im Weißen Haus gezeigt. Er erzählt die Geschichte des amerikanischen Bürgerkrieges anhand der Darstellung zweier befreundeter Familien aus den Nord- bzw. Südstaaten.

Trotz des Bemühens Griffiths, sich den Vorwürfen zu erwehren, können wir manipulative und rassistische Tendenzen in seinem Film schnell erkennen und klar aufzeigen. Man kann sogar sagen, dieser sei explizit rassistisch. Und darum würde wohl kaum ein Mensch angesichts der geschichtlichen Ereignisse der letzten 100 Jahre behaupten, dass dieser Stummfilm von 1915 ihn noch manipulieren könne – leider falsch, wie wir erkennen mussten. Die Beeinflussung in „*Birth of a Nation*“ arbeitet nämlich auf zwei unterschiedlichen Ebenen, wobei der offene Rassismus die tiefergehende, subtile Manipulation verbirgt.

Jene arbeitet mit gezielten Einsätzen von Zwischentiteln, wie beispielsweise dem berüchtigten Zwischentitel zu Beginn des Films: „*The bringing of the African to America planted the first seed of disunion*“. Schwarze werden im Film als minderwertig, dumm und böse präsentiert, was sich in ihrer Mimik und Gestik zeigt. Dies wird auch im Kontrast zu den weißen Amerikanern verdeutlicht. Während wir uns heute der offensichtlichen Ebene zu erwehren versuchen und dadurch eher zu positiver Diskriminierung tendieren, gelingt uns dies in Bezug auf die subtileren Formen nicht – einige Beispiele:

Die Fokussierung auf die weißen Protagonisten kriert, unterstützt durch ihre inhaltliche und technische Darstellung, ein empathisches Miterleben der Zuschauer mit den Protagonisten – und damit Sympathie für diese. Bei den Zuschauern 1915 führte dies zur Untergrabung rationaler Denkweisen. Es ist offenkundig, dass der Film dem Zuschauer nicht den amerikanischen Bürgerkrieg näherbringen, sondern ihn vielmehr durch Plot, Charaktere und Beziehungen auf zwischenmenschliche und gefühlsgesteuerte Inhalte lenken soll. Der Krieg, den die Nordstaaten hier um der Sklavenbefreiung willen führen, entzweit die zuvor tief verbundenen Familien. Durch die entstandene Sympathie der Zuschauer gegenüber den weißen Amerikanern und die beim Betrachter auf ähnliche Weise geschaffene Assoziation der Schwarzen mit dem durch den Krieg verursachten Leid werden rassistische Gefühle konsequent

heraufbeschworen. Das Leid der Weißen wird als unmittelbare Folge eines Aufstandes der schwarzen Bevölkerung dargestellt. Die Zuschreibung „des Guten“ auf die Weißen und „des Schlechten“ auf die Schwarzen wird währenddessen durch eine dritte Dimension, eine technische, noch verstärkt. Dadurch, dass die Schwarzen häufig in chaotischen, gesichtslosen Massen, die Weißen hingegen als eine in strukturierter Ordnung handelnde Minderheit dargestellt werden, verstärkt dieser Einsatz inhaltliche Aspekte. Neben vielen weiteren Details wird die filmtechnische Neuerung der Musik als gezieltes Mittel der Fokussierung eingesetzt, so zum Beispiel in der Szene, in der der neugegründete Ku-Klux-Klan mit schnellen Geigenklängen als Retter der weißen Zivilisation inszeniert wird.

Ein weiteres wesentliches Merkmal des Films ist das sogenannte „Blackfacing“. Dabei wurden Schwarze von weißen Schauspielern gespielt. Ihre Gesichter waren dafür mit verbranntem Kork, Schuhcreme oder schwarzer Schminke bemalt. Bereits seit den 1830er Jahren war dies die gängige Darstellungsform Schwarzer im Unterhaltungsmilieu. (Nicht zuletzt nach der negativen Beurteilung des „Blackfacings“ in „The Birth of a Nation“ verlor diese Form der Darstellung später ihre Popularität.) Die Reaktion Schwarzer fiel unerwartet aus. Sie bemalten ebenfalls ihr Gesicht und gaben sich selbst ein neues „Blackface“. Diese Reaktion stößt uns geradezu auf die Frage, was eigentlich „Schwarz“ und „Weiß“ sind. In unserer Sitzung haben wir erkannt, dass es sich dabei in erster Linie um Konstruktionen handelt, die der Mensch sich macht, um sich seine Umwelt zu erklären und anzueignen. Sie führen leicht dazu, dass gewisse Vorurteile, Eigenschaften und Merkmale bestimmten konstruierten Gruppen zugeordnet werden. Nur abhängig vom Standpunkt des Betrachters lässt sich bestimmen, ob eine Beschreibung rassistisch oder diskriminierend ist – denn Schwarz und Weiß sind keine real existierenden Merkmale, lediglich Zuschreibungen zur Simplifizierung und Komplexitätsreduktion. Sie folgen dem typisch menschlichen Drang nach Ordnung und Klassifizierung, sind vermutlich notwendige Produkte eines Prozesses der Auseinandersetzung mit der Welt.

Wie und wann funktioniert also Rassismus? Er funktioniert dann, wenn diese zugeschriebenen, abstrakten Kategorien unkritisch akzeptiert und dadurch naturalisiert, also zu einem feststehenden, unumstößlichen Begriff, werden. Wie manipuliert uns also „The Birth of a Nation“? In dem Moment, in dem wir die offenkundig rassistische Darstellung „der Weißen“ gegenüber „den Schwarzen“ im Film kritisieren, haben wir bereits rassistisch gedacht, da wir die dafür notwendige, aber ihrerseits bereits rassistische Kategorisierung von „Schwarz und Weiß“ akzeptiert haben.

Wir haben in der Sitzung noch lange darüber diskutiert, ob dieses „Kategorisieren“ überhaupt Rassismus genannt werden kann, ob es vermeidbar wäre, und wenn nicht, wie damit umzugehen sei. Lösungen haben wir keine gefunden – aber einiges über das Hinterfragen von Gewissheiten gelernt.

Quellen und Literatur

- *Geburt einer Nation* (1915, Regie: D. W. Griffith) [orig. *The Birth of a Nation*].

6.11 Ethnische Identität

Doi Park
Betreuer: Paul Alke

Filmische Konstruktion und Inszenierung ethnischer Identität

Was bedeutet es, Deutsche zu sein? Welche Kriterien sind zu berücksichtigen, um jemanden als Deutsche zu akzeptieren? Was ist denn „typisch“ deutsch?

Es ist nicht so einfach, wie einige behaupten, dass die deutsche Staatsbürgerschaft ausreicht, um als deutsch zu gelten. Man muss deutsch sprechen, in Deutschland leben und sich natürlich „integrieren“. Spielt die Physiognomie eine Rolle? Sind Blauäugige und Blondhaarige deutscher als dunkelhäutige Menschen? Ist „multikulti“ heutzutage nicht längst ein Teil des „Deutsch-Seins“?

Unter anderen widmen sich auch die Sozialwissenschaften der Aufgabe, ethnische Identität zu definieren. Phinney (1990) gliedert Ethnizität beispielsweise in vier Komponenten: Selbstidentifikation als Mitglied einer bestimmten nationalen Gruppe, Gefühl der Zugehörigkeit zu dieser Gruppe, positive und negative Einstellung der Gruppe gegenüber und die Beteiligung an der Pflege der eigenen nationalen Tradition und Kultur. Andere akzentuieren in ihren Definitionsversuchen sozialpsychologische, historische, subjektive, bisweilen auch geographische Aspekte. So ergibt sich eine kaum überschaubare Vielzahl unterschiedlicher Ansätze, die vor allem eines offenbart: Ethnizität ist kein eindeutig fassbares Konzept, sondern eine abstrakte Kategorie – die aber häufig erhebliche praktische Konsequenzen hat. Dabei wird deutlich, dass ethnische Identität als besondere Form der Gruppenidentität nicht nur vom aktiven, bejahenden Subjekt lebt, sondern erst im intersubjektiven Raum von Belang ist. Die ethnische Gruppe definiert sich und wird in Abgrenzung zu anderen Gruppen definiert.

Eine besondere Brisanz besaß und besitzt ethnische Identität beim Zerfall Jugoslawiens und in den Konflikten zwischen seinen Nachfolgestaaten. Unter dem sozialistischen Regime Josip „Tito“ Broz lebten zahlreiche Ethnien größtenteils friedlich zusammen. Kaum mehr als zehn Jahre nach seinem Tod beendete ein blutiger, ethnisch-nationalistisch begründeter Bürgerkrieg den Vielvölkerstaat, der das zweite Jugoslawien war. Der Film „In the Land of Blood and Honey“ (2011) von Angelina Jolie befasst sich mit dem Bosnienkrieg und zeigt die brutalen Auseinandersetzungen zwischen Serben und bosnischen Muslimen. Dabei wird die Liebesbeziehung zwischen dem serbischen Polizisten und späteren Soldaten Danijel und der bosniakischen Malerin Ajla in den Mittelpunkt gestellt. Obwohl er eher mäßige Kritiken erhalten hat und im ehemaligen Jugoslawien kontrovers diskutiert wurde, offenbart der Film beim näheren Betrachten interessante Charakterentwicklungen. Dabei spielen insbesondere Filmtechniken eine Rolle; die Ethnien werden nach ästhetischen Merkmalen differenziert, Beziehungen mittels Kamera perspektiviert und erklärt.

Im Film leben Bosniaken und Serben vor dem Krieg harmonisch miteinander. Der Kriegsausbruch weist Danijel und Ajla Rollen zu, die gegensätzlicher (und plakativer) kaum sein könnten: Er wird Soldat auf serbischer Seite, sie Kriegsgefangene jener Serben. Er gehört zu den Tätern, sie zu den Opfern. Wie verhält sich der Soldat gegenüber der Gefangenen und wie sieht das Opfer den Täter? Mit Liebe. Beide wehren sich gegen das Schwarz-Weiß-Denken des Krieges, für Ajla ist Danijel kein „serbischer Mörder“ und für ihn ist sie keine „kriegsgefangene Bosniakin“. Ihre Nähe wird uns auch kameratechnisch angezeigt: Trotz des offensichtlichen Gefälles von Macht und Ohnmacht begegnen sich beide zunächst auf Augenhöhe. Der gemeinsame Liebesakt ist gefühlvoll, fast zart. Dennoch vermögen sie sich der ethnischen Trennung nicht zu entziehen. Nach den Introszenen ist der Unterschied zwischen Serben und Bosniaken optisch kaum zu übersehen: Die Serben werden ausschließlich uniformiert, die Bosniaken ausschließlich in Zivil gezeigt. Auch Ajla und Danijel geraten in den Sog des Denkens ihrer jeweiligen ethnischen Gruppen. Sie flieht und schließt sich einer Partisanengruppe an, bezieht also Position und wird aktiv. Nach ihrer erneuten Gefangennahme wird die Kluft zwischen ihr und Danijel immer größer, die Gewalt eskaliert nach und nach. Die Kamera schaut nun aus Danijels Perspektive auf Ajla herab oder im umgekehrten Fall zu ihm herauf, der nächste „Liebesakt“ ist eine Vergewaltigung. Ein Anschlag schlägt fehl und Danijel findet heraus, dass Ajla beteiligt war. So wird der dramatische Höhepunkt des Filmes in seiner Bildsprache wieder eindeutig: Danijel in verstaubter, dunkler Uniform, Ajla in schneeweißem Kleidchen und ihr tiefrotes Blut auf der weißgetünchten Wand. Beide werden zu Sinnbildern ihrer ethnischen Gruppen: Ajla das Opfer, in Unschuld gequält, geschändet und ermordet; Danijel der Mörder, der sich und implizit die ganze serbische Armee richtet: „I am a criminal of war.“

Diese ikonischen Zuschreibungen sind lange vor Jolies Film in den Diskurs um Kriegsschuld und Kriegsverbrechen in den Jugoslawienkriegen eingeflossen. Sie sind darüber hinaus Teil der Selbst- und Fremdwahrnehmung zwischen den Ethnien geworden und wachsen sich zu Mythen aus. Der Mythos der ethnischen Identität speist sich aus ihnen, er entleert sie und füllt sie auf mit dem Bild der Nation oder des Volkes.

Zu ethnischer Identität gehört mehr als ein Personalausweis. Die Ethnie selbst ist ein wackliges Konstrukt, das starke Mythen benötigt, um sich zu stabilisieren. Gerade in der Multikulti-Gesellschaft reichen Kriterien wie Hautfarbe oder selbst Herkunft kaum mehr aus, um Ethnien zu beschreiben. Selbst- und Fremdwahrnehmung können unterschiedlich sein und sich verändern. Einiges davon nimmt „In the Land of Blood and Honey“ auf. Es bleibt kritisch zu hinterfragen, inwiefern Filme wie dieser durch ihre Interpretationen historischer Ereignisse und deren (filmtechnische) Darstellungsweise National-/Volksmythen beeinflussen oder sogar längerfristig prägen.

Quellen und Literatur

- *In the Land of Blood and Honey* (2011, Regie: Angelina Jolie).
- Martin ALTMEYER: Im Spiegel des Anderen. Gruppe, Narzissmus, Gruppennarzissmus, in: *Gruppenpsychotherapie und Gruppendynamik* 47 (2011) 69, S. 86-87.
- Srđan PUHALO: *Ethnische Distanz und (Auto-)Stereotypen der Bürger Bosnien und Herzegowinas*, Sarajevo 2009.

6.12 Vampire

Katharina E. Kraus
Betreuerin: Nina Quandt

Vergessen, Unsterblichkeit und Geschichte bei Nietzsche und im Vampir-Mythos

Der Vampir ist spätestens seit den Anfängen des Films zu einem begehrten Phänomen für kulturhistorische Betrachtungen geworden. Anlass genug, sich ihm auch auf der Akademie zu widmen. Am Anfang steht der Reiz einer „unendlichen Existenz“ als Besonderheit und Kernstück der „vampirischen“ Existenz. Auch klingt es äußerst verlockend, bei allem Zeitzeuge sein zu können und ewig lernen zu dürfen. Doch lehren uns nicht zuletzt die großen Werke der Literatur, dass erst die Endlichkeit unserem Leben einen positiven, exklusiven Wert verleiht?

Doch wie würde sich ein unsterbliches Leben auf den Umgang mit der Geschichte als solcher auswirken? In unserer Sitzung gingen wir dieser Frage zunächst in den Filmen „Only Lovers Left Alive“ (2013) und „Interview mit einem Vampir“ (1994) nach.

Der Protagonist Adam aus „Only Lovers left Alive“ hat keinen Bezug mehr zum Leben und gibt sich äußerst suizidal seiner Einsamkeit hin. Er und seine Frau Eve umgeben sich mit Gegenständen aus der Vergangenheit, mit denen sie Erinnerungen an verstorbene Größen der Literatur und Musik verbinden, so zum Beispiel mit Gitarren großer Musiker oder Bücher von Schriftstellern, die sie persönlich kennenlernten. Dies wird schon in der Einführungsszene, dem sogenannten „establishing shot“, anhand der Bildkomposition deutlich: Durch eine weiche Überblende werden die sich an unterschiedlichen Orten befindlichen Vampire parallel betrachtet: Adam bzw. Eve liegen auf dem Boden, um sie herum liegen zahlreiche Gegenstände ohne erkennbare Ordnung. Die Kamera, die Musik, die Zeit: alles scheint verlangsamt. Die beiden Vampire treiben in der Vergangenheit dahin. Sie nehmen keinen Anteil an ihr,

noch scheinen sie in irgendeiner Weise gestalterisch an ihr teilnehmen zu wollen. Sie sind einzig bei sich, genügen einander wie Adam und Eva im Paradies vor dem Sündenfall.

Auch in „Interview mit einem Vampir“ bewegen sich die Vampire losgelöst von der menschlichen Geschichte. Sie nehmen Veränderungen nur am Rande wahr und verharren bezüglich neuer Entwicklungen im Stadium der Unberührtheit, ohne daraus einen Impuls für die eigene Mitwirkung abzuleiten. Die Geschichte erscheint für sie, und damit auch für uns, wie eine Kulisse.

Zur Analyse der Beziehung zwischen Geschichte und „Leben“ des Vampirs haben wir ein kulturhistorisches Konzept von Nietzsche, basierend auf seinem Text „Vom Nutzen und Nachteil der Historie für das Leben“ (1874), herangezogen. Nietzsches Meinung zufolge schadet eine übermäßige Präsenz des Vergangenen in der Gegenwart dem Leben. Im Zuge dessen unterscheidet er drei Kategorien zum Umgang mit Geschichte: Der *unhistorische* Umgang beinhaltet das vollständige Vergessen. In beiden Filmen dreht sich viel um das Vergessen, da es durch die Unsterblichkeit unmöglich wird. Der Tod ist das ultimative Vergessen, und wer ewig lebt, erinnert scheinbar ebenso lange auch jenes, was er lieber vergessen hätte. Die Ewigkeit wird so zur Qual. In „Only Lovers Left Alive“ leben die Protagonisten sogar im Extremum des *Überhistorischen*. Sie können keine Besonderheiten in modernen Entwicklungen ausmachen und wirken passiv, beinahe wie Gegenstände. Dies trifft auf Adam deutlich stärker zu als auf Eve. Doch der Mensch kann so nicht funktionieren, sagt Nietzsche. Er müsse das Vergangene verarbeiten und für seine Zwecke nutzbar machen, um zu überleben – weshalb der *historische* Umgang mit Geschichte, der der glücklichste sei, seinen Blick in die Zukunft richte, um die Gegenwart vorwärts gewandt zu gestalten. Nach Nietzsche muss der Umgang mit der Geschichte stets dem Leben dienen; ohne dies sei alles Streben sinnlos.

Auch Nietzsches „drei Arten, Historie zu betreiben“ – die monumentalische, die antiquarische und die kritische Art – stellen einen möglichen analytischen Zugang dar, da sie mit kennzeichnenden Charakterzügen des Agierenden verknüpft sind. So ordnet Nietzsche der „monumentalischen Form“ die Eigenschaften „tätig und strebend“ zu. Diese Art der Geschichtsbetrachtung sei geprägt durch die Suche nach der Größe von geschichtlichen Vorbildern für gegenwärtige Taten. Derjenige, der „die antiquarische Historie“ betreibe, sei hingegen der „Bewahrende und Verehrende“. Dies Sorge für eine Untergrabung alles Neuen, was wiederum zu einer Abkehr von der Welt und einem Unsterblichkeitsgedanken der Geschichte führe. Die letzte Form gilt „dem Leidenden“ und dem „Befreiung Bedürftigen“ und wird als „richtende und verurteilende Historie“ bezeichnet. Sie prüfe die Vergangenheit auf belastende Inhalte, um diese gegebenenfalls zu vergessen.

Die antiquarische Art, Historie zu betreiben, scheint Adam wie auf den Leib geschneidert, während die Vampire in „Interview mit einem Vampir“ nicht in dieses Schema passen. Sie bedürfen keiner Geschichte, da sie viel zu sehr damit beschäftigt sind, sich entweder mit dem eigenen Leiden auseinanderzusetzen oder sich der triebhaften Natur eines Vampirs vollends hinzugeben. In keinem der beiden Filme tritt ein „glücklicher“ Vampir auf. Bringen also Unsterblichkeit oder Langlebigkeit letztlich doch kein Glück, sondern reinste Qual?

Nietzsche wünscht sich einen variablen Umgang mit der Geschichte, der historisches, unhistorisches und überhistorisches Empfinden, je nach Situation, kombiniert und so dem Leben nutzt. Hat er Recht, wenn er das „ewige Erinnern“ als die Ursache allen Übels bezeichnet? In anderen Sitzungen haben wir festgestellt, wie individuell verschieden Erinnern verläuft und dass sowohl kollektives Erinnern als auch kollektives Vergessen wichtig und kennzeichnend sind, für das Individuum ebenso wie für Gesellschaften. Vielleicht spiegelt sich in der Faszination des Mythos Vampir eben dieses unterbewusste Erkennen über die Bedeutung des Vergessens wieder, gekoppelt mit dem gleichzeitigen Wunsch nach einem langen, nicht enden wollenden Leben voll von schier unendlichen Möglichkeiten.

Quellen und Literatur

- *Interview mit einem Vampir* (1994, Regie: Neil Jordan) [orig. *Interview with the Vampire*].
- *Only Lovers Left Alive* (2013, Regie: Jim Jarmusch).
- Friedrich NIETZSCHE: *Unzeitgemäße Betrachtungen, 2: Vom Nutzen und Nachteil der Historie für das Leben*, in: F.N.: Werke, S. 3989ff. (gekürzt).

6.13 Karl der Große

Ruth Heil
Betreuerin: Julia Wirth

Mythenkonzept und Mythendiskurs nach Roland Barthes am Beispiel von Karl dem Großen

Der Name „Karl der Große“ taucht heute immer wieder und in verschiedensten Zusammenhängen auf – erst recht natürlich im Jubiläumsjahr 2014. Ihn umgeben Mythen und Legenden wie wenig andere historische Figuren: So wird er nicht nur als Gründer Deutschlands, Frankreichs und Europas gefeiert, sondern auch als Vaterfigur der Sorbonne in Paris betrachtet, als „Sachsenschlächter“ genauso wie als idealer christlicher Herrscher dargestellt. Doch wer war Karl? Wir untersuchen, wie und weshalb sich bestimmte Karlsmythen zu bestimmten Zeiten entwickelt haben, weshalb es immer wieder er ist, der instrumentalisiert wird, und wie Barthes' Mythenkonzept uns dabei hilft, das Ganze zu verstehen.

In der Sitzung haben wir uns dazu exemplarisch mit zwei Mythen und deren künstlerischer Darstellung beschäftigt. Zum einen nutzten wir den Aachener Karlsschrein vom Beginn des 13. Jahrhunderts. Auf diesem wird Karl sowohl auf der Stirnseite als auch auf den Deckenplatten in einer direkten Verbindung mit Gott dargestellt, die seine Herrschaft auf Erden legitimiert. Es entstehen dadurch Bild und Mythos eines christlichen Universalherrschers. Das zweite Beispiel stellten die Rethel-Fresken dar, welche Mitte des 19. Jahrhunderts entstanden und im Aachener Rathaus zu finden sind. Hier wird Karl als heiliger Gründer eines im Kampf gegen Heiden und Muslime geeinten Reiches abgebildet, das zur Zeit der Freskenentstehung unter dem Einfluss des Nationalismus wiederhergestellt werden sollte. Hiermit wird der Mythos von Karl dem Großen als Nationalvater Deutschlands legitimiert.

Schon anhand dieser zwei Beispiele fiel schnell auf, dass Barthes' Konzept des „rechten Mythos“ perfekt anwendbar sein würde. Besonders zwei wesentliche rhetorische Mittel, der *Entzug der Geschichte* und die *Identifizierung*, kommen in diesem Fall zum Tragen. Beim Entzug der Geschichte wird dem Mythos seine historische Komplexität (sein „Sinn“) genommen, und es verbleiben lediglich einzelne, für den Mythos relevante Aspekte. So wird beispielsweise im Falle Karls als Nationalvater Deutschlands der historische Kontext seines Wirkens in Frankreich oder die Tatsache, dass weder „Deutschland“ noch „Frankreich“ zu seiner Zeit existierten, ausgeblendet und somit Komplexität reduziert. Übrig bleibt Karl, eine Persönlichkeit mit hohem Einfluss auf die deutsche Geschichte, welcher durch die Füllung mit dem Begriff „Deutsche Nation“ eine andere Bedeutung bekommt, nämlich die des in den Rethel-Fresken dargestellten Nationalvaters Deutschlands.

Durch das Mittel der Identifizierung hingegen schreibt der Betrachter einem Objekt unbewusst eine Eigenschaft zu, welche „das Andere“ in seinem Gegenüber besser verständlich macht und es dem eigenen Verständnishorizont angleicht. Dies lässt sich beispielsweise am Mythos „Karl der Große als christlicher Universalherrscher“ verdeutlichen, der besonders im 12. Jahrhundert prävalent war. Damals war das Christentum bereits eine stark heterogene Gruppe, die sich über ein großes Gebiet ausgebreitet hatte und in der sich unterschiedlichste Interessen zeigten. Karl diente hier als Identifikationsfigur für eine ganze Reihe dieser Gruppierungen und Interessen, um diese unter einer Idee zu vereinen: der

des Christentums. In einem Reich, das unter der christlich motivierten Herrschaft Karls des Großen entstanden war, konnten so alle Unterschiede durch den gemeinsamen Glauben verdeckt werden.

Durch diese Aspekte des rechten Mythos können wir zwar sehr gut verstehen, wie der Mythos von Karl funktioniert. Es bleibt jedoch eine Frage, die wir im Kurs noch nicht gestellt hatten: Wie sucht sich der Mythos eigentlich seinen Mythenträger und warum sind einige dieser Mythenträger über die Zeit hinweg scheinbar attraktiver und erfolgreicher als andere? Kurz gesagt: Warum eigentlich Karl?

Eine wichtige Voraussetzung ist, dass Karl eine historische Persönlichkeit ist, von der zwar jeder schon einmal gehört hat, über die wir aber trotzdem sehr wenig wissen und die somit eine Vielzahl von Anknüpfungspunkten für verschiedene Mythen bietet. Das allein reicht allerdings nicht. Die wenigen Fakten, die über ihn bekannt sind, müssen zusätzlich bestimmte Eigenschaften besitzen. Was also macht Karl aus? Was für ein Eindruck bleibt, nachdem die Persönlichkeit Karls, wie es der rechte Mythos nach Barthes vorsieht, entleert wurde? Karl der Große gilt vor allem als Reformator und Gründer in den Bereichen Religion, Kultur, Wissenschaft und Politik. Fast noch wichtiger ist jedoch, dass er Erfolg hatte. Karl verbreitete das Christentum, war Initiator für weitreichende Bildungsreformen, eroberte große Teile des heutigen Europas und vielleicht am wichtigsten: Er starb, bevor er an all diesen Unternehmungen scheitern konnte – das taten dann erst seine Nachfolger. So scheint es sich also anzubieten, Karl für Zwecke beziehungsweise Ideen zu instrumentalisieren, die neu sind. Dies lässt sich an einem weiteren Mythos Karls veranschaulichen: dem des Vaters Europas. Die Europa-Idee war insbesondere nach dem Ende des Zweiten Weltkriegs umstritten, doch mithilfe Karls konnte sie legitimiert werden: Hatte er denn nicht Europa bereits einmal gegründet und damit Erfolg gehabt?

Karl ist also eine historische Figur, deren mythische Funktion durch Barthes' Konzept in ihren verschiedensten Ausformungen durchaus erklärt werden kann – allerdings werfen gerade ihre Komplexität und Langlebigkeit Fragen auf, die auf diese Weise nicht zu beantworten sind: Wie suchen sich Mythen ihre Mythenträger? Und was passiert eigentlich mit einem Mythos im Moment eines Umbruchs in seiner Bedeutung? Kann er sich ewig weiterentwickeln und neu erfinden oder wird er irgendwann obsolet und findet keine Anknüpfungspunkte mehr? Und was passiert eigentlich mit dem Karls-Mythos in dem Moment, in dem das Konzept von „Europa“ der „Globalisierung“ weichen muss?

Quellen und Literatur

- „Karlsschrein“ (1215), Chorhalle des Aachener Doms.
- Alfred Rethel u.a., Freskenzyklus (1847-1861), Krönungssaal des Aachener Rathauses.

7 Musisch-kulturelle Kurse

Das musisch-kulturelle Angebot war wie auch in den vorangegangenen Jahren auf der Oberstufenakademie 2014 sehr vielfältig. Einige der Kurse waren schon in der Ausschreibung enthalten, die übrigen ergaben sich durch Angebote während des Vorbereitungsseminars.

7.1 Chor

Leitung: Wolfgang Metzler
Bericht: Anna-Sophie Schmidt

In der musisch-kulturellen Aktivität „Chor“ waren alle willkommen, ob professionelle SängerInnen oder musikbegeisterte Amateure ohne vorherige Chorerfahrung. Unter der Anleitung des erfahrenen Chorleiters Wolfgang hat sich diese buntgemischte Gruppe aus zwölf motivierten SängerInnen sehr verschiedenen Werken von der Renaissance bis in die Gegenwart gewidmet. Das Programm bot viel Abwechslung, darunter Hassler, C. P. E. Bach, Fanny Hensel, Hindemith.

Beim gemeinsamen Singen nach Noten standen das gegenseitige Unterstützen und der Austausch von Erfahrungen an erster Stelle. In einer entspannten und dennoch produktiven Atmosphäre konnten wir außerdem kreative Ideen und eigene Interpretationsvorschläge einbringen. Die eigene Meinung zu sagen, war durch das Prinzip der „kooperativen Chorleitung“ eindeutig erwünscht und ermöglichte einen regen Austausch während des Schaffensprozesses. Besonderes Kernstück des Kurses war eine Chorimprovisation, bei der ein Text von Erich Fried die Grundlage bildete. Gemeinsam haben wir dabei ein immer wieder einzigartiges Musikstück erschaffen, bei dem sich alle gesanglich verwirklichen konnten und wir besonders gelernt haben, aufeinander zu hören. Hier bot sich auch die Gelegenheit, mit dem Plenumschor zusammen zu wirken, der an den ersten beiden Tagen für die gesamte Akademie eine Basis von Möglichkeiten des Singens vermittelte.

Das Singen im Chorstudio hat uns nicht nur kulturell bereichert, sondern auch gezeigt, dass es in einer Chorgemeinschaft auf jede einzelne Stimme und die Individualität jeder Person ankommt.

7.2 Kontratanz

Leitung: Saskia C. Quené
Bericht: Thomas Meisterknecht

Schon am ersten Abend kamen alle Akademieteilnehmer in den Genuss, einen ersten Kontratanz – *Blaue Bohnen* – zu tanzen. Am nächsten Termin waren wir 16 Tänzerinnen und Tänzer, die bei der Kursleiterin Saskia alte und neue Kontratänze lernten. Die Teilnehmer waren in ihren Vorkenntnissen sehr inhomogen, aber alle stark motiviert, sodass es oft genügte, eine Figur nur kurz zu erklären, bevor sie direkt mit Musik geübt werden konnte. Saskia vollbrachte den beachtlichen Spagat, Cello zu spielen und gleichzeitig die Gruppe zu beobachten.

Der Kontratanz („Gegeneinander-Tanz“, engl. volksetymologisch umgedeutet zu „Country Dance“) ist ein ursprünglich englischer Gruppentanz, der sich im 17. und 18. Jahrhundert zu einem sehr beliebten Gesellschaftstanz entwickelte. In der Grundaufstellung stehen sich die Tänzer paarweise gegenüber (daher die Bezeichnung), in einer *Gassen-* oder *Carré-Formation*. Wir erlernten schnell typische Figuren wie zum Beispiel die *Hecke*, die *Acht*, das *Streifen* und das *Armen*. Nach jedem Tanz wurden neue Paare gebildet und so lernte man schnell die anderen kennen.

Alle hatten großen Spaß und trotzdem entstand schnell gewisse angenehme Spannung. Sich in die Augen schauend ließen sich alle Beteiligten von der Musik führen. Sanfte Bewegungen bildeten lineare und kurvige Formen, die das Tanzen und Zuschauen interessant machten. Am Ende des Kurses waren, da die Gruppe schnell lernte, eine große Anzahl an Tänzen zusammengekommen: *Blaue Bohnen*, *Indische Königin*, *Edelsteine*, *Mister Sharps Erbe*, *Sweet Rosie Red*, *Jamaica*, *Orangen und Zitronen* und schließlich *Urwald*, den wir dann auch von einem kleinen Orchester begleitet aufführten.

7.3 Kammermusik

Leitung: BetreuerInnen des Musik-Kurses
Bericht: Saskia Löschner

Jeden Vormittag trafen wir uns im Marstall, um zusammen Musik zu machen. Angeleitet von tollen Musikstudenten spielten wir in unterschiedlichen Besetzungen jeden Tag etwas Neues. In kleineren Gruppen spielten wir vierhändig am Klavier, Klarinettenduoette und -trios oder Geigenduoette. Die Besetzungen wechselten wir von Mal zu Mal und jeden Tag gab es etwas Neues zu lernen und aus-zuprobieren. In größerer Besetzung spielten wir zum Beispiel eine Telemann-Sonate und zwei Stücke aus der Peer Gynt Suite. Trotz der sehr ungewöhnlichen Besetzung gelangen uns mit der Zeit tolle Stücke, die wir zum Schluss der Akademie, sowohl am Vorabschlussabend und am Gästenachmittag, präsentiert haben.

Insgesamt hat es sehr viel Spaß gemacht, mit so einer vielfältigen und bunten Gruppe zu musizieren und so viele Klangfarben und Möglichkeiten zu entdecken und vor allem, sein Instrument einfach jeden Tag wieder in der Hand zu halten und in nur kurzer Übungszeit ansprechende Stücke mit Ohrwurm-Charakter zu spielen. Dank der Kenntnis der Musikstudenten, die eine große Auswahl an Literatur dabei hatten, hatten wir nicht nur viel Auswahl, sondern auch geballtes Fachwissen zur Verfügung, um mit einer Probe täglich ein Konzertprogramm auf die Beine zu stellen.

7.4 English Theatre

Leitung und Bericht: Ingrid Baumann-Metzler

Pluck up courage!

This year Lawrence, a shop assistant sick of his ordinary and boring life, is craving an adventure in an age of technology where the individual cannot make a difference anymore. Reflecting upon his life, he realizes that in order to prove to himself that he can be brave, he needs to step out of his comfort zone. The only real excitement imaginable to him is to attempt a burglary. It is not the money he is after, but the adrenaline. Reality, Morality, Doubt and Courage accompany him on this new experience placing obstacles in his path.

But just when he thinks he succeeded, his experiment takes a rather unexpected turn...

The „English Theatre MukK“ had to face various challenges this year. Throughout the rehearsal process the cast kept changing and had to be rearranged. In addition, questions regarding the limited stage space and other logistical problems had to be solved first. But this could not stop the players from putting their heart and soul into their role and making this play as vibrant, humorous and heartwarming as it turned out to be.

7.5 Bühnenbild

Leitung und Bericht: Birthe Anne Wiegand

Wie schon in den vergangenen Jahren wurde auch diesmal im Kurs „Bühnenbild“ die Kulisse für das Englische Theaterstück erstellt. Nach einer eingehenden Analyse des Stücks und Absprache mit dem Theater-Kurs einigten wir uns auf die Requisitenpalette: Wir schufen fast lebensechte Tiermasken, ein Fenster, durch das man auch wirklich einsteigen konnte, ein wunderschönes Parkgemälde und mehrere gesellschaftskritische Bilder im zeitgenössischen Stil. Besonders stolz waren wir, als unsere wertvollen Kunstgegenstände dann im Laufe des Theaterstücks auch wirklich „gestohlen“ wurden – was könnte schließlich ein höheres Lob an einen Künstler sein?

Trotz des mittlerweile schon vertrauten Zeitdrucks und einiger daraus resultierender Nachtschichten hatten wir alle viel Freude an der Kunst und waren auch mit dem Ergebnis sehr zufrieden.

7.6 Theaterimprovisation

Leitung: Volker Kehl
Bericht: Ruth Heil

Das einzige, was sicher ist: Nichts ist sicher! Willkommen in dem MukK Improtheater. Wir haben innerhalb der zwei Wochen auf der Burg die Zeit genutzt, um Gefühle zu entdecken, Charaktereigenschaften zu entwickeln und uns auf Traumreisen zu begeben. Ob wir beim Waldspaziergang den vier Jahreszeiten nachspürten, zwischen den Regalen eines Tiefkühlhauses umherirrten, eins war bei den improvisierten Szenen stets Programm: Plan to be surprised!

7.7 Italienisch

Leitung: Fabian Angeloni
Bericht: Katharina Stolla

Wie und was essen Italiener wirklich? Warum ist ein Kassenzettel („scontrino fiscale“) so wichtig? Und machen die Deutschen bei Pasta und Kaffee falsch? Wir Deutschen kommen jeden Tag mit der italienischen Kultur in Berührung – aber inwiefern ist die deutsche Kultur überhaupt italienisch?

Mit solchen Fragen und vielen mehr hat sich der Italienisch-mukk während der Schülerakademie beschäftigt. Neben sprachlichen und grammatikalischen Grundkenntnissen haben sich die Teilnehmer auch mit Vorurteilen über Italien und der italienischen Lebensweise auseinandergesetzt. Dass Cappuccino am Nachmittag, Pizza mit Hackfleisch und Spagetti Bolognese „überhaupt nicht gehen“, wusste am Ende jeder. Außerdem haben wir gelernt, dass man in Italien zu Freiheitsstrafe verurteilt werden kann, wenn man einen Kassenzettel zu früh wegwirft.

Aber auch die Grundzüge der Sprache haben wir erlernt. So können wir jetzt Wege beschreiben, ein Hotelzimmer buchen oder im Restaurant bestellen. Das Gelernte haben wir immer wieder in der Praxis angewandt; auch beim Essen. So können wir uns jetzt ein weitaus besseres Bild über Italien und seine Kultur machen und wissen, wie viel davon auch in Deutschland verankert ist.

7.8 Musikalische Improvisation

Leitung: Volker Kehl
Bericht: Paula Kilp

In diesem Kurs haben wir ausprobiert, wie man mit verschiedenen Instrumenten vertraute oder auch ganz ungewohnte Klänge erzeugen kann. Beim gemeinsamen Improvisieren haben wir uns einfach darauf eingelassen, nicht nach Noten zu spielen und darauf zu achten, was die anderen machen, wobei jedem selbst überlassen war, ob man harmonisch begleitet oder disharmonisch sich dem entgegenstellt. Als Resultat einiger sehr stimmungsvoller Improvisationen haben wir mit einer Kamera, Requisiten und Kostümen ein paar Szenen in schwarz-weiß gefilmt. Darauf folgend haben wir diese stummen Szenen zusammengeschnitten und vor Publikum improvisierend vertont.

Zusätzlich dazu haben wir uns mit mehreren Gedichten beschäftigt, um diese unter musikalischer Begleitung und tänzerischer Gestaltung vorzutragen.

7.9 Naturkunde

Leitung: Wolf Aßmus
Bericht: Alexander Dick



Naturkunde 2014 mit Frauke John, Saskia Löschner, Wolf Aßmus, Alexander Heppe, Alexander Dick, Kai-Lars Ritzke, Viet Ha Dang Thi, Carolin Richter und Sheila.

7.10 Journalismus

Leitung: Fabian Angeloni
Bericht: Sidonie Stumpf

Im Journalistik-mukK bekamen wir einen Einblick in die Welt der journalistischen Stilformen. Klein fingen wir an mit der Recherche und dem Grundgerüst der Nachricht über die wichtigsten Daten der Schülerakademie und bastelten daraus einen Bericht. Daraufhin durften wir uns selbstständig ein Thema auswählen, welches zu einer Reportage umgesetzt werden sollte. Die einzige Bedingung hierbei war, dass die Reportage ein burginternes Thema umsetzen sollte. Anschließend wählten wir uns einen Interviewpartner aus, um mit diesem ein Interview zur Person zu führen.

Prinzipiell war selbstständiges Arbeiten und das Spielen mit Worten gefragt. So lernten wir beispielsweise, dass es beim Interview nicht darum geht, seine Fragen im Vorfeld vorzubereiten, sondern lediglich den „Roten Faden“ zu entwerfen. Auch die Antworten müssen nicht wortgetreu wiedergegeben werden, sondern so konstruiert werden, dass das Interview schlüssig ist.

Da wir für den Kurs täglich nur neunzig Minuten Zeit hatten und wir uns für die Recherche der Artikel durch die Burg bewegen mussten, blieb an manchen Nachmittagen die Kurszeit frei, um diese für Recherchen oder die Arbeit an den Texten zu nutzen. Trotz alledem spielte Zeitdruck eine Rolle, da die Texte natürlich adäquat geschrieben werden sollten. Aus dieser Zeit haben wir gelernt, dass es Spaß macht, frei zu arbeiten, mit der Kreativität zu spielen und haben erste Einblicke in das Handwerk der Journalistik zu bekommen.

8 Abendvortrag

Für Schlaf hat Johannes keine Zeit. Die Morgenstunden zwischen 5 und 8 Uhr sind seine produktivsten, aber auch der Rest des Tages ist randvoll mit drohenden Deadlines, für psychologische Gutachten und Gendarstellungen, die mit beißendem Spott über all die Populärjournalisten herfallen, die mit Vorurteile über ADHS Kasse machen wollen.

Johannes darf aber auch nicht viel schlafen. Dafür sind zu viele Menschen von ihm abhängig. So ist er stellvertretender Vorsitzender von ADHS Deutschland und füllt dieses Amt auch deshalb so gut aus, weil er offensiv mit seiner eigenen ADHS-Diagnose umgeht. Daneben ist er Sachverständiger beim Familiengericht und Mitglied in der Tourette-Gesellschaft Deutschland. Und nicht zuletzt Vater der wunderbaren „Jägerburg“, einer Institution, die unserer Schülerakademie nicht ganz unähnlich ist. Nur dass sich hier verhaltensauffällige Kinder eine Woche lang treffen, zwölf Kinder und fünf Betreuer, die ein Stück Gesellschaft proben, in der alle eine Geschichte haben, doch niemand verurteilt wird.

Dabei hat der Diplompsychologe eigentlich mal in Germanistik promoviert und zwar über das abseitige Thema der Nürnberger Fasnachtsärztespiele im Spätmittelalter. Heute dagegen wird er uns etwa erzählen über die Geschichte der ADHS und obwohl er schon mindestens 15 Stunden auf den Beinen ist und davon 4 im Auto verbracht hat auf der Fahrt von München nach Fürsteneck, wird er ganz bestimmt in den nächsten 60 Minuten hellwach sein – und wir mit ihm. Begrüßen wir mit einem kräftigen Applaus das selbsterklärte „Familienmonster, Plage der Nachbarn und Schrecken der Lehrer“: Dr. Johannes Streif!

8.1 Eine kleine Geschichte der ADHS

Dr. Johannes Streif

Zum Weihnachtsfest des Jahres 1844 schrieb und zeichnete der Arzt Heinrich Hoffmann ein Kinderbuch, das später unter dem Titel „Struwwelpeter“ weltberühmt werden sollte. Das Buch war für seinen ältesten Sohn Carl Philipp bestimmt. Zuvor hatte Hoffmann die Buchhandlungen seiner Heimatstadt Frankfurt nach einem passenden Geschenk für den Dreijährigen durchforscht, doch nichts gefunden als „lange Erzählungen oder alberne Bildersammlungen, moralische Geschichten, die mit ermahnenen Vorschriften begannen und schlossen, wie: Das brave Kind muss wahrhaft sein, oder: Brave Kinder müssen sich reinlich halten“. Da verfasste er lieber selbst einige kurze Geschichten, die das Vorbild des „Zappelphilipp“ humorvoll für das richtige Verhalten in der Gemeinschaft gewinnen sollten.

Was Hoffmann zu seiner Zeit nicht absehen konnte: Mit dem „Struwwelpeter“ hatte er einen großen Beitrag zur Kinder- und Jugendpsychiatrie geleistet. Fasst man die Geschichten vom Zappelphilipp, von Hanns Guck-in-die-Luft und dem bösen Friederich in einer Person zusammen, so ergibt sich eine erste Beschreibung der Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätsstörung (ADHS) in der Literaturgeschichte. Motorische Unruhe, Unaufmerksamkeit und Impulsivität bilden ein typisches Syndrom gemeinsam auftretender Verhaltensweisen bei Kindern, aber auch – wie wir heute wissen – bei Erwachsenen. Hoffmann hat dieses Verhalten an sich und seinem Sohn Carl Philipp beobachtet, ihm jedoch nicht die Qualität einer Krankheit beigemessen.

Doch bereits 1867 entwarf der britische Arzt Henry Maudsley in „The Physiology and Pathology of Mind“ ein erstes Krankheitskonzept, in welchem der auffälligen Unruhe mancher Kinder eine konstitutive pathologische Qualität beigemessen wurde. Einige Jahre später schrieb er zu psychiatrischen

Erkrankungen im Allgemeinen: „Mental disorders are neither more nor less than nervous diseases in which mental symptoms predominate, and their entire separation from other nervous diseases has been a sad hindrance to progress.“ (Body and Mind, 1870/71). Diese Sichtweise wurde 1878 durch den deutschen Psychiater Hermann Emminghaus aufgegriffen, der im Fall psychiatrischer Erkrankungen von „Vererbung und Degeneration“ sprach und den Begriff der „Psychopathologie“ prägte. Denken und Verhalten waren keine vom Körper abgehobenen Phänomene eines freien Geistes, sondern Epiphänomene des Gehirns, eines Organs als einem Teil des menschlichen Körpers. In der krankhaften Abweichung des Körpers hatte die Geisteskrankheit nun erstmals einen zwar noch unverstandenen, jedoch konstitutiven Grund.

War das Fundament einer medizinischen Wissenschaft psychischer Auffälligkeiten erst einmal gelegt, setzte sich der Auf- und Ausbau der diesbezüglichen Forschung dank einer wachsenden internationalen Vernetzung der Wissenschaftler rasant fort. 1880 veröffentlichte der amerikanische Arzt George Miller Beard ein zweibändiges Werk, in dem er nicht nur den Begriff der „Neurasthenie“ in die Medizin einführte, sondern die Nervosität seiner Landsleute mit dem technischen Fortschritt in Verbindung brachte: Dampfkraft, Tagespresse, Telegrafie, Wissenschaften sowie die geistige Aktivität von Frauen belasteten das Nervensystem der Menschen. Beards Zeitgenossen nahmen seine Ansichten ernst, nicht anders als viele Eltern heute die Warnungen der Pädagogen, aber auch mancher Psychologen und Ärzte, die ADHS sei eine Folge des Medienkonsums, der Überfrachtung des Geistes mit Informationen, seiner Traumatisierung durch Aktivität statt Aufmerksamkeit.

Erst vor dem Hintergrund des sozialen Wandels in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts wird die neue Perspektive der Medizin in der Auseinandersetzung mit dem Verhalten von Kindern verständlich. Das Konstitutionelle der ADHS-Symptomatik rückte mehr und mehr ins Blickfeld insbesondere der Pädiatrie, die sich in diesen Jahren als eigenständiges medizinisches Fachgebiet etablierte. In zwei Schriften befasste sich der deutsche Kinderarzt Adalbert Czerny direkt mit dem pädagogischen Auftrag des Arztes: „Der Arzt als Erzieher des Kindes“, ein 1908 erstmals erschienener Vorlesungsband, sowie „Die Erziehung zur Schule“ aus dem Jahr 1916. Czerny beobachtete in seiner klinischen Praxis eine Gruppe von Kindern, deren Verhalten durch einen auffälligen Bewegungsdrang, mangelnde Ausdauer sowohl im Unterricht als auch im Spiel, mangelhafte Konzentrationsfähigkeit sowie Unfolgsamkeit imponierte. Zwar sah er dieses Verhalten v.a. als erzieherisches Problem, doch schien auch ihm das Handeln der unruhigen, unaufmerksamen und impulsiven Kinder, je ausgeprägter es war, durch etwas bedingt zu sein, das sich in Teilen der Formung durch die Umwelt entzog. Ein ätiologisches Konzept entwarf Czerny hingegen nicht; zu wenig wusste man zu seiner Zeit noch über die Struktur und Funktion des Gehirns.

Sein Fachkollege, der Londoner Kinderarzt George Frederick Still, äußerte in seiner Vorlesungsreihe über 20 hyperaktive Kinder, die er 1902 am „Royal College of Physicians“ der englischen Hauptstadt hielt, hingegen einen ersten Verdacht. Er hatte Schädigungen des Gehirns, v.a. des präfrontalen Cortex durch Unfälle oder akute Erkrankungen beobachtet. Nachdem er diese Patienten sowie Kinder, die in desolaten Familienverhältnissen aufwuchsen, aus seinen Studien ausgeschlossen hatte, blieb ein Rest motorisch überaktiver Kinder, v.a. Jungen, deren Symptomatik weder auf diagnostizierbare Läsionen noch eine kritische Sozialisation zurückzuführen waren.

Mit seinen präzisen Fallbeispielen legte Still den Grundstein für die erstmalige wissenschaftliche Beschreibung der ADHS, wenngleich das Störungsbild diesen Namen erst rund 80 Jahre später erhalten sollte. Ihren ersten, noch heute gebräuchlichen Namen erhielt die ADHS jedoch durch die deutschen Kinderärzte Franz Kramer und Hans Pollnow. Sie veröffentlichten 1932 in der „Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie“ einen umfangreichen Artikel „Über eine hyperkinetische Erkrankung im Kindesalter“. Wie schon bei Still war auch im Bericht von Kramer und Pollnow die Hyperaktivität der Ausgangspunkt und das Zentrum der Beobachtungen. Auf drei Seiten skizzierten Kramer und Pollnow

in bis heute weitgehend gültiger Fassung die Symptome der Hyperaktivität. Auch die Aufmerksamkeitsstörung sowie die Impulsivität beschrieben Kramer und Pollnow in allen noch heute relevanten Aspekten. Mehr noch: Kramer und Pollnow nannten mit der Erwähnung des sechsten Lebensjahres als Hauptzeit der Manifestation der Hyperkinese bereits ein Kriterium, das gemäß hierzulande gebräuchlicher „International Statistical Classification of Diseases“ (ICD-10 F90.0) bis heute eine Bedingung der Diagnose der „Hyperkinetischen Störung“ ist, wie die Weltgesundheitsorganisation die ADHS noch immer nennt.

Warum das Störungsbild erst in den Jahrzehnten nach dem Zweiten Weltkrieg populär wurde, und warum diese Popularität von den USA ihren Ausgang nahm, hat mehrere Gründe. Nach dem Ende des Dritten Reiches lag die deutsche Wissenschaft am Boden. Rassismus und Zerstörung hatten der wissenschaftlichen Dominanz des alten Kontinents auf dem Gebiet der Medizin ein Ende gesetzt. Zugleich fiel im Kontext der Behandlung von hunderttausenden traumatisierter Soldaten auf, dass der Psychiatrie ein einheitliches Diagnose-Manual fehlte. Als das „Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders“ (DSM) 1952 in erster Ausgabe erschien, enthielt es 106 psychiatrische Störungsbilder – keines davon war spezifisch für das Kindes- und Jugendalter. Erst die zweite Ausgabe von 1968 nahm die „Hyperkinetic Reaction of Childhood“, namentlicher Vorläufer der ADHS, als eines der Störungsbilder in die neu geschaffene Gruppe der Störungen mit Beginn in Kindheit und Jugend auf.

Treibende Kraft der Etablierung der ADHS als anerkannter Störung war der amerikanische Psychiater Leon Eisenberg. 1958 erhielt er als erster Wissenschaftler überhaupt staatliche Fördermittel zur psychopharmakologischen Forschung mit Kindern. Zugleich führte er ein Studiendesign ein, das beispielhaft werden sollte für die systematische Erprobung von Medikamenten: die zufällige Zuweisung von Patienten zu Interventions- und Kontrollgruppen. Gemeinsam mit dem Psychologen Keith Conners schuf Eisenberg ein phänomenologisches Störungskonzept, das 20 Jahre später zur empirischen Grundlage der dritten Ausgabe des DSM werden sollte: Die Beschreibung von Syndromen anhand statistisch eng miteinander verbundener Symptome. Nicht zuletzt begann mit Eisenberg auch die gesellschaftsweite medikamentöse Behandlung psychisch kranker Kinder, die in der öffentlichen Diskussion um den Wirkstoff Methylphenidat (bekannt u.a. als „Ritalin“) zum Inbegriff der Psychiatisierung auffälligen Verhaltens wurde.

Die Geschichte der ADHS zeigt, dass der Begriff jedweden menschlichen Leidens einem Wandel unterworfen ist, der erst retrospektiv seine Logik offenbart. Im bereits angebrochenen Zeitalter des Quantified Self und Cognitive Enhancements werden Diagnosen wie die ADHS den Schrecken des Stigmas verlieren. Das nüchterne Eingeständnis der eigenen Unzulänglichkeit wird sodann weder in die Resignation des Einzelnen noch zwangsläufig in seine soziale Ausgrenzung münden. Vielmehr wird die Elias'sche Selbstzwangapparatur zunehmend als Selbstoptimierung verbrämt werden, zumindest dort, wo sich Substanzen und Techniken mit Aussicht auf Erfolg einsetzen lassen.

9 Akademiehymne

Score

Jubiläumshymne 10 Jahre HSAKA

für Cynthia und Wolfgang Laurin Kapitzki, Antonius Nies

Moderato (♩=160)

Piano

S

Pno.

S

B♭ Cl.

Tbn.

Vln.

Vc.

D.B.

wa - ren ein-mal zwei Ge - stal - ten, die hat - ten ei - nen Geis - tes-blitz. Hoch

Jubiläumshymne 10

S

B♭ Cl.

Tbn.

Vln.

Vc.

D.B.

o - ben auf des Ber - ges soll - ten Kunst und Bil - dung ge - mein - sam wal - ten.

Allegro (♩=100)

S

B♭ Cl.

Tbn.

Vln.

Vc.

D.B.

Pno.

Zehn Jah - re nun im Hes - sen - land sind ih - re A - ka - de - mien be - kannt.

G E♭ B♭ D♭ A♭ C

Jubiläumshymne 10

S

B♭ Cl.

Tbn.

Vln.

Vc.

D.B.

Pno.

Es le - ben hoch, es le - ben heut, Cyn - thi - a und Wolf - gang und ih - re Leut'.

F D g Es D G

Moderato (♩=160)

Pno.

4
30

S. Oh

Vln. *p*

Vc.

Pno. *tea tea tea tea*

34

S. glück - lich sei der Tag ge - prie - sen, da die - se ge - ni - a - len

Vln.

Vc.

Pno.

6 Allegro (♩=100) Jubiläumshymne 10

44

S. Zehn Jah - re nun im Hes - sen - land sind ih - re A - ka - de - mien be - kannt.

B♭ Cl.

Tbn.

Vln.

Vc. *f*

D.B. *f*

Pno. *f* G E♭ B♭ D♭ A♭ C

37

S. Ric - sen den Bil - dungs - gar - ten schmück - ten mit

Vln.

Vc.

Pno.

40

S. schu - li - scher Ge - Lehr - sam - keit, Wohn - statt und Ge - bor - gen - heit.

Tbn.

Vln.

Vc.

D.B.

Pno.

48

S. Es le - ben hoch, es le - ben heut, Cyn - thi - a und Wolf - gang und ih - re Leut'.

B♭ Cl.

Tbn.

Vln.

Vc.

D.B.

Pno. F D g E♭ D G

Moderato (♩=160)

52

Pno. *p* *tea tea tea*

56

Pno. *tea tea*

10 Gästenachmittag

Programm des Gästenachmittags

15 Uhr

Gemeinsames Kaffeetrinken

16 Uhr

Begrüßung

Grußworte

Plenumschor

Präsentationen

Mathematik: Der Goldene Schnitt

Musikwissenschaft: Das imaginäre Museum der Musik

Geschichtswissenschaft: Mythos (Film) Geschichte

Physik: Physik des Fahrrads und anderer Verkehrsmittel

Kammermusik

Musikalische Improvisation

Theaterimprovisation

Chorwerkstatt

Naturkunde

Kontratanz

18:30 - 20:00 Uhr

Gemeinsames Abendessen

20:00 Uhr

English Theatre „Pluck up courage!“

Im Anschluss fand ein geselliger Ausklang des Tages statt.

Im Raum „Marstall“ gegenüber der Halle war eine Ausstellung zu besichtigen:

Akademie-Fotoshow

Italienisch-mukK

11 Pressebericht

Lehrreiche Ferien auf der Burg

Markus Kubiak, Hünfelder Zeitung
05.09.2014

Lehrreiche Ferien auf der Burg

Jubiläumsfeier der Hessischen Schülerakademie mit Kultusminister Lorz

FÜRSTENECK

Seit einem Jahrzehnt findet auf der Burg Fürsteneck die Hessische Schülerakademie statt. Hochbegabte aus ganz Hessen kommen jedes Jahr auf der Burg des Eiterfelders Ortsteils Fürsteneck zusammen, um zu lernen. Gestern Abend besuchte sie Kultusminister Alexander Lorz (CDU).

Von unserem Redaktionsmitglied
MARKUS KUBIAK

„Es sind ja noch Ferien“, stellte Dr. Alexander Lorz direkt zu Beginn seiner Rede fest. Damit liegt der Hessische Kultusminister richtig, denn die Schulferien enden in Hessen erst mit dem heutigen Tag. Für rund 40 begabte und interessierte Oberstufenschüler waren diese bereits vor zwei Wochen vorbei – natürlich freiwillig. Sie alle nahmen an der zehnten Hessischen Schülerakademie auf der Burg Fürsteneck teil.

Aus vier unterschiedlichen Kursen wählten die Teilnehmer ihr Spezialgebiet aus. Sie konnten zwischen den Bereichen Musik, Geschichte, Mathematik und Physik wählen. Wer nun zwei Wochen stumpfes Auswendiglernen erwartet, liegt falsch. Die Jugendlichen erleben in den zwölf Tagen auf der Burg ein ständig wechselndes Programm: Chorproben,



Auf einer selbstgebastelten Rakete ging es für die Nachwuchsfysiker, zumindest gedanklich, in Richtung der internationalen Raumstation ISS.

Foto: Markus Kubiak

Expertenvorträge, eine „lange Nacht der Dokutexte“ – kein Tag war wie der andere. Wissenschaft werde hier als ein Hobby angesehen, erklärt Fabian Angeloni, Mitglied der Akademieleitung.

Die Akademie feiert in die-

sem Jahr ein Jubiläum: Bereits zum zehnten Mal treffen sich Oberstufenschüler aus dem ganzen Land auf der Burg Fürsteneck, um in der Freizeit ihr Wissen zu erweitern. Seit drei Jahren findet solch eine Akademie zudem für Mittelstufen-

schüler statt.

Zur Tradition der Akademie gehört es, am letzten Tag vor der Abreise einen Besucher- nachmittag zu veranstalten, zu dem Eltern, Verwandte und Unterstützer geladen werden, um einen Einblick in die Arbeit

der Akademie zu bekommen. Dieses Jahr gehörte auch Kultusminister Alexander Lorz zu den Zuschauern. Bereits zuvor habe er, damals noch als Staatssekretär, die Sommerakademie besucht und sie dabei schätzen gelernt, erklärte der heutige Minister. Er sparte zudem nicht an Lob. Als „Flaggschiff der außerschulischen Begabtenförderung“ bezeichnete Lorz das Projekt unter anderem.

Den Vorschusslorbeeren des Ministers wurden die Teilnehmer mit ihrem Programm zweifelsohne gerecht. Neben einer großen Auswahl an klassischer Musik, die auf vielen verschiedenen Instrumenten gespielt wurde, präsentierte jeder der vier Fachbereiche eine kleine Kostprobe der Themen, mit denen sie sich in der Zeit auf der Burg beschäftigt hatten.

So ließen die Nachwuchsfysiker einen Pinguin zur Internationalen Raumstation ISS fliegen. Da die Umsetzung selbst für die Teilnehmer dieser Akademie zu umfangreich wäre, ließ man ihn immerhin – unter ohrenbetäubendem Lärm – mit einer selbstgebastelten Raketenkonstruktion durch den Saal fahren.

Kultusminister Lorz war von der Veranstaltung begeistert. Die Teilnehmer würden nur so vor Kreativität strotzen, erklärte er. „Mein gutes Bild von der Akademie auf Burg Fürsteneck wurde einmal mehr bestätigt“, sagte Alexander Lorz.

12 Auszüge aus Abschlussberichten

Von der Wüste, quer übers Meer, in die Akademie

Ein Bericht über die Anreise zweier Schülerinnen der Deutschen Schule der Borromäerinnen Kairo zur Hessischen Schülerakademie

02:30 morgens, Kairo, Ägypten:

Es ist dunkel, Autos rasen durch die Straßen, überall rot-orange Lichter. Müde sitze ich im Auto auf dem Weg zum Flughafen. Währenddessen wundere ich mich, warum es solche Flugzeiten überhaupt gibt – so mitten in der Nacht.

Ich komme an, treffe Nada in der Halle und wir checken dann ein. Kurz danach sind wir im Flugzeug – jetzt beginnt unsere Reise zur Akademie.

04:40 morgens, Kairo, Ägypten:

Jetzt heißt es erstmal Kissen hinter den Kopf, und dann kann ich mich endlich mal nach dieser langen schlaflosen Nacht ausruhen.

...oder doch nicht: „Gehrte Passagiere, achten Sie bitte darauf, dass Ihre Sitzplätze aufrecht gestellt sind und schließen Sie die Sicherheitsgürtel“, sagt die Frau am Mikrofon an. Vielleicht muss ich mir erst die endlosen Maßnahmen auf Deutsch und dann wieder auf Englisch anhören, bevor ich meine Ruhe haben kann. Naja, wenigstens kann ich dann den atemberaubenden Sonnenaufgang beobachten – so schön, wie sich die drei Farben gelb, orange und blau mischen.

Viereinhalb Stunden danach kommen wir in Frankfurt an.

09:05 morgens, Frankfurt, Deutschland:

Wir steigen aus, holen unser Gepäck und machen uns auf die Suche nach der Haltestelle unseres Zuges. Dabei ist es wunderlich, dass die Beamten auf dem Flughafen immer auf Englisch antworten, obwohl wir uns mit ihnen auf Deutsch unterhalten.

Nach dem Erreichen der Haltestelle setzen wir uns auf eine Bank und warten einfach.

Womit kann man sich wohl vier Stunden lang beschäftigen?

Wir kaufen uns noch einen Kaffee, davon kippt ein wenig auf meinen Koffer – weil es halt sein musste – dann sitzen wir und warten.

Wir stellen fest, dass unsere Uhr anders gestellt ist als die im Bahnhof und begreifen dann erst, dass Deutschland in einer anderen Zeitzone liegt als Kairo. Das haben wir definitiv ein bisschen zu spät gemerkt, muss ich sagen.

12:11, Frankfurt, Deutschland:

Unser Zug kommt an, wir steigen ein, suchen unsere Sitzplätze und setzen uns hin.

Jetzt haben wir nur noch eine Stunde vor uns... und dann eine weitere Bahnfahrt, danach per Taxi zur Burg. Naja, vielleicht lass ich doch das „nur“ weg. Nada zeichnet, ich schaue aus dem Fenster und beobachte die Natur.

Gleich, bevor der Zug in Fulda ankommt, machen wir uns Gedanken darüber, wie wir innerhalb von 6 Minuten unsere Bahn nach Eiterfeld bekommen können, wobei wir keine Ahnung davon haben, wo

sie genau steht.

13:13, Fulda, Deutschland:

„Wir müssen uns beeilen, sonst schaffen wir es nicht!“, ruft Nada. „Ich weiß, aber wir müssen erstmal unsere Bahn finden. Schaust du kurz nach, wo wir hin müssen?“ Nada nimmt die Tickets heraus und überprüft, auf welchem Gleis wir stehen müssen, nämlich Gleis 8. Wir schauen uns um, rechts steht 7, links steht 6, 8 ist nirgendwo zu sehen. Es müsste dann wahrscheinlich auf der anderen Seite sein. Wir fragen kurz nach und rasen mit unserem Gepäck durch den Gang.

Gerade noch erreicht! Wir tragen unsere Koffer in die Bahn hinein. Dabei kippt fasst ein Fahrrad um, was dazu geführt hätte, dass die Fahrräder so wie Dominosteine nacheinander umgekippt wären. Das wäre echt peinlich gewesen!

Jetzt ab nach Eiterfeld!

Ungefähr 10 Minuten später erreichen wir unsere letzte Umsteigestation. Wir steigen aus. Es fängt an zu regnen. In der Mitte der Haltestelle stehen wir alleine rum und es dauert ein paar Sekunden, bis wir begreifen, was wir jetzt machen sollen – und zwar ein Taxi finden. Wir hatten nämlich mit Peter abgesprochen, dass er uns ein Taxi schickt. Während ich dabei bin, meine E-Mail noch einmal zu checken, um in Erfahrung zu bringen, ob wir irgendwo anrufen müssen, ruft eine Männerstimme von hinten: „Wollt ihr noch zu Fürsteneck?“ Wir drehen uns um, und da steht ein netter Herr mit Brille – später kennengelernt, Herr Heinz von Loesch. „Ja!“, antworten wir erleichtert. „Na dann, worauf wartet ihr?“

Nada und ich laufen nass über die Rampen und schleppen unsere schweren Koffer hinter uns her.

Eine kurze Zeit später sitzen wir im Taxi und freuen uns schon darauf, in der Burg endlich nach diesem anstrengenden Tag anzukommen. Wir unterhalten uns über das Wetter und ich beschwere mich, dass es in Deutschland zu kalt für mich ist, da in den vorherigen Wochen das Wetter in Kairo über 30 Grad gewesen ist.

Sofort taucht zum ersten Mal die gewöhnliche Frage auf, woher wir Deutsch können. „Wir gehen auf eine deutsche Schule in Kairo“, erklären wir. Als Ausländerin muss man damit rechnen, dass man das ständig erklären muss.

Das Auto bremst, wir sind da.

Jeida El Qersh

Berichte von Studierenden

Ein für mich ganz wichtiger Aspekt war es, gemerkt zu haben, dass es den Schülerinnen und Schülern an keinem Punkt darum ging, für etwas zu lernen, sondern ein ehrliches Interesse und ein aufrichtiger Spaß an der Mathematik selbst im Vordergrund standen. Sie haben gerne gelernt, sind so kreativ mit der Mathematik umgegangen und sind trotzdem dem hohen Anspruch mancher Themen gerecht geworden. (Theresa)

Obwohl wir einen breiten Altersschnitt im Kurs hatten, gab es keinen Ausschluss einzelner Personen. Auch in Diskussionen wurde allen Beiträgen mit dem gleichen Respekt und gleicher Konzentration begegnet, ebenso, wie man versuchte, allen anleitenden Schülern in ihrer Sitzung größtmögliche Unterstützung zu bieten. Die gesamte Arbeit innerhalb des Kurses war von einer hohen Identifizierung mit dem Kurs und seiner Arbeit geprägt. Mit Respekt gingen die Schüler immer wieder selbstständig aufeinander ein. (Cathryn)

Die interne Gruppendynamik zwischen den Schülerinnen und Schülern hat mich sehr positiv überrascht. An sich war die Gruppe sehr heterogen. Allein schon bezüglich des Alters gab es Unterschiede von bis zu vier Jahren. Es waren ganz unterschiedliche Arten von Jugendlichen vertreten [...], und trotzdem hatte ich nie das Gefühl, dass auch nur eine Schülerin oder ein Schüler keinen Anschluss gefunden hatte. Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer waren unglaublich offen und aufgeschlossen gegenüber neuen Menschen und Themen. (Theresa)

Die Burg ist ein Ort, an dem man sich ausprobieren kann und an dem ein anderes Arbeiten und der Umgang miteinander entschieden anders sind, als man das aus dem universitären und schulischen Alltag kennt. [...] Die Mischung zwischen den Fachkursen und kursübergreifenden Angeboten, welche musisch-kulturell ausgelegt sind, bringen eine Vielfalt von Entfaltungsmöglichkeiten mit sich. [...] Deswegen macht es insbesondere bei den gruppenbildenden Aktivitäten große Freude zuzusehen, wie sich die Schüler entwickeln. (Dalila)

Einen ganz wichtigen Teil des Akademielebens nehmen die musisch-kulturellen Aktivitäten ein. In ihnen lösen sich nicht nur die Fachkursstrukturen auf, sondern sie ergänzen das Angebot des ganzheitlichen Lernens und fördern die Gemeinschaft. Als besonders schön und wichtig empfand ich hierbei, dass zu Beginn der Akademie alle am Kontratanz und am Chor teilnahmen und man somit mit allen Akademieteilnehmern gemeinsame Aktivitäten hatte. (Cathryn)

...was die Burg für mich so stark ausmacht: eine Arbeitsatmosphäre, die durch das gemeinsame Arbeiten kreative Resultate und vor allem Spaß am Lernen hervorruft – eben nicht nur bei den Schülern, sondern auch bei den Betreuern. (Julia)

Zu bemerken, wie viele Ideen und wie viel Kreativität von den Schülern selbst kommen kann und wie wenig sie tatsächlich eine Lehrperson im klassischen Sinne als vielmehr einen Lernbegleiter und Helfer brauchen, ist immer wieder eine Erfahrung, die die Zwänge des Regelschulalltages in Frage stellt und somit hilft, eine offene Einstellung nicht nur der unglaublichen Vielfalt der Schüler, sondern auch auf den ersten Blick etwas unkonventionelleren Ideen und Arbeitsweisen gegenüber zu behalten. Die Schülerakademie leistet somit nicht nur durch die fachlichen Inhalte der Kursthemen, sondern auch durch ihr gesamtes ganzheitliches Konzept einen Beitrag zum kritischen Denken. (Julia)

Eine besonders eindrucksvolle Tatsache [...] war für mich der Arbeitswille der Schüler. Nicht nur in den Stunden, sondern auch während ihren Freizeiten und abends nach dem Abendprogramm waren sie mit Ehrgeiz und großem Willen bereit ein begonnenes Thema entweder privat weiter zu diskutieren oder sich mit ihren Betreuern nochmals hinter ihre eigenen Sitzungen zu klemmen, um noch mehr aus dem Thema herauszuholen. (Cathryn)

Innerhalb von gerade mal zwei Wochen scheint man in vielen der Schüler tatsächliche Entwicklungen und Veränderungen sehen zu können, die in kaum einem anderen Umfeld so schnell zustande kommen würden. (Julia)

Die Hessische Schülerakademie hat etwas Magisches [...]: viele unterschiedliche Persönlichkeiten, die sich einem Inhalt widmen, an ihm wachsen und für zwei Wochen ihre Leben teilen. (Paul)

Ich habe auf der Akademie so viele interessante Menschen mit vollkommen unterschiedlichen Hintergründen, Interessen und Talenten getroffen und viel über mich selbst gelernt, dadurch, dass ich einfach

neue Dinge ausprobiert habe. Ich wurde sehr viel mit Situationen konfrontiert, in denen ich mich normalerweise unwohl fühle, und gemerkt, dass es dafür eigentlich gar kein Grund gibt. Ich meine deshalb behaupten zu können, dass ich mich persönlich weiterentwickelt habe, und glaube, dass man dies auch bei ganz vielen der Schülerinnen und Schüler beobachten kann. (Theresa)

Mir kam die gesamte Vorbereitung so vor, als hätten wir viele Hürden zu überspringen, an denen wir selbst wachsen und unsere wissenschaftlichen und didaktischen Fähigkeiten ausbauen und schärfen konnten. Dies war teilweise sehr anstrengend, aber im Nachhinein immer außerordentlich lehrreich für mich. (Dalila)

Die Vorbereitung und das Abhalten der beiden Sitzungen waren für mich sehr gewinnbringend, da ich als Musikwissenschaftlerin in Zukunft mit Sicherheit immer wieder Vorträge halten und Inhalte vermitteln werde. Der Kursinhalt hat mein bisheriges Wissen wunderbar ergänzt und bereichert, aber auch Interesse für noch weitere Themengebiete geweckt, die man im Kurs hätte behandeln können. (Antonia)

Ich hatte das Gefühl, in mancher dieser Sitzungen mehr zu lernen als in manchen Kursen innerhalb eines ganzen Semesters. Dies bezog sich nicht nur auf inhaltliches Wissen, sondern auch auf arbeitstechnische Bereiche. (Cathryn)

Die Mitarbeit an der Hessischen Schülerakademie hat bei mir einen umfangreichen Denkprozess in besonderer Hinsicht auf den Umgang und eine individuelle Förderung meiner Schüler angestoßen. [...] Des Weiteren hat die Zeit auf der Burg mein Bild eines „guten“ Lehrers gefestigt. Ich fühle mich gestärkt in meiner Ansicht, dass ein Lehrer seine Autorität nicht durch Abgrenzung zu seinen Schülern erreichen sollte, sondern dass diese ein vertrauensvolles Verhältnis zu den Schülern nicht ausschließt. Eine individuelle Förderung ist vor allem dann möglich, wenn die Schüler eine positiv verbesserte Einstellung zum Lernen haben. Ziel sollte es daher sein, bei Schülern Spaß am Lernen und Weiterdenken zu fördern und sie nicht nur unter dem Druck einer guten Note zu unterrichten. (Cathryn)

Ich hätte mir gewünscht, einen noch besseren Eindruck von der Arbeit der anderen Kurse zu bekommen. Man hat [...] eher die Ergebnisse gesehen und nicht den Prozess nachvollziehen können. Insofern würde ich mir für die Zukunft wünschen, dass es eine Möglichkeit gibt, etwas interaktiver die anderen Themen mitzuerleben. (Theresa)

Trotz Abiturprüfungen, Examensarbeiten, Dozenturen und Lehrerjobs gibt es wenige Beteiligte, die nicht jetzt schon einer nächsten HSAKA im Jahr 2015 entgegenfiebern. (Paul)

13 Teilnehmende

Leitung und musisch-kulturelles Angebot

	Fabian	Angeloni	mukKs/Leitungsassistenz
Prof. Dr.	Wolf	Aßmus	Physik
	Ingrid	Baumann-Metzler	Englisches Theater
PD Dr.	George	Bruls	Physik
	Rainer	Burkard	Geschichte
	Dr. Amir	Džambic	Mathematik
	Dr. Peter	Gorzolla	Geschichte/Gesamtleitung
	Dr. Cynthia	Hog-Angeloni	Mathematik/Gesamtleitung
	Volker	Kehl	mukKs
Prof. Dr.	Wolfgang	Metzler	Chor
	Saskia C.	Quené	Musikwissenschaft
Prof. Dr.	Heinz	von Loesch	Musikwissenschaft
	Birthe Anne	Wiegand	Mathematik/Leitungsassistenz

Studentisches Team in den Fachkursen

Paul	Alke	Geschichte	Cathryn	Kreher	Geschichte
Alexander	Dick	Physik	Theresa	Kumpitsch	Mathematik
Jan	Fotakis	Physik	Thomas	Meisterknecht	Mathematik
Maria	Gable	Musikwissenschaft	Nina	Quandt	Geschichte
Saskia	Groh	Mathematik	René	Schoenherr	Musikwissenschaft
Laurin	Kapitzki	Musikwissenschaft	Dalila	Truchan	Geschichte
Mirjam	Kehrberger	Musikwissenschaft	Julia	Wirth	Geschichte
Antonia	Kölble	Musikwissenschaft			

Schülerinnen und Schüler

Adalie	Ament	Musikwissenschaft	Freya	Moßig	Mathematik
Lea	Bach	Mathematik	Antonius	Nies	Musikwissenschaft
Caroline	Becker	Geschichte	Doi	Park	Geschichte
Viet Ha	Dang Thi	Mathematik	Leon	Peyman	Physik
Jeida	El Quersh	Mathematik	Jakob	Rauber	Physik
Lena	Ferreira	Physik	Anastasia	Reiß	Musikwissenschaft
Ruth	Heil	Geschichte	Carolin	Richter	Musikwissenschaft
Max	Helmer	Mathematik	Kai-Lars	Ritzke	Mathematik
Alexander	Heppe	Physik	Anna-Sophie	Schmidt	Musikwissenschaft
Frauke	John	Musikwissenschaft	Katharina	Stolla	Mathematik
Paula	Kilp	Mathematik	Sidonie	Stumpf	Geschichte
Céline	Klein	Physik	Stefan	Tauchnitz	Physik
Katharina	Kraus	Geschichte	Isabelle	Teister	Geschichte
Jakob	Lohr	Physik	Leon	Vack	Physik
Saskia	Löschner	Musikwissenschaft	Erik	Walter	Physik
Nada	Magued	Geschichte	Viktor	Warkentin	Geschichte
Lara	Mayer	Mathematik	Patricia	Weisweiler	Mathematik
Miriam	Mayer	Geschichte	Viola	Wilhelm	Physik

Wir danken unseren Förderern

HESSEN



Hessisches
Kultusministerium

GOETHE
UNIVERSITÄT
FRANKFURT AM MAIN



BURG FÜRSTENECK

Hessische Heimvolkshochschule
Akademie für berufliche
und musisch-kulturelle Weiterbildung

Landesschulamt
und Lehrkräfteakademie

