

# 3. Hessische Schülerakademie

5.–17. August 2007

– Schulpraktische Veranstaltung für Lehramtsstudierende –

## Dokumentation

Herausgegeben von:

Cynthia Hog-Angeloni und Wolfgang Metzler

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>

## Inhaltsverzeichnis

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>Vorwort</b>  | <b>5</b>  |
| <b>2</b> | <b>Grußwort des Direktors des Amtes für Lehrerbildung</b>                             | <b>6</b>  |
| <b>3</b> | <b>Vorbereitungsseminar</b>   | <b>7</b>  |
| 3.1      | Begabung und Hochbegabung<br>- theoretische Konzepte, Diagnostik, Förderung . . . . . | 7         |
| 3.2      | Hochbegabung unter Genderaspekten . . . . .   | 8         |
| <b>4</b> | <b>Mathematikkurs</b>   | <b>10</b> |
| 4.1      | Dreidimensionale Mannigfaltigkeiten . . . . .   | 10        |
| 4.2      | Das regelmäßige 17-Eck . . . . .  | 13        |
| 4.3      | Mathematik und Origami . . . . .  | 16        |
| 4.4      | Fraktale Dimension . . . . .  | 20        |
| 4.5      | Penrose-Parkette . . . . .  | 22        |
| 4.6      | Ist unendlich gleich unendlich? . . . . .   | 25        |
| 4.7      | Kettenbrüche . . . . .  | 28        |
| 4.8      | Nichtauflösbarkeit von Gleichungen fünften Grades . . . . .                           | 30        |
| 4.9      | Gut genug gemischt? - Der Mischvorgang beim Kartenspiel . . . . .                     | 33        |
| 4.10     | Benfords Gesetz . . . . .   | 35        |
| <b>5</b> | <b>Physikkurs</b>   | <b>37</b> |
| 5.1      | Transformatoren und Impedanzanpassung . . . . .                                       | 37        |
| 5.2      | Energie- und Impulserhaltung . . . . .  | 39        |
| 5.3      | Schwingungen . . . . .  | 41        |
| 5.4      | Interferenz und Interferometrie . . . . .   | 43        |
| 5.5      | Wärmestrahlung . . . . .  | 46        |
| 5.6      | Das allgegenwärtige $kT$ . . . . .  | 47        |
| 5.7      | Das allgegenwärtige $kT$ , Teil 2 . . . . .   | 49        |
| 5.8      | Fourier-Analyse . . . . .   | 51        |
| 5.9      | Exponentielles Wachstum . . . . .   | 53        |
| 5.10     | Verallgemeinerter Fluss . . . . .   | 56        |
| <b>6</b> | <b>Geschichtskurs</b>   | <b>58</b> |
| 6.1      | Einleitende Sitzung I . . . . .   | 58        |
| 6.2      | Einleitende Sitzung II . . . . .  | 59        |
| 6.3      | Psychohistorie - Annäherung an das Thema . . . . .                                    | 60        |
| 6.4      | Das Zeitalter Friedrichs d. Großen (1712-1786) . . . . .                              | 62        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 6.5      | Das Zeitalter Friedrichs Wilhelm d. III (1770-1840)             | 63         |
| 6.6      | Das Zeitalter Wilhelms II. (1859-1941)                          | 64         |
| 6.7      | Der Erste Weltkrieg als Folge unterdrückter Triebe              | 65         |
| 6.8      | Der Erste Weltkrieg als Folge von Nervosität                    | 67         |
| 6.9      | Adolf Hitler: Seine Kindheit, Jugend und die Folgen             | 68         |
| 6.10     | Adolf Hitler, „sein“ Volk und dessen Verbrechen I               | 70         |
| 6.11     | Adolf Hitler, „sein“ Volk und dessen Verbrechen II              | 71         |
| 6.12     | Nationale Mentalitäten I  | 72         |
| 6.13     | Nationale Mentalitäten II                                       | 72         |
| 6.14     | Abschlußsitzung   | 72         |
| <b>7</b> | <b>Politikkurs</b>  | <b>74</b>  |
| 7.1      | Die zwei Kulturen   | 74         |
| 7.2      | Was ist Wissenschaft?   | 76         |
| 7.3      | Was ist Politik?  | 78         |
| 7.4      | „Politische Theorie und Ideengeschichte“                        | 79         |
| 7.5      | Politische Ideengeschichte                                      | 82         |
| 7.6      | Systemtheorie und Politik                                       | 84         |
| 7.7      | Das politische System der Bundesrepublik Deutschland            | 87         |
| 7.8      | Das Verhältnis: Wirtschaft-Politik                              | 88         |
| 7.9      | Vergleichende Politikwissenschaft                               | 90         |
| 7.10     | Der kooperative Nationalstaat im Zeitalter der „Globalisierung“ | 93         |
| 7.11     | Internationale Beziehungen                                      | 94         |
| <b>8</b> | <b>Kursübergreifende Angebote</b>                               | <b>97</b>  |
| 8.1      | Chor  | 97         |
| 8.2      | Kammermusik   | 97         |
| 8.3      | Improvisation   | 97         |
| 8.4      | Englisches Theater  | 98         |
| 8.5      | Kontratanz  | 99         |
| 8.6      | Zeitungswerkstatt   | 100        |
| 8.7      | Filmkritik  | 100        |
| 8.8      | Jonglage  | 101        |
| 8.9      | Naturerkundung  | 101        |
| <b>9</b> | <b>Abendveranstaltungen</b>                                     | <b>102</b> |
| 9.1      | Sind die USA (noch) eine Demokratie?                            | 102        |
| 9.2      | Individueller Vorteil und gemeinsamer Nutzen                    | 103        |

|  |            |
|--|------------|
| <b>10 Gästenachmittag</b>  | <b>104</b> |
| 10.1 Aus dem Grußwort von Frau OStR'n Ulrike Frontzek, HKM . . . . . | 104        |
| 10.2 Programm . . . . .  | 106        |
| <b>11 Berichte</b>   | <b>108</b> |
| <b>12 Teilnehmende</b>   | <b>109</b> |
| 12.1 Leitung . . . . .   | 109        |
| 12.2 Lehramtsstudierende . . . . .                                   | 109        |
| 12.3 Schülerinnen und Schüler . . . . .                              | 109        |

# 1 Vorwort

Dies ist die Dokumentation der 3. "Hessischen Schülerakademie - Schulpraktische Veranstaltung für Lehramtsstudierende" L3. In Schulen und unter Studierenden hat sie sich herumgesprochen; und so war die Burg bis auf den letzten Platz belegt. Weil überdies der Umbau der Burg noch nicht abgeschlossen war, hätten sich Beeinträchtigungen der Arbeit ergeben können. Dass es nicht geschah, verdanken wir der Fürsorge und dem Einsatz aller Fürstenecker MitarbeiterInnen. Danke!

Das Inhaltsverzeichnis der Akademie 2007 hat eine ähnliche Struktur wie im vergangenen Jahr. Wir geben diesmal aber auch Kurzfassungen wieder von zwei Referaten aus dem einwöchigen Vorbereitungsseminar: Während bei Wettbewerben (z.B. dem Bundeswettbewerb Mathematik) Schülerinnen oft deutlich in der Minderzahl sind, haben wir bei der Hessischen Schülerakademie unter den schulischen und den studentischen Teilnehmenden schon bei den Anmeldungen einen ungefähren Gleichstand. Der Beitrag von **Verona Eisenbraun**, unserer Partnerin im Amt für Lehrerbildung, beleuchtet, wie viel diesbezüglich (noch) zu tun ist. **Thomas Busold**, der an der ersten Akademie als studentischer Betreuer teilgenommen hatte, hielt in diesem Jahr das grundlegende Referat über Begabungsförderung. Die spezielle Ausformung der Grundbegriffe beeinflusst nämlich durchaus die praktischen Ergebnisse, bei uns mit einem ganzheitlichen Ansatz. So werden wir vermutlich auch in den kommenden Jahren den Anteil von Kursen, kursübergreifenden musisch-kulturellen Aktivitäten und interdisziplinären Abendvorträgen nicht ändern, obwohl nach jeder Akademie für jeden von ihnen Voten auf Vergrößerung (zulasten der anderen) eingehen. Lediglich die Modalitäten der Wahl der kursübergreifenden Angebote müssen der vergrößerten Teilnehmerzahl Rechnung tragen.

Aus den Kontakten mit den SchülerInnen ergeben sich mannigfache Impulse bis hin zu (fachlichen) Inhalten der Lehrerausbildung, die in bisherigen Curricula nicht enthalten sind. Wir möchten daher die Hessische Schülerakademie auch für eine beschränkte Anzahl von schon im Dienst befindlichen LehrerInnen als Fortbildungsmöglichkeit mit dem Schwerpunkt Begabtenförderung öffnen. Um eine entsprechende Anerkennung werden wir uns bemühen. Erfolgreich abgeschlossen wurde inzwischen die Verankerung der Akademie als Schulpraktikum im Rahmen der neuen modularisierten Studiengänge. Die Modulbeschreibung enthält die formalen Vorgänge mit den jetzt üblichen Bescheinigungen, vermeidet aus dem genannten Grund aber eine Festlegung von Kursinhalten. Am Ende ist ein Praktikumsbericht der/des Studierenden zu erstellen, der benotet wird.

Für die Akademie 2008 (20. Juli bis 1. August) sind schon etliche Bewerbungen eingegangen. Die Prospekte befinden sich zur Zeit der Abfassung dieses Vorworts gerade im Druck. Der Text kann demnächst auch unter [www.hsaka.de](http://www.hsaka.de) nachgelesen werden. Es werden Kurse in Mathematik, Informatik, Physik und Geschichte stattfinden. Bei **Prof. Dr. Josef Esser** und **Dipl. Pol. Sven Weiß** bedanken wir uns an dieser Stelle für die bisherige Mitwirkung in einem Politikkurs. Sie möchten im kommenden Jahr aus persönlichen Gründen einmal pausieren. Wir hoffen, dass sich in der Abfolge der Kursangebote und der kursübergreifenden Aktivitäten ein Netz von Optionen entwickelt, bei dem ein Pausieren kein Ausscheiden bedeutet. Allen Teilnehmenden an der Akademie 2007, unseren Förderern und allen, die zu dieser Dokumentation beigetragen haben, danken wir abschließend für ihr Engagement und ihre Mitwirkung.

Frankfurt/Main, im Nov. 2007

Cynthia Hog-Angeloni und Wolfgang Metzler

Amt für Lehrerbildung  
- Der Direktor -



**Grußwort des Direktors des Amtes für Lehrerbildung  
für die  
Hessische Schülerakademie 2007**

Die Hessische Schülerakademie, die nun schon zum dritten Mal unter der Schirmherrschaft der Hessischen Kultusministerin und in Zusammenarbeit zwischen der Johann Wolfgang von Goethe-Universität, der Hessischen Heimvolkshochschule Burg Fürsteneck und dem Amt für Lehrerbildung stattgefunden hat, ist ein gelungenes Beispiel für den im Bildungsbereich in Hessen konsequent eingeschlagenen Weg der gezielten individuellen Förderung von Schülerinnen und Schülern in einem durch spezifische Angebote ergänzten differenzierten Bildungssystem. Die Schülerakademie stellt einen Baustein in einer Reihe von Angeboten dar, von dem in Ergänzung und Erweiterung der hessischen Schullandschaft alle Beteiligten profitieren: Schülerinnen und Schüler lernen schon früh wissenschaftliches Arbeiten kennen, sind ihren Begabungen und ihren Interessen entsprechend aktiv und können sich mit Blick auf ein Studium und eine Berufslaufbahn besser orientieren, Studierende machen wichtige Praxiserfahrungen im Hinblick auf die Lehrerausbildung und Begabtenförderung, die beteiligten Institutionen schließlich erhalten wertvolle Erkenntnisse in der Vernetzung und sorgen zugleich für die besondere Qualifikation ihres Nachwuchses.

Es war mir von Beginn an eine selbstverständliche Verpflichtung, der Schülerakademie seitens des Amtes für Lehrerbildung jede uns mögliche Förderung zuteil werden zu lassen. Dies geschieht nicht nur wegen der genannten positiven Effekte für die beteiligten Institutionen, sondern vor allem aus dem Respekt heraus, den das Engagement der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler sowie der Studierenden auslöst. Diese verbringen einen erklecklichen Teil ihrer Ferien damit, in Workshops und weiteren Wahlangeboten die Kluft zwischen schulischer und universitärer Bildungsarbeit kleiner werden zu lassen und Brücken zu schlagen, wo früher oft Kommunikationsarmut herrschte. Dass sich die Schülerinnen und Schüler dabei – ich greife zwei Beispiele von vielen heraus – erarbeiten, wie man sich krumme Flächen in einem drei- oder vierdimensionalen Raum vorstellen kann oder man sich mit Hilfe der kritisch-historischen Methode Motive für menschliches Handeln erschließt, dass sie mit Enthusiasmus in den Ferien ihrem Drang nach Wissen und Erkenntnis nachgehen, dies begründet unseren Respekt und unsere Anerkennung und rechtfertigt ohne Zweifel die Anstrengungen der beteiligten Institutionen.

Ich danke den Veranstaltern, allen voran Herrn Prof. Dr. Wolfgang Metzler und Frau Dr. Cynthia Hog-Angeloni, und allen Beteiligten herzlich für ihren Beitrag zum Gelingen der diesjährigen Schülerakademie. Ich bin davon überzeugt, dass die geleistete Arbeit in besonderer Weise fruchtbar und für unsere Gesellschaft Gewinn bringend sein wird. Es ist beruhigend zu wissen, dass die Fortführung der Schülerakademien bis zum Jahr 2011 gesichert ist. Das Amt für Lehrerbildung wird das Seine weiterhin beitragen, hoffentlich auch über das Jahr 2011 hinaus.

Den teilnehmenden Schülerinnen und Schülern gilt mein besonderer Dank. Erhalten Sie sich Ihre Initiative und Ihr Engagement!

Frank Sauerland  
Direktor

### 3 Vorbereitungsseminar

#### 3.1 Begabung und Hochbegabung - theoretische Konzepte, Diagnostik, Förderung

**Thomas Busold**

(Hoch-)Begabung ist ein Phänomen, das Menschen fasziniert: Schon die Autoren der Antike haben das Leben herausragender Persönlichkeiten festgehalten, die Neuzeit staunt über Wunderkinder mit besonderen Fähigkeiten in Wissenschaft, Kunst und Musik. Oft bestimmen Stereotype und Klischees das Bild vom Hochbegabten: vom eigenbrötlerischen Einzelgänger bis zur gern erklärten Nähe zwischen Genie und Wahnsinn. Der Begriff der Be-Gabung stammt aus religiösem Kontext und meint eine besondere göttliche Gabe, die einem Menschen zuteil geworden ist. Erst im 19. Jhd. beginnt mit der Frage nach der Vererbung intellektueller Fähigkeiten auch die systematische Erforschung von Begabung bzw. Hochbegabung. Die erste groß angelegte Längsschnittstudie wurde von dem amerikanischen Psychologen Lewis Terman 1921 begonnen und hat über Jahrzehnte die Lebensläufe besonders begabter Menschen ausgewertet. Als Kriterium für Hochbegabung verwendete Terman einen Intelligenzquotienten (IQ) von mehr als 130. Die Frage nach dem Kriterium für Hochbegabung wird bis heute in verschiedenen Begabungsmodellen unterschiedlich beantwortet: Hier stehen sich sog. Ein-Faktoren-Theorien, die meist die in Form eines IQ angegebene Intelligenz als alleiniges Kriterium annehmen, und Begabungsmodelle, die von verschiedenen Faktoren ausgehen, z.B. neben Intelligenz noch Kreativität, Motivation oder auch musische und künstlerische Talente, gegenüber. Prof. Detlef Rost, Leiter des Marburger Hochbegabten-Projektes, arbeitet mit einer Intelligenzdefinition der Hochbegabung, da allein für diese standardisierte empirische Testverfahren zur Verfügung stehen. Dieses Konzept muss sich allerdings fragen lassen, ob es damit nicht Hochbegabungen im musischen oder künstlerischen Bereich, die nicht notwendig mit einem hohen IQ einher gehen, ausschließt. Rost hat in seiner Studie unter Jugendlichen festgestellt, dass durch besondere Leistungen in IQ-Tests festgestellte Hochbegabung ein zeitlich relativ stabiles Merkmal ist und dass hochbegabte Jugendliche entgegen mancher Klischees nicht häufiger unter psychischen Problemen leiden als andere. Allerdings gehört nicht jede(r) Hochbegabte auch zu den Schülerinnen und Schülern mit den besten Leistungen - und umgekehrt ist nicht jede(r) Hochleistende auch hochbegabt. Die Diagnostik darf sich also nicht allein auf Schulnoten verlassen, vielmehr werden in der Regel Intelligenztests vorgenommen, aber auch Selbst- und Fremdbeobachtung als Quellen heran gezogen.

Die Förderung hochbegabter Schülerinnen und Schüler geschieht in der Regel durch Akzeleration (frühere Einschulung, Überspringen von Klassen) und Enrichment (Formen der inneren und äußeren Differenzierung durch zusätzliches Material im Unterricht oder durch AGs, Schülerakademien etc.). Außerdem gibt es für Hochbegabte die Möglichkeit, eine der Schulen zu besuchen, die in ihrer Konzeption ganz auf Hochbegabte eingestellt sind. Nicht zuletzt ist auch die Lehrerbildung ein Ort der Begabten- und Hochbegabtenförderung: Lehrkräfte, die ein Auge für besondere Begabungen haben und Schülerinnen und Schüler entsprechend unterstützen und begleiten, können für begabte und hochbegabte Jugendliche ein Segen sein.

Literatur zum Thema:

- [1] *Begabte Kinder finden und fördern*, Bundesministerium für Bildung und Forschung 2003
- [2] Heller, K. A. (Hrsg.): *Hochbegabung im Kindes- und Jugendalter*. Göttingen 1992.
- [3] Holling, Heinz / Kanning, Uwe Peter, *Hochbegabung. Forschungsergebnisse und Fördermöglichkeiten*. Göttingen 1999.

- [4] Rost, Detlef: *Hochbegabte und hochleistende Jugendliche*. Münster, 2000.  
 [5] Simchen, Helga: *Kinder und Jugendliche mit Hochbegabung*. Stuttgart, 2005.

### 3.2 Hochbegabung unter Genderaspekten

Verona Eisenbraun

Die Bestandsaufnahme zur Situation von Frauen im Hochschulwesen ergibt, dass diese beim Studienabschluss noch mit über 50% vertreten sind, bei der Promotion nur noch mit 33,4%, bei Professuren allgemein mit 9,8% und bei C4 Professuren lediglich noch mit 6,3%.

Die Gründe hierfür sind vielfältig, aber vornehmlich in den Hochschulstrukturen zu suchen, die Frauen offenbar nach wie vor ausbremsen.

In der Wirtschaft ist das Bild nicht besser, hier finden sich in den Unternehmensvorständen 12%, in Spitzenpositionen nur 6% Frauen. Gesellschaftliche Normen und Werte, die weibliche Talententwicklungen behindern, sind immer noch von Geschlechterstereotypen geprägt, so auch in der Schule bei Lehrkräften und in der Bildungs- und Berufsberatung. Bei begabten Mädchen und Frauen lässt sich entsprechend eine Scheu verzeichnen, andere durch die eigene Leistung abzuwerten, die allerdings dann nicht auftritt, wenn es um die Akzeptanz von Leistungsvergleichen geht, die die eigene Position für sich selbst bestimmen. Die internationale Vergleichsstudie PISA hat herausgestellt: *Die Angst, vor der Klasse als Streber diffamiert zu werden ... führt ... (dazu), dass gute Schüler und insbesondere leistungsstarke Mädchen nicht ihr vorhandenes Leistungspotential ausschöpfen und auf Dauer leistungsschwächer werden.* (1)

Die Auseinandersetzung mit dem Thema Geschlechterunterschiede hat eine lange Tradition und führte zur angeblich wissenschaftlich fundierten Diskriminierung der Frauen, wie z.B. der Beitrag von Möbius zum "physiologischen Schwachsinn des Weibes" (1903), bis heute in abgemilderter Form. So berichtet Aiga Stapf in einem Vortrag *nach einer Sendung des ZDF mit dem Titel 'Sind Frauen intelligenter?' erreichten mich allerdings sehr besorgte Anrufe, ob es inzwischen so weit gekommen sei, dass Frauen wirklich klüger sind als Männer.'* (2) Die biologische Dimension des Geschlechterunterschiedes wird durch gesellschaftliche Prägungen zur sozialen Rolle, *Die Natur bestimmt, ob wir männlich oder weiblich sind, die Kultur legt fest, was es bedeutet, männlich oder weiblich zu sein* F. Merz, (1979), (3). Gleichwohl gibt es Unterschiede z.B. in den Sinnesleistungen, wo Jungen offenbar einen Vorsprung im räumlichen Denken aufweisen, während bei den verbalen Fähigkeiten ein stabiler Unterschied zugunsten der Mädchen festzustellen ist.

Dennoch sind sich Frauen und Männer dem aktuellen Forschungsstand nach in der allgemeinen Ausprägung ihrer Intelligenz sehr ähnlich. Neurobiologische Unterschiede des Gehirns sind dort, wo sie auftreten, nicht monokausal durch Geschlecht erklärbar. Sigrid Schmitz wendet sich in einem Vortrag anlässlich einer Arbeitstagung zum Thema "Mathematik und Gender (2002)" *gegen die Euphorie des Erklärbaren und zeigt auf, dass man den Ergebnissen, die einen Zusammenhang zwischen Gehirnaktivität und Gender herstellen ... "kritisch begegnen müsse." Ein messbarer Unterschied könnte auch das Ergebnis von Erfahrungen oder kulturellen Einflüssen sein.* (Tagungsband S.7)

Aktuell kann festgehalten werden, dass sich Mädchen und Frauen eher für sozial- kommunikative Themen und Beziehungen, Jungen und Männer dagegen für Dinge und Sachthemen interessieren. Intellektuelle Hochbegabung wird als besonders wirksame Ausprägung der verbalen oder mathematischen Fähigkeiten definiert. *Intelligenz ist die allgemeine Fähigkeit eines Individuums, sein Denken bewusst auf neue Forderungen einzustellen.* (Stern 1920) *Denken, Problemlösungsprozesse werden darunter verstanden, die in hoch abstrakter Form bei Hochbegabten ablaufen* Aiga Stapf (4), wobei Fähigkeiten von Leistungen zu unterscheiden sind, da letztere von einem Bedingungsgefüge abhängen. Zu diesen



für Mädchen allgemein ungünstigeren Bedingungen gehören das weibliche Geschlecht, bestimmte Interaktionsmuster, (mangelnde) Ermutigungen durch die Eltern, Erwartungen der Umwelt, Selbstzuschreibungen, Werthaltungen etc. *Eine deutliche Tendenz, die eigene Leistung zu unterschätzen, ist bei Mädchen und Frauen ersichtlich, bei Jungen und Männern ist eine Überschätzung der eigenen Fähigkeiten in sehr vielen Bereichen zu beobachten* (5). Diese Beobachtung wird auch durch die Auswertung der letzten PISA-Studie bestätigt: Das Leistungsselbst ist bei Jungen deutlicher ausgeprägt, wie Dr. Anne Frenzel in einem Vortrag über Genderaspekte der PISA-Studie belegt. Hochbegabte Mädchen ähneln in ihren kognitiv-intellektuellen Interessen und Verhalten hochbegabten Jungen. Durch einen häufig zu verzeichnenden Anpassungsdruck wie z.B. Spielen mit Puppen nehmen sie oft eine Zwischenstellung zwischen den Geschlechtern ein. 1993 hat eine Pilotstudie von Rost und Hansens an 151 hochbegabten Drittklässlern ergeben, dass sich beide Geschlechter mit typisch gegengeschlechtlichen Spielzeugen beschäftigen, insgesamt konstatieren sie geringere Unterschiede als zwischen normalbegabten Jungen und Mädchen. *Unsere Beobachtungen stützen die Aussage von Merz (1979), dass sich mit steigender Intelligenz allgemein die Unterschiede zwischen den Geschlechtern verringern . . .* (7) Allerdings ergab die Studie auch, dass *hochbegabte Mädchen über ein breiteres Interessenspektrum verfügen als hochbegabte Jungen . . . Ihre Eltern klagen nicht selten darüber, dass die Töchter überall so gut seien, dass sie sich für nichts 'richtig' entscheiden könnten.* (8). Alle untersuchten Mädchen wiesen jedoch ein großes Interesse an Kunst, Kultur ( Fremdsprachen ) auf. Diese breitere Streuung der Hochbegabung bei Mädchen führt auch dazu, dass diese weniger auffällig sind, ein geringeres Selbstvertrauen und weniger spektakuläre Interessen aufweisen und eine stärkere soziale Orientierung haben. Nur 25-30% Mädchen kommen zu den fachpsychologischen Untersuchungen zur Erkennung von Hochbegabung! *Eltern wie Lehrer, die u.a. unterschiedliche Attributionsmuster für Mädchen und Jungen angeben, führen die Leistung der Mädchen eher auf Fleiß und Anstrengung, die der Jungen auf Begabung und Fähigkeiten zurück* (vgl. Heller, 1990 ).(9) Hochbegabte Mädchen fühlen sich bis zur Pubertät noch deutlicher unterfordert als Jungen, Konsequenzen sind Langeweile, psychosomatische Störungen, als Folge suchen sie sich lieber ältere Spielpartner/innen. Hochbegabte junge Frauen sind häufig underachiever - unglücklich, haben Schwierigkeiten, passende Partner zu finden. Diesen sozialen Verunsicherungen, die Mädchen mehr betreffen, kann durch passende Bezugsgruppen wie z.B. der Hessischen Schülerakademie begegnet werden.

#### Fazit:

- Das Selbstvertrauen von hochbegabten Mädchen muss durch mehr Ermutigung von Eltern und Schule gestärkt, ihr Durchsetzungsvermögen trainiert werden,
- über monoedukative Unterrichtsformen ist neu nachzudenken,
- Die Genderkompetenz muss in der Fortbildung auch in diesem Bereich verankert werden.

*Nicht die Frage: Sind Frauen intelligenter? Sondern: Denken Frauen anders? Ist derzeit und zukünftig zu stellen . . . Sie kann bislang nicht eindeutig beantwortet werden.* (Aiga Stapf, 10)

Die Zitate mit ( ) sind sämtlich dem

Tagungsbericht: *Hochbegabte Mädchen und Frauen - Begabungsentwicklung und Geschlechterunterschiede*  
Hrsg. Harald Wagner, Verlag Karl Heinrich Bock (Bad Honnef 2002)  
entnommen.

# Kursprotokolle

## 4 Mathematikkurs

### Gibt es eine Mathematik nach der Schule?

Wir wollen mit interessierten Schülerinnen und Schülern Beispiele<sup>1</sup> kennenlernen, womit sich Mathematiker später noch beschäftigen:

- Auf einem Eisenbahnwagen, der mit Stopps und Beschleunigungen geradeaus fährt, sei in einem beweglichen Gelenk ein Stab angebracht. Kann man immer eine Anfangslage für den Stab so finden, dass er bis zum Ziel nicht umfällt?
- Gibt es für nicht periodische Dezimalbrüche andere Darstellungen, die wieder regelmäßig sind (zum Beispiel als so genannter Kettenbruch)?
- Was ist die Entknotungszahl eines Knotens? Kann man daraus berechnen, wann sich zwei Knoten ineinander deformieren lassen und wann nicht?
- Wie kann man sich "krumme" Flächen im drei- und vierdimensionalen Raum vorstellen?

Wir wollen diese und andere Themen bearbeiten und dabei in das Arbeiten mit wissenschaftlicher mathematischer Literatur einführen. Als Auswahl seien hier nur zwei Beispiele genannt:

Courant-Robbins: *Was ist Mathematik?* Springer Verlag.

Ian Stewart: *Spiel, Satz und Sieg für die Mathematik* Birkhäuser Verlag (1996).

### Kursleitung:

Dr. Cynthia Hog-Angeloni, Mathematikerin, insbes. auch Lehrerausbildung in der I. Phase an der Johann Wolfgang Goethe-Universität/Frankfurt.

Dr. Hanns Thiemann, Mathematiker und Musiker, Studienrat am Laubach-Kolleg der EKHN

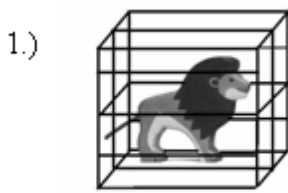
### 4.1 Dreidimensionale Mannigfaltigkeiten

Tobias Stohr  
Betreuerin: Stefanie Ginaidi

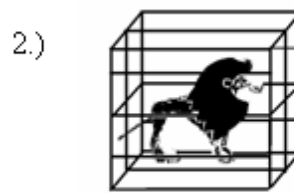
Durch Erfahrungen im Alltag haben wir gelernt, uns im dreidimensionalen Raum ( $\mathbb{R}^3$ ) zurechtzufinden. Dabei verinnerlichen wir Gesetzmäßigkeiten, sodass diese uns heute gar nicht mehr auffallen und für uns normal sind. In der Mathematik versucht man, sich von diesem Denken zu lösen und über unseren eigenen Horizont zu blicken. Ein Wesen, das im  $\mathbb{R}^2$  lebt, kann sich den  $\mathbb{R}^3$  kaum vorstellen, genau wie wir uns den vierdimensionalen Raum vorwiegend durch niederdimensionale Analogien vorstellen können.

Ist man auf einer ebenen Fläche umzäunt, dann wird man womöglich versuchen auszubrechen. Das heißt, man klettert zum Beispiel über die Umzäunung oder gräbt einen Tunnel in die Freiheit. Beide Möglichkeiten zum Ausbruch nutzen die dritte Dimension. Hindernisse im zweidimensionalen Raum können sich mit der 3. Raumdimension umgehen lassen - also müssten sich doch auch dreidimensionale Hindernisse mit der 4. Dimension umgehen lassen . . .

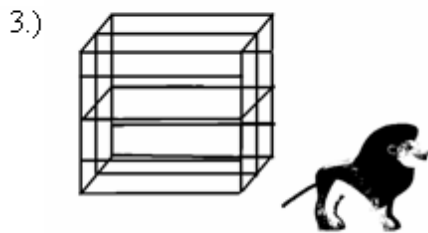
<sup>1</sup>Aufgrund der zahlreichen Eigeninitiativen der Teilnehmenden mussten wir zwei Themen (1 und 3) sogar für ein kommendes Jahr aufheben.



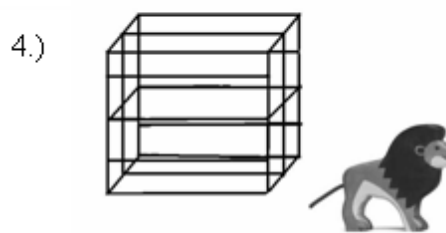
Der Käfig stellt das dreidimensionale Hindernis dar.



Nun wird der Löwe dematerialisiert – d.h. er wird in die vierte Dimension „hochgehoben“.



In seinem dematerialisierten Zustand wird er durch den Käfig transportiert...



...und außerhalb des Käfigs rematerialisiert – das „Hochheben“ von vorhin wird rückgängig gemacht.

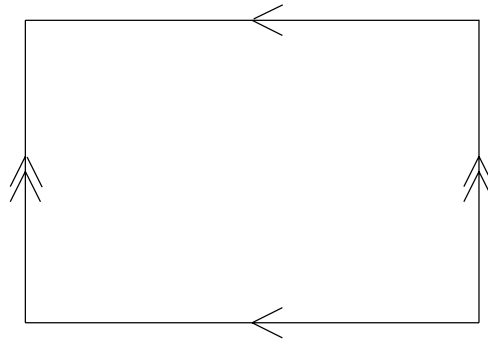
Obwohl der Löwe beim Durchgehen des Käfigs dieselben drei ersten Koordinaten hat, ist das kein Problem! Da er dematerialisiert ist, d.h. die 4. Koordinate verändert wurde, kann er nicht mehr mit dem Käfig zusammenstoßen. Wahrscheinlich besteht unser Weltall aus mehr als den drei Dimensionen, die wir wahrnehmen können. Wie das Universum im Vierdimensionalen aussieht, weiß man nicht genau. Fest steht aber, dass der dreidimensionale Raum gekrümmt ist, ohne dass wir es merken. Man wird z.B. von einem großen Planeten abgelenkt, selbst wenn man immer nur geradeaus fliegt.

Um mehr über die vierdimensionale Beschaffenheit zu erfahren, studiert man so genannte Mannigfaltigkeiten und deren Eigenschaften. Mannigfaltigkeiten sind Räume, in denen jeder Punkt eine  $n$ -Kugel als Umgebung hat. So ist z.B. eine Kugeloberfläche ( $S^2$ ) eine 2-Mannigfaltigkeit, in der jeder Punkt eine zweidimensionale Scheibe als Umgebung besitzt. Findet man heraus, welche topologischen Eigenschaften das Weltall hat, kann man ihm die entsprechende Mannigfaltigkeit zuordnen.

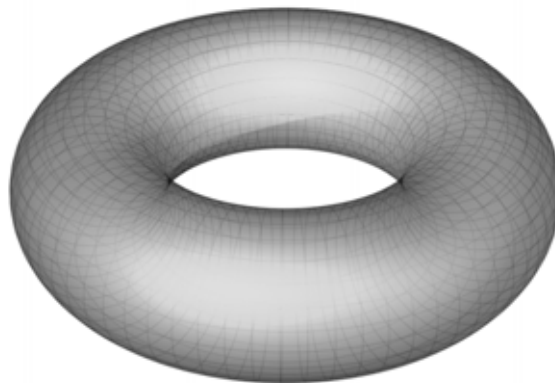
Laut heutigem Stand der Wissenschaft kann man zwei Hauptaussagen über die Grobstruktur unseres Weltalls treffen:

1. Auf der Erde ist es nicht unendlich hell. Unter naheliegenden Annahmen über die Masseverteilung müsste dann das Weltall ein endliches Volumen besitzen, und man könnte sogar die Anzahl der Atome im Weltall schätzen.
2. Das Weltall ist randlos und wenn man mit einem Raumschiff von einem Punkt im Weltall aus immer nur in dieselbe Richtung fliegt, gelangt man möglicherweise irgendwann wieder an den Ausgangspunkt zurück.

Bevor wir uns dem Dreidimensionalen widmen, vereinfachen wir zuerst das Problem. Wir stellen uns zunächst folgende zweidimensionale Mannigfaltigkeiten mit den Eigenschaften endlich und randlos vor.

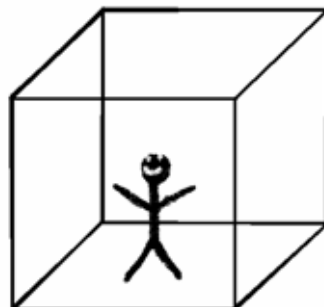


Damit die 1. Aussage stimmt, sind die jeweils gegenüberliegenden Seiten miteinander identifiziert. Identifiziert heißt, dass sie miteinander verbunden sind - sozusagen "zusammengeklebt". Allerdings erfolgt diese Identifizierung nahtlos - im Klartext: Man merkt keine Klebestelle. Obwohl man unendlich weit in eine Richtung laufen könnte, besitzt das Rechteck eine endliche Fläche - nämlich seinen Flächeninhalt. Also trifft Aussage 2 hier zu. Um das "Kleben der Seiten" durchzuführen, wird das Rechteck zwangsläufig zu der Oberfläche eines Körpers. Mit anderen Worten: Will man sich das Gebilde mit identifizierten Seiten vorstellen, ist eine weitere Dimension nötig.



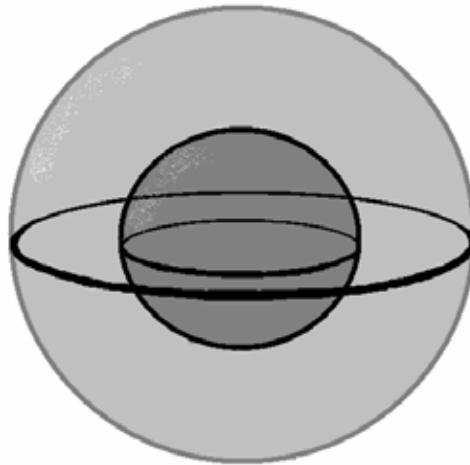
Hier sieht man das Endprodukt der angesprochenen "Bastelei": die Oberfläche eines Volltorus, einen so genannten 2-Torus.

Für jemanden, der im  $\mathbb{R}^2$  lebt, ist es schwer vorstellbar, ein Rechteck so aus der Ebene heraus zu verbiegen, dass ein 2-Torus entsteht. Bei einem ausgefüllten Würfel mag es für uns genauso schwer sein, sich gegenüberliegende Seitenflächen als identifiziert vorzustellen, da wir "nur" im  $\mathbb{R}^3$  leben. Für die Vorstellung müssten wir aber vierdimensional denken können. Diesen Würfel, bei dem die gegenüberliegenden Seitenflächen identifiziert sind, nennt man 3-Torus.



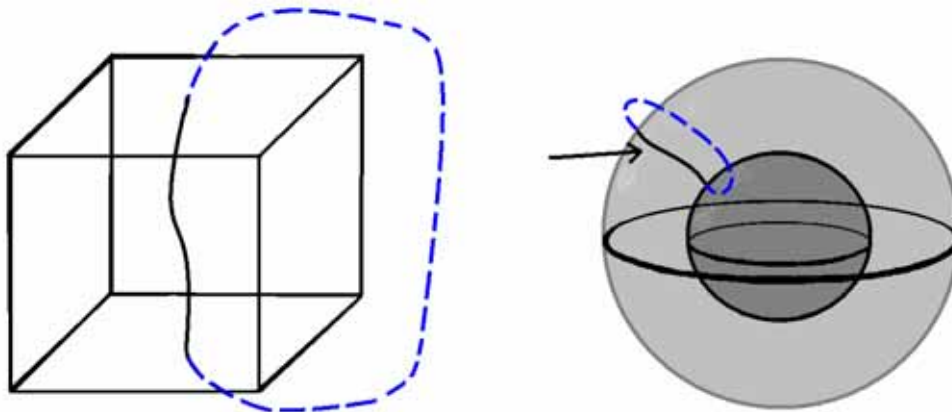
Steht man in einem 3-Torus, kann man sich selbst auf die Fußsohlen schauen - man muss nur weit genug nach oben sehen. Das Problem beim 3-Torus besteht darin, dass man die Seitenflächen im  $\mathbb{R}^3$  nicht "zusammenkleben" kann, denn der 3-Torus ist nun einmal erst im Vierdimensionalen einbettbar. Wir können nur versuchen, ihn mit unseren beschränkten Mitteln darzustellen.

Ein weiteres Beispiel einer 3-Mannigfaltigkeit ist  $S^2 \times S^1$ :



Die  $S^2 \times S^1$  ist eine aufgedickte Kugeloberfläche, bei der die beiden Randflächen (innen und außen) miteinander identifiziert wurden.

Des Weiteren analysiert man *geschlossene Wege* in Mannigfaltigkeiten, um letztere kategorisieren zu können. Die folgenden Wege (als Seile/durchgezogenen Linien dargestellt) im 3-Torus bzw. in  $S^2 \times S^1$  sind geschlossen, da die Enden miteinander identifiziert sind:



**Literatur:** Weeks, Jeffrey: *The shape of space*. 2002, Marcel-Dekker-Verlag, Basel

## 4.2 Das regelmäßige 17-Eck

Frederik Benirschke  
Betreuerin: Anique Schellenberger

Während die Konstruierbarkeit des regelmäßigen Drei-, Fünf-, Fünfecks und derjenigen, welche durch Verdopplung der Seitenzahl derselben entstehen, schon zu Euklids Zeiten bekannt waren, war lange unbekannt, ob eine Konstruktion eines regelmäßigen 17-Ecks mit Zirkel und Lineal möglich ist.

Doch genau dies zeigte Carl Friedrich Gauß am 29. März 1796 im Alter von 18 Jahren. Der von ihm erbrachte Beweis wird im Folgenden vorgestellt:

### Die Konstruierbarkeit regelmäßiger Vielecke

Zur algebraischen Behandlung der Konstruktion eines regelmäßigen 17-Ecks nur mit Lineal und Zirkel brauchen wir die komplexe Zahlenebene und Kreisteilungsgleichungen:

In der komplexen Zahlenebene bilden die  $n$  Lösungen der Kreisteilungsgleichung  $x^n - 1 = 0$ , also die  $n$ -ten Einheitswurzeln, auf Grund der Multiplikation komplexer Zahlen<sup>2</sup> ein regelmäßiges  $n$ -Eck mit dem Einheitskreis als Umkreis. Wenn es nun gelingt, die Kreisteilungsgleichung so aufzulösen, dass eine Koordinate konstruiert werden kann, ist eine vollständige Konstruktion des  $n$ -Ecks möglich. Normalerweise würde man die Einheitswurzeln der Reihe nach aufzählen:  $1, \zeta, \zeta^2, \zeta^3, \dots, \zeta^{n-1}$ , wobei  $\zeta = \cos(\frac{2\pi}{n}) + i \cdot \sin(\frac{2\pi}{n})$  entspricht. Doch bei Primzahlen  $n$  gilt nach einem Satz aus der Zahlentheorie: Statt durch wiederholte Addition von 1 zum Exponenten kann man durch eine wiederholte Multiplikation mit einer zu  $n$  teilerfremden Zahl  $g$  alle von 0 verschiedenen Reste  $1, 2, \dots, n-1$  erzeugen. Das ergibt eine neue Reihenfolge  $g^1 \bmod n, g^2 \bmod n, \dots, g^{n-1} \bmod n$ . Für  $n = 17$  kann man etwa  $g = 3$  wählen:  $1, 3, 9, 27$ , was bei Division durch 17 den Rest 10 ergibt; danach folgt  $81 \bmod 17 = 13$ , etc. So kommt man auf folgende Aufzählung:

$$\zeta^1, \zeta^3, \zeta^9, \zeta^{10}, \zeta^{13}, \zeta^5, \zeta^{15}, \zeta^{11}, \zeta^{16}, \zeta^{14}, \zeta^8, \zeta^7, \zeta^4, \zeta^{12}, \zeta^2, \zeta^6$$

Hieraus kann man *Perioden* - Teilsummen der Einheitswurzeln - bilden, die eine schrittweise Berechnung erlauben. Die ersten beiden Perioden bestehen aus den Einheitswurzeln, die an gerader, bzw. ungerader Stelle stehen. Das sind die *achtgliedrigen Perioden*:

$$\eta_0 = \zeta^1 + \zeta^9 + \zeta^{13} + \zeta^{15} + \zeta^{16} + \zeta^8 + \zeta^4 + \zeta^2$$

$$\eta_1 = \zeta^3 + \zeta^{10} + \zeta^5 + \zeta^{11} + \zeta^{14} + \zeta^7 + \zeta^{12} + \zeta^6$$

Die viergliedrigen Perioden bestehen aus den Einheitswurzeln, die vier Positionen auseinander liegen:

$$\mu_0 = \zeta^1 + \zeta^{13} + \zeta^{16} + \zeta^4$$

$$\mu_1 = \zeta^3 + \zeta^5 + \zeta^{14} + \zeta^{12}$$

$$\mu_2 = \zeta^9 + \zeta^{15} + \zeta^8 + \zeta^2$$

$$\mu_3 = \zeta^{10} + \zeta^{11} + \zeta^7 + \zeta^6$$

Jetzt kann man noch 8 zweigliedrige Perioden bilden, es reichen aber schon zwei:

$$\beta_0 = \zeta^1 + \zeta^{16}$$

$$\beta_4 = \zeta^{13} + \zeta^4$$

Diese Perioden haben die Eigenschaft, dass man jede durch eine quadratische Gleichung aus der nächst längeren bilden kann:

$$\eta_0 + \eta_1 = \zeta^1 + \zeta^2 + \dots + \zeta^{16} = (1 + \zeta^1 + \zeta^2 + \dots + \zeta^{16}) - 1 = -1$$

weil die Summe aller Einheitswurzeln gleich 0 ist, da sie sich gegenseitig aufheben.

Das Produkt von  $\eta_0$  und  $\eta_1$  ergibt -4. Durch Umformung kommt man auf eine quadratische Gleichung  $y^2 + y - 4 = 0$ , deren Lösungen  $\eta_0$  und  $\eta_1$  sind. Die  $p, q$ -Formel ergibt  $\eta_0, \eta_1 = -\frac{1}{2} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{17}$ .

Weiter geht es mit den viergliedrigen Perioden:

$$\mu_0 + \mu_2 = \eta_0$$

$$\mu_0 \mu_2 = \zeta^1 + \zeta^2 + \dots + \zeta^{16} = (1 + \zeta^1 + \zeta^2 + \dots + \zeta^{16}) - 1 = -1$$

$$\mu_1 + \mu_3 = \eta_1$$

$$\mu_1 \mu_3 = -1$$

<sup>2</sup>Multiplikation zweier komplexer Zahlen bedeutet Multiplizieren der Beträge und Addieren der Winkel

Durch diese Identitäten kommt man auf die beiden Gleichungen

$$y^2 - \eta_0 y - 1 = 0$$

$$z^2 - \eta_1 y - 1 = 0$$

mit den Lösungen  $y_1 = \mu_0, y_2 = \mu_2$  und  $z_1 = \mu_1, z_2 = \mu_3$ .

Nun kann man Summe und Produkt der beiden zweigliedrigen Perioden bestimmen:

$$\beta_0 + \beta_4 = (\zeta^1 + \zeta^{16}) + (\zeta^{13} + \zeta^4) = \mu_0$$

$$\beta_0 \beta_4 = (\zeta^1 + \zeta^{16})(\zeta^{13} + \zeta^4) = \zeta^{14} + \zeta^5 + \zeta^{12} + \zeta^3 = \mu_1$$

dadurch kommt man auf die Gleichung

$$y^2 - \mu_0 y + \mu_1 = 0$$

Durch Auflösen aller quadratischen Gleichungen kommt man auf die Identität

$$\beta_0 = (\zeta^1 + \zeta^{16}) = \cos\left(\frac{2\pi}{n}\right) + i \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{n}\right) + \cos\left(\frac{2\pi}{n}\right) - i \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{n}\right) = 2 \cos\left(\frac{2\pi}{n}\right)$$

$$\frac{1}{2}\beta_0 = \cos\left(\frac{2\pi}{17}\right) = -\frac{1}{8} + \frac{1}{8} \cdot \sqrt{17} + \frac{1}{8} \cdot \sqrt{34 - 2 \cdot \sqrt{17}} + \frac{1}{4} \cdot \sqrt{17 + 3\sqrt{17} - \sqrt{34 - 2\sqrt{17}}} - 2\sqrt{34 + 2\sqrt{17}}$$

An diesem Wurzelausdruck erkennt man nun, dass das regelmäßige 17-Eck konstruierbar ist, da ein Punkt konstruierbar ist, wenn seine Koordinaten durch mehrfach geschachtelte Quadratwurzeln mit rationalen Radikanden ausgedrückt werden können:

### Konstruktion mit Zirkel und Lineal

Im kartesischen Koordinatensystem lässt sich die Konstruierbarkeit eines Punktes durch folgendem Satz charakterisieren:

**Satz:** Ausgehend von der Strecke von (0,0) nach (1,0) als "Urmaßstab" kann ein Punkt genau dann mit Zirkel und Lineal konstruiert werden, wenn seine beiden Koordinaten ausschließlich durch rationale Zahlen und mehrfach geschachtelte Quadratwurzeln dargestellt werden können.

Wenn wir nun zeigen können, dass man die vier arithmetischen Grundrechenarten und das Ziehen einer Quadratwurzel geometrisch darstellen kann, ist die Beweisrichtung geführt, die wir hier brauchen:

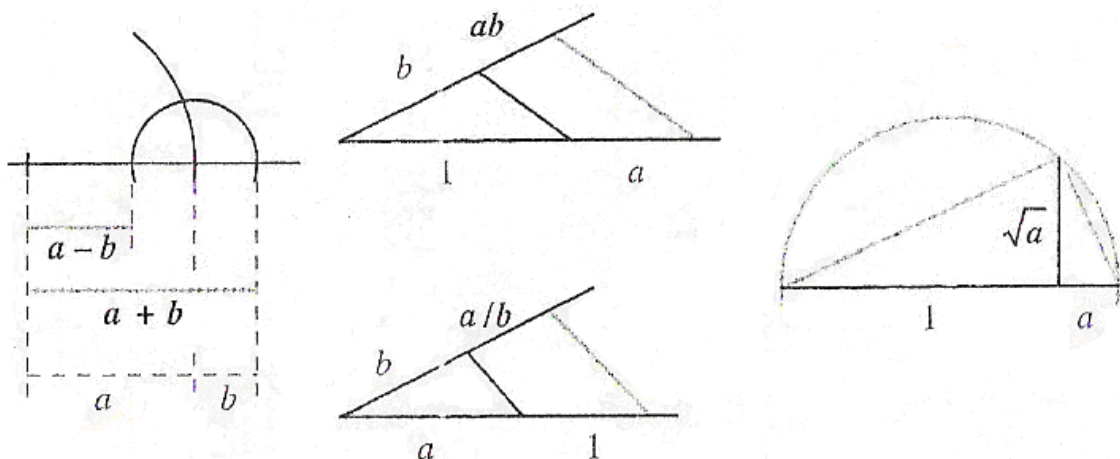


Abbildung 1: (entnommen aus [1], unten: statt  $a/b$  muss es  $b/a$  heißen)

Addition und Subtraktion werden einfach durch Übertragen bereits konstruierter Strecken an eine andere Stelle konstruiert.

Multiplikation und Division kann man mit Hilfe von Parallelen und des Strahlensatzes verwirklichen und zum Ziehen einer Quadratwurzel benötigt man den Höhensatz für rechtwinklige Dreiecke.

Dadurch haben wir den Satz gezeigt und damit auch gleich bewiesen, dass das regelmäßige 17-Eck konstruierbar ist.

### Diskussion:

Im Laufe der Diskussion ergaben sich drei weitere Fragen, auf die ich im Folgenden eingehe:

#### 1. Konstruierbarkeit Fermatscher Zahlen

Zu allen Fermatschen Primzahlen ist das entsprechende regelmäßige  $n$ -Eck konstruierbar; der Beweis folgt im wesentlichen dem oben vorgestellten; doch die Details haben wir nicht durchgeführt.

#### 2. Allgemeine Konstruierbarkeit regelmäßiger $n$ -Ecke

Ein regelmäßiges  $n$ -Eck kann genau dann konstruiert werden, wenn es als ungerade Primteiler nur Fermatsche Primzahlen in der 1. Potenz besitzt:

Für zwei teilerfremde Zahlen  $n$  und  $m$  kann man mit Hilfe des euklidischen Algorithmus zwei ganze Zahlen  $a$  und  $b$  berechnen, die die Gleichung  $an + bm = 1$  erfüllen und wegen  $a \cdot \frac{2\pi}{m} + b \cdot \frac{2\pi}{n} = \frac{2\pi}{nm}$  kann die Kreisteilung in  $n \cdot m$  Teile durchgeführt werden. Deshalb sind Produkte Fermatscher Primzahlen in der ersten Potenz ebenfalls konstruierbar.

#### 3. Fermatsche Zahlen

Fermatsche Zahlen der Form  $2^k + 1$  brauchen die Form  $2^{2^n} + 1$ , um Primzahlen sein:

Sei  $k$  in  $2^k + 1$  keine Zweierpotenz, dann lässt sich  $2^k + 1$  als  $2^{vu} + 1$  mit ungeradem  $u$  schreiben, so dass  $v \cdot u = k$  gilt. Dann ist aber  $2^{vu} + 1$  durch  $2^v + 1$  teilbar und somit nicht prim.

### Literatur:

[1] Bewersdorff, Jörg: *Einführung in die Algebra*, Vieweg Verlag

[2] [www.matheprisma.uni-wuppertal.de](http://www.matheprisma.uni-wuppertal.de)

## 4.3 Mathematik und Origami

Cornelia Bürkin

Betreuerinnen: Marie Cuno und Stefanie Ginaidi

### Was ist Origami?

Origami setzt sich aus den Wörtern ori (Falten) und kami (Papier) zusammen. Origami ist die Kunst des Papierfaltens und hat ihren Ursprung in Japan. Traditionell wird ein quadratisches Papier gefaltet, ohne geschnitten oder geklebt zu werden. Zwischen Geometrie und Origami lassen sich viele Bezüge herstellen. Insbesondere wollen wir uns mit bekannten Konstruktionsproblemen befassen, die mit klassischen Methoden ("mit Zirkel und Lineal") nachweislich nicht lösbar waren (Winkeldreiteilung, Würfelverdoppelung).



**Konstruieren und Falten**

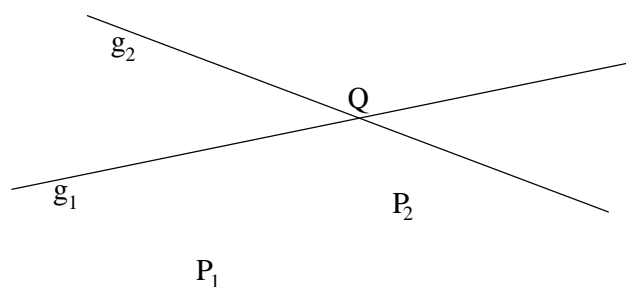
Die vier klassischen Basiskonstruktionen (nur mit Zirkel und Lineal):

- I. Durch zwei verschiedene Punkte kann man eine Verbindungsgerade legen.
- II. Zu zwei nicht parallelen Geraden kann man den Schnittpunkt konstruieren.
- III. Um einen gegebenen Mittelpunkt  $M$  kann man einen Kreis  $k$  zeichnen, der die Entfernung  $r$  zweier gegebener Punkte zum Radius hat.
- IV. Die Schnittpunkte zweier Kreise oder eines Kreises mit einer Geraden kann man konstruieren.

Dagegen die sieben Huzita-Axiome (Falten):

- I. Durch zwei gegebene Punkte lässt sich eine Gerade falten.
- II. Man kann zwei gegebene Punkte aufeinander legen und somit eine neue Mittellinie falten.
- III. Man kann zwei verschiedene Linien aufeinander legen.
- IV. Wenn eine Gerade  $g$  und ein von dieser Gerade verschiedener Punkt  $P$  gegeben sind, lässt sich von  $P$  das Lot zu  $g$  falten.
- V. Gegeben sind die Punkte  $P_1$  und  $P_2$  und die Gerade  $g$ . Man kann eine Linie falten, welche durch  $P_2$  geht und dafür sorgt, dass  $P_1$  auf  $g$  abgebildet wird.
- VI. Gegeben sind die Punkte  $P_1$  und  $P_2$  und die Geraden  $g_1$  und  $g_2$ . Es lässt sich eine Linie falten, wodurch  $P_1$  auf  $g_1$  und  $P_2$  auf  $g_2$  abgebildet wird:
- VII. Gegeben sind der Punkt  $P$  und die Geraden  $g_1$  und  $g_2$ . Es lässt sich eine Linie falten, so dass  $P$  auf  $g_1$  landet, und dass  $g_1$  senkrecht zu  $g_2$  ist.

Exemplarisch betrachten wir das sechste Axiom. Dieses kann man folgendermaßen aus der Geometrie der Ebene heraus begründen:



Gemäß der vorangegangenen Axiome lässt sich  $P_1$  durch Falten auf einen beliebigen Punkt von  $g_1$  abbilden. Danach liegt  $P_2$  (oder sein Bildpunkt) höchstens so weit vom Bildpunkt von  $P_1$  entfernt wie die Strecke  $P_1 P_2$  lang ist. Verändert man die Lage von  $P_1$  auf  $g_1$ , so bewegt sich auch das Bild von  $P_2$  stetig. Es gibt Faltkanten, bei denen  $P_2$  mal in der einen und mal in der anderen durch  $g_2$  definierten Halbebene zu liegen kommt. Damit muss eine Faltkante existieren, bei der  $P_2$  auf  $g_2$  zu liegen kommt, wenn der Bildpunkt von  $P_1$  von der einen Seite von  $Q$  auf die andere wechselt.

**Die Dreiteilung der Winkel** Die Dreiteilung des Winkels gehört zu den klassischen Konstruktionsproblemen, womit sich schon die Griechen vor 2000 Jahren beschäftigt haben. Mit Zirkel und Lineal wurde vergeblich versucht, dieses Problem zu lösen. Dass dies gar nicht möglich ist, zeigte der Mathematiker Pierre Laurent Wantzel im 19. Jahrhundert.

Durch Falten ist die Dreiteilung jedoch möglich:

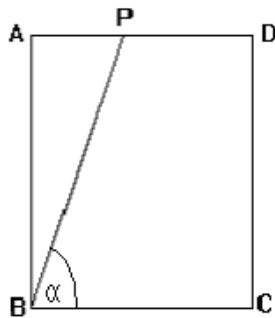


Abb. 1

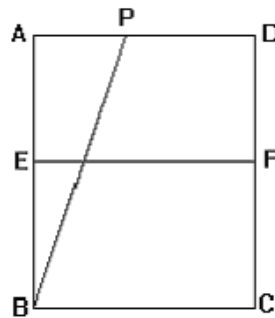


Abb. 2

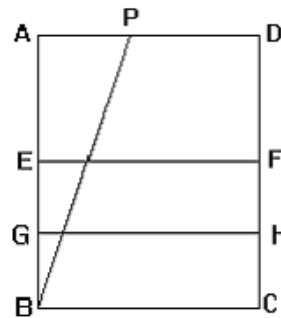


Abb. 3

Abb. 1: Als Papierformat kann zweckmäßigerweise jedes Rechteck dienen, so dass der Punkt  $P$  des vorgegebenen Winkels  $\alpha$  auf der Strecke  $AD$  liegt.

Abb. 2: Etwa in der Bildmitte wird die zu  $BC$  bzw.  $AD$  parallele Strecke gefaltet.

Abb. 3: Die Mittellinie  $GH$  von  $EF$  und  $BC$  wird gebildet.

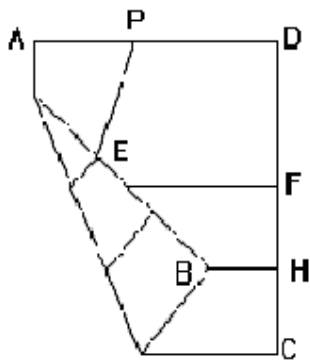


Abb. 4

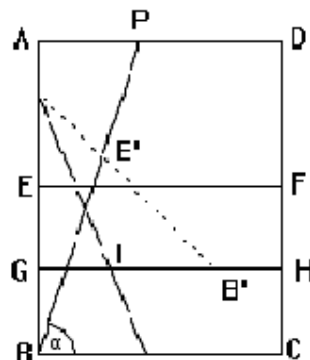


Abb. 5

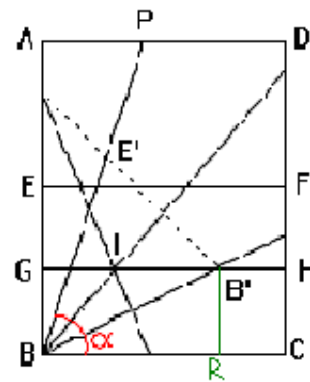


Abb. 6

Abb. 4: Die Ecke  $B$  auf  $GH$  so falten, dass der Punkt  $E$  auf der Strecke  $BP$  liegt.

Abb. 5: Diese Berührungspunkte werden als  $B'$  und  $E'$  markiert. Danach wird das Blatt aufgefaltet.

Abb. 6: Der Punkt  $I$  ist entstanden. Nun werden Geraden durch folgende Punkte gefaltet:  $B$  und  $I$ ;  $B$  und  $B'$ ;  $B'$  und  $E'$ .

Wir zeigen, dass dadurch der Winkel durch die bei der Faltung erzeugten Geraden  $BI$  und  $BB'$  dreigeteilt wurde:

Die Linie  $BI$  steht senkrecht auf  $E'B'$ . Das Dreieck  $BB'E'$  wird deswegen in zwei kongruente rechtwinklige Dreiecke geteilt. Das Lot von  $B'$  auf  $BC$  schneidet  $BC$  im Punkt  $R$ .

Das neue rechtwinklige Dreieck  $BRB'$  ist zu den beiden anderen Dreiecken kongruent. Daraus folgt: Die drei Winkel der Dreiecke in  $B$  sind gleichgroß, und  $\alpha$  wurde dreigeteilt.

**Das Delische Problem der Würfelverdopplung:**

Bei dem Delischen Problem der Würfelverdopplung geht es darum, einen Würfel mit doppeltem Rauminhalt aus einem gegebenen Würfel zu konstruieren.

Die Konstruktion erfolgt in zwei Schritten:

1) Erzeugen von zwei Teilstrecken im Verhältnis  $1 : \sqrt[3]{2}$

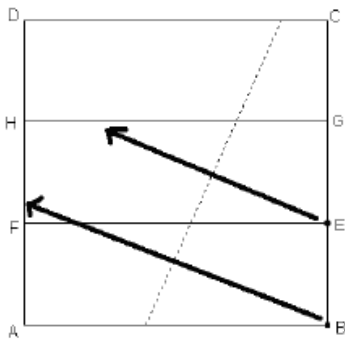


Abb. 7

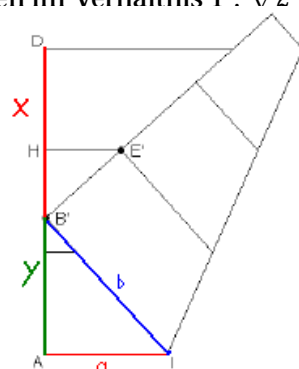


Abb. 8

Abb.7: Das quadratische Papier wird in 3 gleiche Teile geteilt<sup>3</sup>. Der Punkt  $E$  und die Ecke  $B$  werden, wie in Abb. 8, so gefaltet, dass  $B$  auf  $AD$  und  $E$  auf  $GH$  landet.

Abb.8: Die Punkte  $B'$  und  $E'$  werden markiert.

Behauptung: Die Teilstrecken  $x = DB'$  und  $y = AB'$  der Strecke  $AD$  stehen im Verhältnis  $x : y = \sqrt[3]{2}$ .

Beweis: Der Einfachheit halber nehmen wir an, dass das Ausgangsquadrat die Kantenlänge 3 hat. Daraus folgt  $B'E' = 1$ .

Man bezeichnet  $x = DB'$ ;  $y = AB'$ ;  $a = AI$ ;  $b = IB'$ . Es gilt:  $x + y = a + b = 3 \Rightarrow y = 3 - x$

Die Dreiecke  $AIB'$  und  $B'E'H$  sind ähnlich, also ergibt sich für die Seitenverhältnisse:

$a : b = (x - 1) : 1$ . Daraus folgt  $a = (3x - 3) : x$  und  $b = 3 : x$ . Nun wird dies in die Gleichung  $b^2 = a^2 + y^2$  des Dreiecks  $AIB'$  eingesetzt:  $(3 : x)^2 = ((3x - 3) : x)^2 + (3 - x)^2$ . Hieraus ergibt sich nach einiger Umformung  $x^3 = 2y^3$  und damit die Behauptung.

2) Mithilfe dieses Seitenverhältnisses lässt sich eine Strecke der Länge  $\sqrt[3]{2}$  falten: Man faltet Punkt  $K$  so, dass der Punkt  $K$  die Strecke  $AB$  drittelt. Die Linie  $B'K$  und ihre Mittelsenkrechte  $f$  werden gefaltet. Durch  $D$  wird das Lot  $g$  zu  $f$  gefaltet. Der Punkt  $L$  entsteht.

Behauptung: Die Strecke  $KL$  hat die Länge  $\sqrt[3]{2}$ .

Beweis : Mithilfe der Strahlensätze folgt :  $x/y = KL/1 \Rightarrow KL = \sqrt[3]{2}$

**Literatur:**

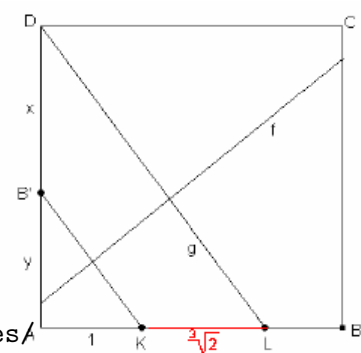
[1]: Henn, H.-W.: *Origamics - Papierfalten mit mathematischem Spürsinn*

[2] [http://www.mathematik.uni-dortmund.de/didaktik/\\_personelles/people/henn/origa\\_hd.pdf](http://www.mathematik.uni-dortmund.de/didaktik/_personelles/people/henn/origa_hd.pdf)

[3] G. Scharfenberger; S. Schäfer: *Lösen mathematischer Probleme mithilfe von Origami*

[4] [http://www.math.tu-dresden.de/~nestler/HS\\_Geometrie/Vortraege/WinkeldreiteilungZusammenf.pdf](http://www.math.tu-dresden.de/~nestler/HS_Geometrie/Vortraege/WinkeldreiteilungZusammenf.pdf)

[5] <http://www.langorigami.com/science/hha/hha.php4>



<sup>3</sup>Dass dies stets möglich ist, folgt aus dem Satz von Haga. Dieser wurde im Kurs behandelt, hier aber aus Platzgründen unterdrückt, s. [1]

#### 4.4 Fraktale Dimension

Florian Thoß  
Betreuer: Mathias Trojanowski

„Fraktale sollen eine feine Struktur und eine Form von Selbstähnlichkeit haben, werden meist rekursiv definiert und sind zu unregelmäßig, um sie mit bekannten geometrischen Maßstäben zu beschreiben.“ (nach Kenneth Falconer).

**Entwicklung** Ein erstes Problem mit dem Dimensionsbegriff entstand mit der Entdeckung der PEANO-Kurve. Sie war im herkömmlichen (topologischen) Sinn eine eindimensionale Kurve. (Man kann sich auf einer Kurve nur in zwei Richtungen bewegen, sie ist also eindimensional. Ob sie in einem höherdimensionalen Raum eingebettet ist, ist hierbei unerheblich.) Führt man jedoch unendlich viele Iterationsschritte durch, so ergibt sich ein gefülltes Quadrat. Doch wie kann ein eindimensionales Objekt in einer Fläche jeden möglichen Punkt erreichen? Dies führte zu einiger Verwirrung unter den Mathematikern. Das Problem war, dass man in der Topologie davon ausging, dass gewisse Eigenschaften, wie ein geeigneter Dimensionsbegriff, topologisch invariant sein sollte, sich also nicht durch Verformung verändern lassen darf. Einige Zeit später wurde dies geklärt. Der topologische Dimensionsbegriff ist jedoch nicht der einzige. In der Analysis entstanden weitere Dimensionsbegriffe, so auch solche, die eine *gebrochene* Dimension ergeben. Hiermit versucht man, die Komplexität eines Objekts numerisch zu erfassen.

**Sierpinski-Teppich** Ein Beispiel für ein Fraktal ist der *Sierpinski-Teppich*. Zu seiner rekursiven Definition benötigt man mehrere Stufen. Man beginnt man mit einem gefüllten Quadrat, das man in neun gleich große Quadrate mit einer Seitenlänge im Verkleinerungsfaktor  $\frac{1}{3}$  zerteilt und das mittlere entfernt. Mit den verbleibenden acht Teilstücken verfährt man ebenso wie mit dem Ursprungsquadrat, usw. Die Schnittmenge aller Stufen ist der Sierpinski-Teppich, s. folgende Abb.

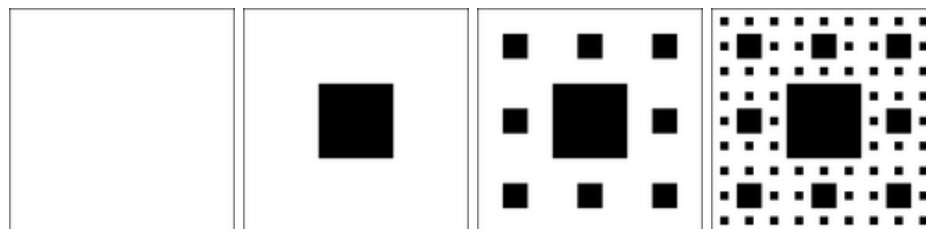


Abbildung 2: Stufen 0 bis 3

Die topologische Dimension des Sierpinski-Teppichs ist 1, denn man kann zeigen, dass eine Teilmenge des  $\mathbb{R}^2$  bezüglich des topologischen Dimensionsbegriffs erst dann zweidimensional ist, wenn mindestens ein Stück Fläche in ihm vorkommt. Versucht man jedoch, im Sierpinski-Teppich eine Fläche unterzubringen, wird diese zwangsläufig „gelocht“. Dieses Objekt erscheint jedoch intuitiv „mehr als eindimensional“, was uns zur Hausdorff-Dimension führt:

**Hausdorff-Dimension** Die Hausdorff-Dimension definieren wir für Punktmenge  $A$ ;  $A$  könnte beispielsweise der oben behandelte Sierpinski-Teppich sein. Wir beginnen mit dem *s-dimensionalen*

*Hausdorff-Maß*  $h^s(A)$  von  $A$ , das als Grenzwert von  $h_\varepsilon^s(A)$  für  $\varepsilon$  gegen Null definiert ist.

$$h^s(A) = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} h_\varepsilon^s(A)$$

Zur Bestimmung von  $h_\varepsilon^s(A)$  wiederum betrachten wir alle *Überdeckungen* von  $A$ , (d.h. Vereinigungen von abzählbar vielen (offenen) Mengen  $U_i$ , die  $A$  überdecken) und deren Durchmesser  $\text{diam}(U_i)$  („maximaler“ Abstand zweier Punkte in  $U_i$ , formal:  $\text{diam}(U) = \sup\{d(x, y) \mid x, y \in U\}$ ) kleiner als Epsilon ist.

Für jede dieser Überdeckungen wird nach der Formel  $\sum_{i=1}^{\infty} \text{diam}(U_i)^s$  ein Wert bestimmt. Um hierunter den kleinsten Wert zu erhalten, bilden wir das Infimum.

$$h_\varepsilon^s(A) = \inf \left\{ \sum_{i=1}^{\infty} \text{diam}(U_i)^s \mid A \subseteq \bigcup_{i=1}^{\infty} U_i; \text{diam}(U_i) < \varepsilon \right\}$$

HAUSDORFF hat bewiesen, dass es für jedes  $A$  eine wohlbestimmte Zahl  $D_H(A)$ , die *Hausdorff-Dimension*, gibt, so dass gilt:

$$h^s(A) = \begin{cases} \infty & \text{für } s < D_H(A) \\ 0 & \text{für } s > D_H(A) \end{cases}$$

$D_H(A)$  ist dann:

$$D_H(A) = \inf\{s \mid h^s(A) = 0\} = \sup\{s \mid h^s(A) = \infty\}$$

Für  $s = D_H$  kann  $h^s(A)$  die Werte Null, Unendlich oder eine positive reelle Zahl annehmen.

**Beispiel** Wir wollen eine heuristische Berechnung für die Hausdorff-Dimension des Sierpinski-Teppichs  $T_\infty$  geben unter der Annahme  $0 < h^s(T_\infty) < \infty$  für  $s = D_H(T_\infty)$ . Der Sierpinski-Teppich  $T_\infty$  besteht aus 8 Teilen  $T_T$ , die Ähnlichkeitstransformationen von  $T_\infty$  im Verkleinerungsfaktor  $c = \frac{1}{3}$  darstellen. Somit ist

$$h^s(T_\infty) = h^s(T_T) \cdot 8 \Leftrightarrow h^s(T_\infty) = c^s h^s(T_\infty) \cdot 8 \Leftrightarrow \frac{1}{8} = c^s \Leftrightarrow s = \frac{\log 8}{\log 3} \approx 1,89$$

Diese Betrachtung motiviert die Einführung des Begriffs der Selbstähnlichkeits-Dimension, s.u.

**Andere Dimensionsbegriffe** Man benutzt zur Berechnung der Dimension eines Fraktals Vereinfachungen wie die Selbstähnlichkeits-Dimension, die Box-Dimension, die Minkowski-Dimension oder die Yardstick-Methode. Zwei davon wollen wir hier noch vorstellen.

### Selbstähnlichkeits-Dimension

Eine grundlegende Eigenschaft aller Fraktale ist ihre Selbstähnlichkeit, die durch die rekursive, meist recht simple Konstruktionsweise entsteht. Die Selbstähnlichkeitsdimension  $D_s$  benötigt *exakte* Selbstähnlichkeit: Das Fraktal lässt sich aus verkleinerten Ähnlichkeitstransformationen seiner selbst zusammensetzen. Nicht alle selbstähnlichen Gebilde sind ein Fraktal. Jedoch wird hier der Zusammenhang zwischen dem Verkleinerungsfaktor und der benötigten Teilanzahl deutlich. Wir definieren:

$a$  = Anzahl der Teile, die bei Verkleinerung entstehen,  $s$  = Verkleinerungsfaktor und  $D_s = \text{Selbst-ähnlichkeits-Dimension}$ :

$$a = \frac{1}{s^{D_s}}$$

Einen Würfel beispielsweise kann man mittels dem Skalierungsfaktor  $s = \frac{1}{2}$  in  $a = 8$  ähnliche Teile zerlegen; für ihn gilt somit erwartungsgemäß  $D_s = 3$ .

### Box-Dimension

Die Besonderheit der Box-Dimension liegt darin, dass man mit ihr die Dimension eines beliebigen, maximal zweidimensionalen Objektes (nicht zwingend ein Fraktal) berechnen kann. Die Grundlage dieser Dimension ist ein Gitter mit Maschen der Weite  $s$ . Je nach Wahl von  $s$  ergibt sich eine andere Anzahl von belegten Maschen  $N(s)$ . Wir bestimmen nun mehrere  $N(s)$  mit unterschiedlichen  $s$  und tragen die Ergebnisse in ein Diagramm mit  $\log(\frac{1}{s})$  als x- und  $\log(N(s))$  als y-Achse ein. Die sich ergebende Steigung einer Geraden durch diese Punkte ist die *Box-Dimension*  $D_b$ .

### Definition eines Fraktals

BENOÎT MANDELBRÖT benutzte die Hausdorff-Dimension zur Einführung seines Fraktalbegriffes:

Ein Fraktal ist eine Menge, deren Hausdorff-Dimension größer ist als ihre topologische Dimension.

**Beispiel** Die topologische Dimension des Sierpinski-Teppichs ist 1. Die Hausdorff-Besikowitsch-Dimension hingegen ist etwa 1,89; somit ist der Sierpinski-Teppich ein Fraktal.

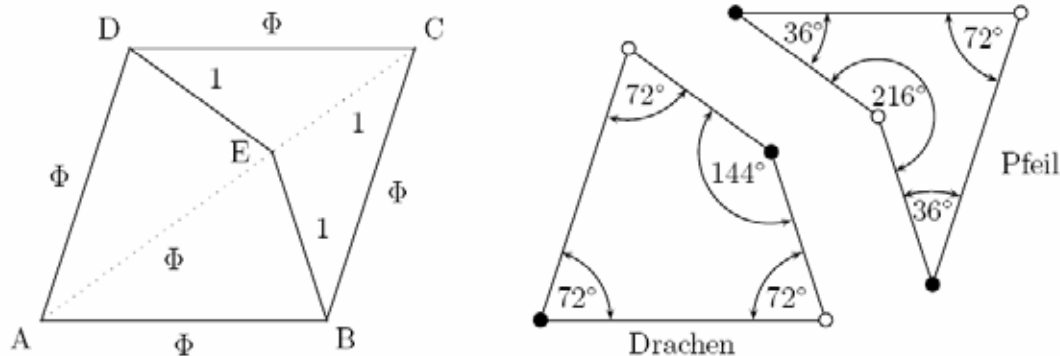
## 4.5 Penrose-Parkette

Patrick Lahr  
Betreuer: Mathias Trojanowski

Unter einer *Parkettierung* versteht man eine lückenlose und (bis auf Randpunkte) überlappungsfreie Bedeckung einer Ebene. Genauso wie die Ebene unendlich groß ist, gilt dies auch für jede mathematisch betrachtete Parkettierung. Als Beispiel wäre es denkbar, sich die Fliesen aus dem eigenen Badezimmer ohne Begrenzung immer wiederholend vorzustellen. Um solche Vorstellungen, eine Vielzahl denkbarer Muster und letztendlich einen der interessantesten Repräsentanten der Kategorie Parkettierungen der 2-dimensionalen euklidischen Ebene geht es in meinem Vortrag. Am Anfang jeder Vorstellung einer Parkettierung stehen die Kacheln, die sie bilden. Diese topologischen Scheiben bestimmen wesentlich, welche Charakteristik eine aus ihnen gelegte Parkettierung haben kann. So ist der Variantenreichtum einer Parkettierung ausschließlich aus Quadraten stark begrenzt, bei Kreisen sogar gleich Null. Zu der Charakteristik, die wir hier beschreiben, gehören 3 fundamentale Dinge: Existenz, Symmetrie und Periodizität. *Existenz* meint, dass aus den gegebenen Kacheln eine Parkettierung herstellbar ist. *Symmetrie* bedeutet, dass diese Parkettierung durch Rotation, Translation oder Spiegelung an einer Achse auf sich abgebildet werden kann. Die *Periodizität* fragt danach, ob eine Parkettierung sich durch die Aneinanderreihung eines endlichen Elementarabschnittes in zwei linear unabhängige Translationsrichtungen ergibt. Trifft dies zu, nennt man sie periodisch, tut es dies nicht, ist sie aperiodisch.

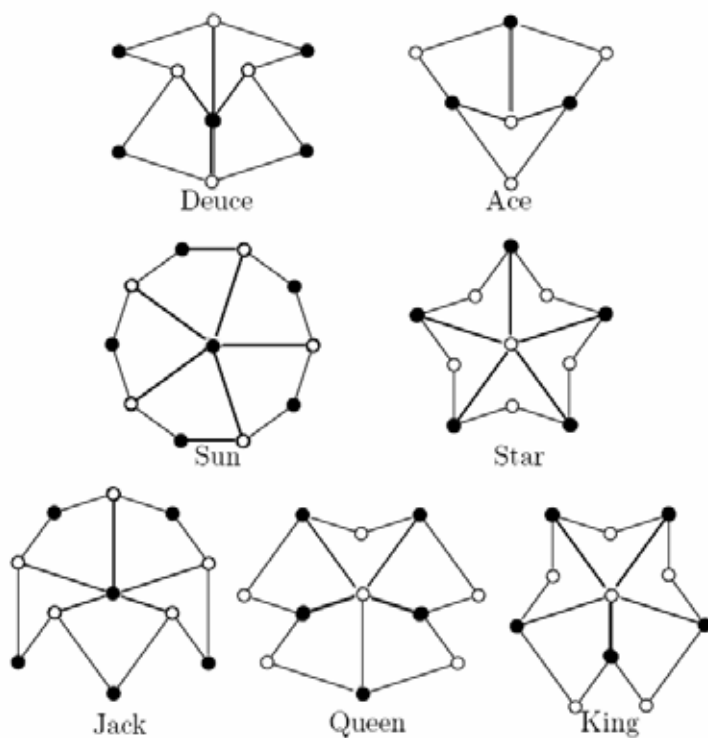
Vermeht im 20. Jahrhundert kam dann die Frage nach Kacheln auf, aus denen sich einzig und allein aperiodische Parkettierungen legen ließen. Robert Bergmann konnte 1964 die Existenz eines Kachel-sortiments aus 20426 Kacheln beweisen, welches sich ausschließlich aperiodisch legen ließ. In den Folgejahren wurde nach immer kleineren Sortimenten solcher Kacheln gesucht und manche sogar

gefunden, bis Roger Penrose mehrere Kachelpaare entdeckte, die sich bereits nur aperiodisch legen lassen. Als Beispiel sei das folgende Paar gezeigt, welches ehemals aus einem Parallelogramm mit Seitenlänge des goldenen Schnittes entstanden war und auch als Drache und Pfeil bekannt geworden ist:

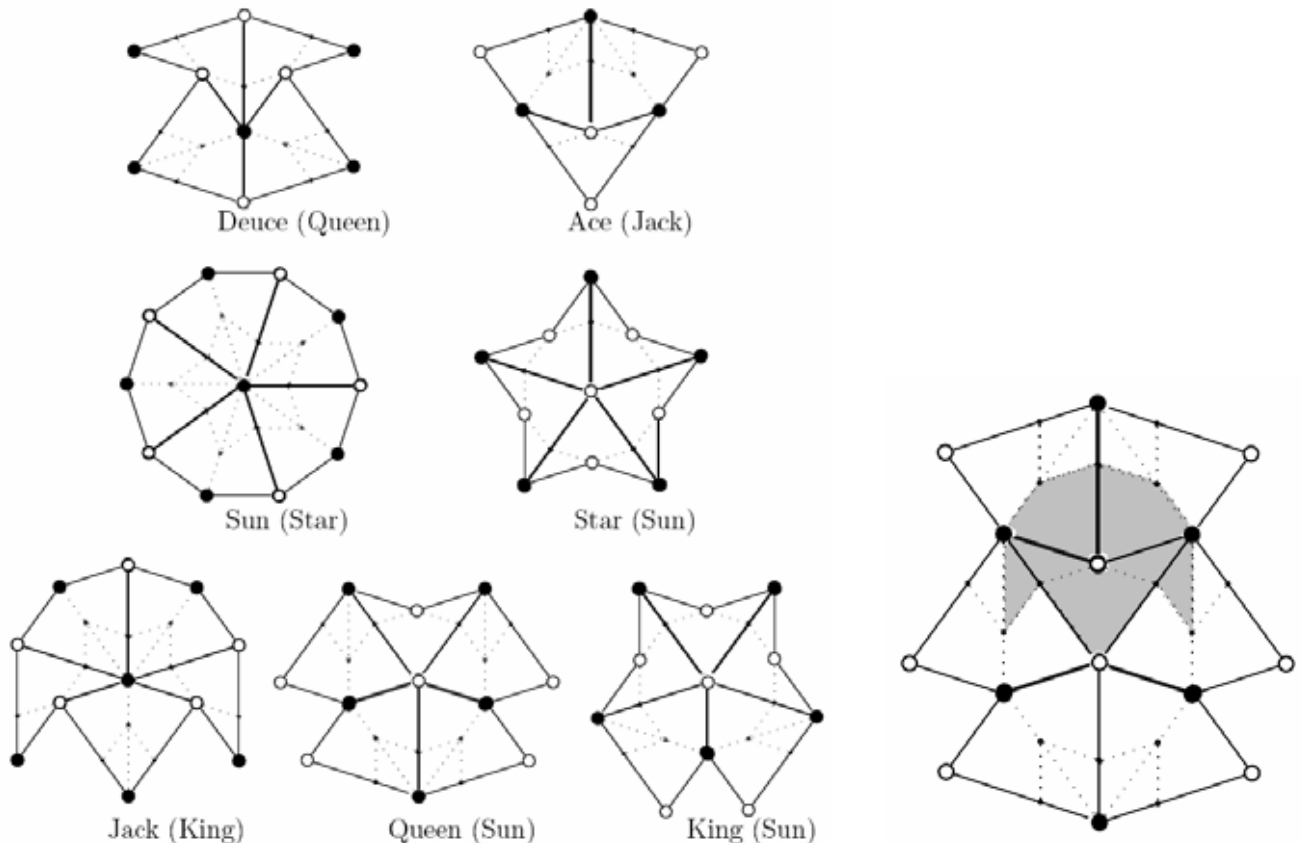


Die schwarzen und weißen Punkte an den Ecken der Kacheln deuten an, welche Ecken in einer entstehenden Ecke aufeinander treffen dürfen (Schwarz mit Schwarz/ Weiss mit Weiss). Diese Regel ist durch geringfügige Veränderung der Kacheln erzwingbar.

Beginnt man nun, ein Parkett unter Beachtung dieser Veränderungen zu legen, erkennt man nach einigen Fallunterscheidungen, dass es nur 7 vollständige Ecken gibt, d.h. mögliche Zusammenlegungen von Kacheln um eine Ecke mit der Winkelsumme  $360^\circ$ .



Für den noch ausstehenden Existenzbeweis und die spätere Argumentation ist eine Eigenschaft der Penrose-Kacheln außerdem von äußerster Wichtigkeit. Es ist möglich, Kacheln, die um den Faktor  $\Phi$  oder eine seiner Potenzen kleiner sind, in die Parkettierung einzubeschreiben, so dass wieder vollständige Ecken entstehen. Dieser Vorgang wird Inflation oder Unterteilen genannt. Der umgekehrte Vorgang, Deflation oder auch Oberteilen, ist ebenso immer möglich. Die hierfür notwendige Beweisführung läuft über eine Betrachtung endlich vieler Elementarausschnitte eines Parketts, für die die Durchführbarkeit eines der Vorgänge eindeutig möglich ist. Dies sei an folgender Grafik zur Inflation illustriert:



Der Prozess der Inflation führt uns dann auch direkt zum Existenzbeweis. Man nehme z.B. die Figur Sun. Führt man an ihr 2mal eine Inflation aus, so bleibt sie als Zentrum erhalten, jedoch bildet sich außen herum eine Vielzahl neuer Kacheln. Führt man diesen Prozess der Doppelinflation genügend oft aus und skaliert die Seitenlängen wieder hoch, so erhält man nach und nach eine Parkettierung der gesamten Ebene. Folglich *existiert* eine Penrose Parkettierung mit Pfeil und Drachen.

Nun kommt es zu dem schwierigeren Teil: Es muss bewiesen werden, dass sämtliche Parkettierungen aus diesen beiden Kacheln aperiodisch sind. Dafür beweisen wir erst einmal, dass Parkettierungen, *die aus der Inflation endlicher Parkettausschnitte entstehen*, zwangsläufig aperiodisch sind, und zeigen nachträglich, dass alle Parkettierungen als Produkt einer solchen Inflation darstellbar sind.

Dabei ist folgender Gedankengang fundamental: In einer periodischen Parkettierung entsteht ein rationales Verhältnis der beiden Kacheltypen. Ist das Verhältnis also irrational, so ist die Parkettierung aperiodisch. Dies folgt daraus, dass eine periodische Parkettierung aus einem endlichen sich immer wiederholenden elementaren Ausschnitt besteht, in dem die Anzahl der Kacheln eines jeden Typs



eine natürliche Zahl ist.

Betrachten wir nun, wie sich das Verhältnis verändert, wenn wir einen endlichen Ausschnitt einer Parkettierung nehmen und an ihm eine Inflation ausführen. Wir erhalten, nachdem wir jeweils halbe Drachen für das Verhältnis wieder zusammengesetzt haben, folgende Rekursionsformel:

$$x_{i+1} = 2x_i + y_i \text{ und } y_{i+1} = x_i + y_i \text{ für } i = 0, 1, 2, \dots, n-1$$

mit der Variablen  $x$  für die Zahl der Drachen und  $y$  für die der Schwalben. Die Glieder der beiden entstehenden Folgen kann man in alternierender Reihe mit aufsteigendem  $i$  und mit  $x$  beginnend als eine allgemeine Fibonacci-Folge darstellen, für die gilt, dass das Verhältnis zweier ausreichend großer aufeinanderfolgender Zahlen stets (unabhängig vom Anfangswert) gegen den goldenen Schnitt  $\Phi$  strebt, welcher irrational ist. Alle 3 Beweise (Darstellbarkeit, Verhältnis  $\Phi$ , Irrationalität) entnehmen Sie bitte der unten genannten Quelle. Daraus folgt nun, dass durch Inflation entstandene Parkettierungen aperiodisch sind.

Es gilt aber sogar, dass *alle* Penrose Parkette gegen ein irrationales Verhältnis streben und somit aperiodisch sind.

Betrachten wir hierzu eine beliebige Penrose-Parkettierung und auf dieser eine Folge von Kreisen mit gleichem Mittelpunkt und wachsendem Radius. Da sich auf jedem endlichen Ausschnitt sowohl Inflation wie auch Deflation durchführen lässt, strebt der Quotient aus Drachen- und Schwalbenanzahlen für jeden der Kreise mit wachsendem Radius immer mehr gegen  $\Phi$ , und folglich ist im Grenzwert das Verhältnis der ganzen Parkettierung gleich  $\Phi$ . Damit haben wir gezeigt, dass jede Penrose-Parkettierung ein irrationales Verhältnis aus Drachen- und Schwalbenanzahlen aufweist und somit nicht periodisch sein kann. q. e. d.

#### Literatur:

Hans-Wolfgang Henn: *Elementare Geometrie und Algebra*; Vieweg-Verlag, (2003), pp. 121-125

## 4.6 Ist unendlich gleich unendlich?

Stefan Thoß

Betreuerin: Anique Schellenberger

„Unendlichkeit ist die Bezeichnung für Phänomene, deren Ende nicht existiert oder nicht gedacht werden kann.“ ([www.unendliches.net](http://www.unendliches.net))

Bei unendlichen Mengen spielt die Mächtigkeit eine große Rolle:

**Definition 1.** Wenn eine beliebige Menge  $M$  sich bijektiv auf  $\mathbb{N} = \{1; 2; 3; 4; \dots\}$  abbilden lässt, nennt man sie *abzählbar unendlich*.

Bijektionsklassen heißen *Mächtigkeiten*, diejenige der natürlichen Zahlen wird mit  $\aleph_0$  bezeichnet.

Eigenschaften abzählbar unendlicher Mengen kann man gut an **Hilberts Hotel** illustrieren. Dieses Hotel hat abzählbar unendlich viele Einzelzimmer, die mit den natürlichen Zahlen  $1, 2, 3, 4, 5, \dots$  durchnummeriert sind.

Eines Abends ist das Hotel voll belegt und ein neuer Gast reist an. Der Portier entgegnet ihm, dass kein Zimmer mehr frei sei. Zum Glück kommt der Hoteldirektor, der eine Idee hat: Wir schicken den Gast von Zimmer 1 in Zimmer 2, den Gast von Zimmer 2 in Zimmer 3, ..., den Gast von Zimmer  $n$  in Zimmer  $n + 1$ . Nun kann der neue Gast in das freie Zimmer 1 einziehen.

Kurz darauf kommt auch noch ein Bus mit abzählbar unendlich vielen Gästen. Wieder hat der Hoteldirektor eine Idee: Der Gast aus Zimmer 1 zieht in Zimmer 2, der Gast aus Zimmer 2 in Zimmer 4, ..., der Gast aus Zimmer  $n$  in Zimmer  $2n$ . In die frei gewordenen Zimmer mit den ungeraden Zimmernummern  $1, 3, 5, 7, 9, \dots$  können die neuen Gäste einziehen.

**Die rationalen Zahlen** Mithilfe des 1. Cantorschen Diagonalverfahrens lässt sich beweisen, dass auch die Menge der rationalen Zahlen  $\mathbb{Q}$  abzählbar ist.

In Abbildung 3 werden alle positiven ganzen Brüche aufgeführt. Wenn wir nun die 0 hinzufügen, die Brüche kürzen, schon vorhandene Zahlen weglassen und die negativen Zahlen hinzunehmen, ergibt sich eine Folge, die  $\mathbb{Q}$  darstellt:

$$\mathbb{Q} = \{0; 1; -1; \frac{1}{2}; -\frac{1}{2}; 2; -2; 3; -3; \frac{1}{3}; -\frac{1}{3}; \frac{1}{4}; -\frac{1}{4}; \dots\}$$

**Satz 1.** Da sich die rationalen Zahlen hintereinander aufzählen lassen, ist deren Menge gleichmächtig zu  $\mathbb{N}$  und somit *abzählbar unendlich*.

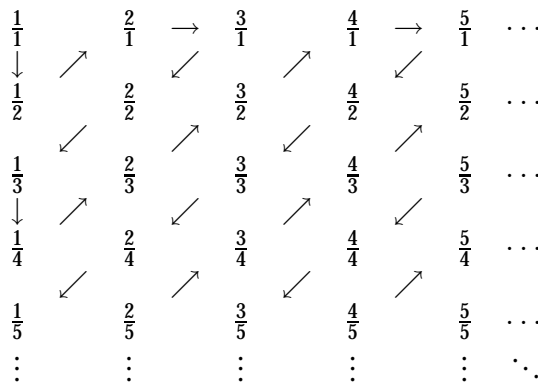


Abbildung 3: Abzählbarkeit von  $\mathbb{Q}^+$

Am nächsten Tag kommen in HILBERTS Hotel sogar abzählbar unendlich viele Busse mit jeweils abzählbar unendlich vielen Gästen an. Der Hoteldirektor hat auch hier wieder eine Idee: Die Busse/Gäste sollen sich in einem *unendlichen Rechteck* aufstellen. Dann zählt er sie nach dem 1. Cantorschen Diagonalverfahren durch. Nun können sie sich in dieser Reihenfolge in die Zimmer einordnen.

**Die reellen Zahlen** Man kann mithilfe des 2. Cantorschen Diagonalverfahrens zeigen, dass die Menge der *reellen Zahlen* ( $\mathbb{R}$ ) nicht abzählbar unendlich ist.

**Satz 2** (und Definition). Die reellen Zahlen sind *nicht* abzählbar unendlich (oder auch: Sie sind *überabzählbar unendlich*). Die Mächtigkeit der reellen Zahlen wird mit  $c$  (*continuum*) bezeichnet.

Weiterhin kann man beweisen, dass *jedes* Intervall mit einer Länge größer als 0 die gleiche Größe wie  $\mathbb{R}$  hat. In Abbildung 4 wird das Intervall  $]0; 1[$  gebogen und vom Zentrum  $Z$  aus auf  $\mathbb{R}$  projiziert.

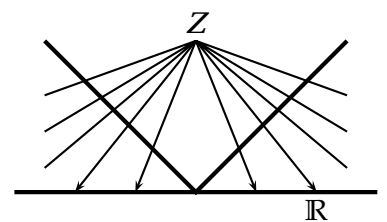


Abbildung 4: Projektion  $]0; 1[ \rightarrow \mathbb{R}$

**Dimensionen** Cantor zeigte:

**Satz 3.** Die Menge  $\mathbb{R}$  hat dieselbe Größe wie  $\mathbb{R}^2$ . Weiterhin: die Dimensionszahl hat generell keinen Einfluss auf die Anzahl der Punkte im Raum. Insbesondere haben die komplexen Zahlen ( $\mathbb{C}$ ) dieselbe Mächtigkeit wie  $\mathbb{R}$ .

Die Menge aller Teilmengen einer Menge nennt man *Potenzmenge*. Eine Menge mit der Mächtigkeit  $n$  hat  $2^n$  Teilmengen.

**Beispiel 1.** Die Menge  $\{1;2;3\}$  mit der Mächtigkeit 3 hat folgende  $2^3 = 8$  Teilmengen:

$$\{\}; \{1\}; \{2\}; \{3\}; \{1, 2\}; \{1, 3\}; \{2, 3\}; \{1, 2, 3\}$$

Wir zeigen, dass auch für  $\mathbb{N}$  gilt:  $|2^{\mathbb{N}}| = |\mathbb{R}|$ . Hierzu weist man jeder Teilmenge der Potenzmenge von  $\mathbb{N}$  eine  $\{0, 1\}$ -Folge zu und schreibt „0,“ davor. Dabei wird die  $\{0, 1\}$ -Folge nach folgendem Schema konstruiert: Man fügt eine 1 hinzu, wenn die natürliche Zahl in der Teilmenge vorhanden ist und eine 0, wenn sie nicht vorhanden ist.

$$\begin{aligned} \{1, 2, 3\} &\rightarrow 111000 \dots \rightarrow 0, 111000 \dots \\ \{1, 4\} &\rightarrow 100100 \dots \rightarrow 0, 100100 \dots \end{aligned}$$

Diese kann man nun als die Menge aller nichtendenden Dualbrüche im Intervall  $]0, 1[$  interpretieren, welche die Mächtigkeit  $c$  hat. Somit ist bewiesen, dass  $|2^{\mathbb{N}}| = |\mathbb{R}|$  gilt, insbesondere dass die Potenzmenge einer Menge mit der Mächtigkeit  $\aleph_0$  eine größere Kardinalzahl besitzt:

$$2^{\aleph_0} = c$$

CANTOR vermutete, dass es zwischen  $\aleph_0$  und  $c$  kein weiteres *Aleph* gibt:

$$c = \aleph_1$$

Diese Aussage wurde als *Kontinuumshypothese* bekannt. Cantor konnte sie selbst aber weder beweisen noch widerlegen, obwohl er es bis zu seinem Tod versuchte. Mittlerweile wissen wir, dass die Kontinuumshypothese innerhalb unseres mathematischen Systems nicht entschieden werden kann (die Lösung ist abhängig vom verwendeten Axiomensystem!).

**Ordinalzahlen** Eine Menge heißt *geordnet*, wenn für je 2 verschiedene Elemente definiert ist, welches das größere von ihnen ist, und diese Beziehung transitiv ist. Eine solche Ordnung heißt *Wohlordnung*, wenn dabei jede nicht leere Teilmenge ein kleinstes Element hat. Als Beispiele nennen wir  $\mathbb{N}$  und  $\mathbb{Z}$  mit den natürlichen Ordnungen:  $\mathbb{N}$  ist wohlgeordnet,  $\mathbb{Z}$  nicht. Ein (Isomorphie-)Typ wohlgeordneter Mengen heißt *Ordinalzahl*. Für solche Ordinalzahlen lassen sich Addition, Multiplikation und auch das Potenzieren erklären.

Für solche Wohlordnungen soll der folgende Absatz eine Vorstellung geben:

**Der Berg On** In der Kurzgeschichte *Weißes Licht* von Rudy Rucker wird der *Berg On* beschrieben ([www.unendliches.net](http://www.unendliches.net)), welcher aus unendlich vielen übereinander getürmten Felswänden besteht. Die Bergsteiger versuchen schon lange Zeit, den Gipfel zu besteigen und haben auf jede Felswand die Nummer der Wand geschrieben. Für die erste Felswand benötigt man 1 Stunde. Nach jeder überwundenen Felswand lernt man hinzu und schafft die nächste Wand in der Hälfte der Zeit. Somit beträgt die Kletterzeit (in Stunden):

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \dots = 2$$

Der Bergsteiger hat somit nach 2 Stunden die Wand mit einer Ordinalzahl, die man  $\omega$  nennt, erreicht. Den Gipfel hat er jedoch noch lange nicht erreicht, denn es gibt weitere Felswände:  $\omega + 1, \omega + 2, \dots$ . Das Ende des Zahlenstrahls (und somit auch der Gipfel des Bergs On) ist mit  $\omega$  aber noch lange nicht erreicht. Cantor zählte einfach über  $\omega$  hinaus:

$$1, 2, \dots, \omega, \omega + 1, \dots, \omega \cdot 2, \omega \cdot 2 + 1, \dots, \omega^2, \omega^2 + 1, \dots, \omega^\omega, \omega^\omega + 1, \dots$$

**Rechenregeln** Für die Ordinalzahlen gibt es spezielle Rechenregeln - da die Vertauschbarkeit der Reihenfolge von Rechenoperationen (Kommutativität) nicht gilt:

$$\omega + 1 > \omega$$

jedoch:  $1 + \omega = \omega$  (!)

#### Literatur:

- [1] Aczel, Amir D.: *Die Natur der Unendlichkeit*, Rowohlt Taschenbuch, Hamburg 2002
- [2] Aigner, Martin; Ziegler, Günter: *Das BUCH der Beweise*, Springer, Berlin 2003, 2. Auflage
- [3] Courant, Richard; Robbins, Herbert: *Was ist Mathematik?*, Springer, Berlin 2000, 5. Auflage
- [4] Groß, Christian: *Didaktik der Zahlbereiche 6 - Reelle Zahlen*
- [5] <http://www.unendliches.net> *Lexikon des Unendlichen* (Abrufdatum: 03.04.2007)
- [6] <http://www.sgipt.org/wisms/mathe/ML/euklid8.htm> *Euklids Axiome & Unendlichkeit* (Abrufdatum: 07.06.2007)
- [7] [http://de.wikipedia.org/wiki/Intervall\\_\(Mathematik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Intervall_(Mathematik)) *Wikipedia: Intervall (Mathematik)* (Abrufdatum: 08.06.2007)
- [8] <http://www.math.uni-augsburg.de/prof/dida/lehre/ws0607/zahlbereiche/> (Abrufdatum: 17.07.2007)

## 4.7 Kettenbrüche

Ji-Heon Park  
Betreuerin: Anique Schellenberger

Rationale Zahlen lassen sich mit abbrechenden Kettenbrüchen darstellen. Mit Hilfe des euklidischen Algorithmus lassen sich Brüche folgendermaßen schreiben:

$$\begin{aligned} \frac{a}{b} &= v_0 + \frac{r_1}{b}, & \text{mit } v_0 \in \mathbb{N}_0 \text{ und } 0 < r_1 < b \\ \frac{b}{r_1} &= v_1 + \frac{r_2}{r_1}, & \text{mit } v_1 \in \mathbb{N} \text{ und } 0 < r_2 < r_1 \\ \frac{r_1}{r_2} &= v_2 + \frac{r_3}{r_2}, & \text{mit } v_2 \in \mathbb{N} \text{ und } 0 < r_3 < r_2 \\ &\dots & \\ \frac{r_{n-3}}{r_{n-2}} &= v_{n-2} + \frac{r_{n-1}}{r_{n-2}}, & \text{mit } v_{n-2} \in \mathbb{N} \text{ und } 0 < r_{n-1} < r_{n-2} \\ \frac{r_{n-2}}{r_{n-1}} &= v_{n-1} + \frac{r_n}{r_{n-1}}, & \text{mit } v_{n-1} \in \mathbb{N} \text{ und } 0 < r_n < r_{n-1} \\ \frac{r_{n-1}}{r_n} &= v_n, & \text{mit } v_n \in \mathbb{N} \end{aligned}$$

Wegen  $r_{i+1} < r_i$  bricht die Entwicklung ab und wegen  $r_n < r_{n-1}$  ist dabei  $v_n > 1$ . Durch ineinander Einsetzen dieser Bruchterme ergibt sich:

$$\frac{a}{b} = v_0 + \frac{1}{v_1 + \frac{1}{v_2 + \frac{1}{\dots + \frac{1}{v_{n-1} + \frac{1}{v_n}}}}}$$

Dies nennt man die *Kettenbruchdarstellung* von  $\frac{a}{b}$  und schreibt  $\frac{a}{b} = [v_0, v_1, v_2, \dots, v_n]$

**Beispiel:** Die Kettenbruchdarstellung von  $27/19$  lautet  $[1, 2, 2, 1, 2]$ .

Irrationale Zahlen lassen sich durch nicht-abbrechende Kettenbrüche darstellen. Wenn  $\alpha$  eine positive irrationale Zahl ist, setzen wir  $a_0 := [\alpha]$ , wobei  $[\ ]$  die *Ganzzteilmfunktion* ist, die jedem  $\alpha$  die nächstkleinere ganze Zahl zuordnet. (Für eine ganze Zahl gelte  $[\alpha] = \alpha$ ). Dann ist  $\alpha = a_0 + \frac{1}{\alpha - a_0}$ . Wegen

$0 < \alpha - a_0 < 1$  ist  $\alpha_1 := \frac{1}{\alpha - a_0} > 1$ . Wir bilden  $a_1 := [\alpha_1]$  und erhalten

$\alpha_1 = a_1 + \frac{1}{\alpha_1 - a_1}$ . So fortfahrend ergibt sich die nicht-abbrechende Kettenbruchentwicklung der irra-

tionalen Zahl  $\alpha = [a_0, a_1, a_2, \dots]$ .

Um die Kettenbrüche rationaler und irrationaler Zahlen allgemeiner untersuchen zu können, beschäftigen wir uns mit der Folge der *Näherungsbrüche* eines Kettenbruchs. Ist  $[x_0, x_1, x_2, x_3, \dots, x_N]$  ein Kettenbruch mit  $N + 1$  Variablen  $x_0, x_1, x_2, \dots, x_N$ , dann ist  $[x_0, x_1, x_2, \dots, x_k]$  der *k-te Näherungsbruch* ( $k \leq N$ ).

**Satz:** Definiert man

$$P_0 := x_0, \quad P_1 := x_1 x_0 + 1, \quad P_k := x_k P_{k-1} + P_{k-2}, \quad Q_0 := 1, \quad Q_1 := x_1, \quad Q_k := x_k Q_{k-1} + Q_{k-2}$$

so gilt für den k-ten Näherungsbruch:  $[x_0, x_1, x_2, \dots, x_k] = \frac{P_k}{Q_k}$  ( $k = 0, 1, 2, \dots, N$ )

**Beweis durch Induktion:**

Induktionsanfang:

$$[x_0] = \frac{x_0}{1} = \frac{P_0}{Q_0}$$

$$[x_0, x_1] = x_0 + \frac{1}{x_1} = \frac{x_1 x_0 + 1}{x_1} = \frac{P_1}{Q_1}.$$

Für den Induktionsschritt nehmen wir an, die behauptete Gleichung gelte für  $n$ , dann gilt:

$$[x_0, x_1, x_2, \dots, x_n, x_{n+1}] = [x_0, x_1, x_2, \dots, x_n + \frac{1}{x_{n+1}}] = \frac{P'_n}{Q'_n} = \frac{(x_n + \frac{1}{x_{n+1}})P_{n-1} + P_{n-2}}{(x_n + \frac{1}{x_{n+1}})Q_{n-1} + Q_{n-2}} = \frac{P_{n+1}}{Q_{n+1}}$$

wobei  $P'_n$  den Zähler (und  $Q'_n$  den Nenner) des ( $n$ -stelligen!) Kettenbruchs  $[x_0, x_1, x_2, \dots, x_n + \frac{1}{x_{n+1}}]$  bezeichnet. q.e.d

**Anwendungen von Kettenbrüchnäherungen** findet man z.B. bei der Festlegung von Schaltjahren.

Ein Jahr hat recht genau  $365\text{d } 5\text{h } 48\text{m } 45,8\text{s} = (365 + 104629/432000)$  d. Es gilt

$$104629/432000 = [0, 4, 7, 1, 3, 6, 2, 1, 170]$$

Der erste Näherungsbruch wird berechnet durch  $[0, 4] = P_1/Q_1 = 4 \cdot 0 + 1/4 = 1/4$ ; das bedeutet, dass man alle 4 Jahre ein Schaltjahr mit 366 Tagen einführt (wie z.B. im Julianischen Kalender).

**Periodische Kettenbrüche** Es soll die Kettenbruchentwicklung von  $x = \sqrt{2}$  bestimmt werden. Dazu gehen wir vor wie bei der allgemeinen Kettenbruchentwicklung irrationaler Zahlen:  $a_0 = 1$ ,  $x = 1 + \frac{1}{\frac{1}{\sqrt{2}-1}} = 1 + \frac{1}{\sqrt{2}+1}$ . Da  $x = \sqrt{2}$  ist, gilt  $x = 1 + \frac{1}{1+x}$  bzw.  $x - 1 = \frac{1}{2 + (x-1)}$ . Also ist der

Kettenbruch von  $x - 1 = \sqrt{2} - 1 = [0, 2, 2, 2, 2, \dots]$ , und wir brauchen nun nur noch 1 zu addieren.

Wir stellen uns abschließend die Frage, welche reellen Zahlen eine periodische Kettenbruchentwicklung besitzen. Dies klärt folgender

**Satz:** Die Kettenbruchentwicklung einer irrationalen Zahl  $\alpha$  ist genau dann periodisch, wenn  $\alpha$  eine algebraische Zahl vom Grad 2 ist, wenn also  $\alpha$  Lösung einer quadratischen Gleichung  $ax^2 + bx + c = 0$  mit  $a, b, c \in \mathbb{Z}$  ist,

dessen Beweis wir im Kurs auch durchgearbeitet haben, siehe i.d.a. Literatur.

#### Literatur:

Scheid, Harald: *Zahlentheorie*; BI- Wiss.- Verlag

## 4.8 Nichtauflösbarkeit von Gleichungen fünften Grades

Max Bieri

Betreuer: Benjamin Bechtold

Während für quadratische, kubische und biquadratische Gleichungen allgemeine Lösungsformeln existieren, - nämlich die  $p, q$ -Formel beziehungsweise die Cardanischen Formeln - gibt es für höhere Grade keine allgemeinen Formeln.

In diesem Referat geht es darum, zu zeigen, warum Gleichungen von fünftem oder höherem Grad im Allgemeinen nicht auflösbar sind.

Ein *Körper* sei hier stets ein Zahlkörper  $K$ , d.h. eine Teilmenge der komplexen Zahlen, die unter Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division (natürlich nicht durch Null) abgeschlossen ist.

Zahlkörper lassen sich durch Hinzunahme (Adjunktion) von neuen Zahlen vergrößern. Der Körper  $K(\zeta)$  besteht aus allen Zahlen, welche durch beliebiges Multiplizieren, Dividieren, Addieren und Subtrahieren von Zahlen aus  $K$  sowie von  $\zeta$  entstehen.

Wie können wir nun die o.g. Auflösbarkeit von Gleichungen mathematisch fassen? Ein Polynom  $f(x)$  über  $\mathbb{Q}$  heißt *auflösbar*, wenn für jede Nullstelle  $w$  von  $f(x)$  der Körper  $\mathbb{Q}$  durch Adjunktion von  $m$ -ten Wurzeln schrittweise so erweitert werden kann, dass  $w$  in dem so entstandenen Körper liegt.

Ein Polynom  $f(x)$  über  $K$  heißt *irreduzibel über  $K$* , wenn man es nicht in ein Produkt von zwei Polynomen kleineren Grades über  $K$  zerlegen kann (und Grad  $f(x)$  größer Null ist). Kann man dagegen das Polynom über  $K$  zerlegen, so nennt man es *reduzibel*.

Für den Beweis des Satzes von Kronecker (s.u.) brauchen wir einige Hilfsmittel, die wir im folgenden wiedergeben, deren Beweis wir hier aber auslassen. Unsere Überlegungen ergänzen die Darstellung in der abschließend angegebenen Referenz:

#### Lemma von Abel

Wenn eine Zahl  $c \in K$  nicht die  $p$ -te Potenz einer Zahl aus  $K$  ist,  $p$  eine Primzahl, dann ist das Polynom  $x^p - c$  irreduzibel.

#### Irreduzibilitätssatz von Abel

Wenn  $f(x)$  irreduzibel über  $K$  ist und  $g(x)$  mit  $f(x)$  eine Nullstelle gemeinsam hat, dann sind alle Nullstellen von  $f(x)$  auch Nullstellen von  $g(x)$ .

Wenn der Grad von  $g(x)$  kleiner als der Grad von  $f(x)$  ist, sind alle Koeffizienten von  $g(x)$  Null.

**Folgerung**

Wenn  $f(x)$  den Grad  $p$  hat ( $p$  eine Primzahl) und durch Adjunktion einer Nullstelle eines Polynoms  $g(x)$  reduzibel wird, dann muss der Grad von  $g(x)$  ein Vielfaches von  $p$  sein.

**Satz von Kronecker:**

Ein über  $\mathbb{Q}$  irreduzibles Polynom 5-ten Grades, das auflösbar ist, hat entweder eine oder fünf reelle Nullstellen.

**Beweis:**

Gegeben sei ein auflösbares Polynom  $f$  fünften Grades, welches irreduzibel über  $\mathbb{Q}$  ist.

Nach Definition kann der Körper  $\mathbb{Q}$  durch Adjunktion von  $m$ -ten Wurzeln schrittweise so erweitert werden, dass jede Nullstelle von  $f(x)$  in dem so entstandenen Körper liegt.

Zuvor adjungieren wir zu  $\mathbb{Q}$  die *fünften Einheitswurzeln*  $\zeta, \zeta^2, \zeta^3, \zeta^4$ , d.h. die Nullstellen von  $h(x) = x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$  (also diejenigen von  $x^5 - 1$  außer der 1 selbst), wobei  $f(x)$  irreduzibel bleibt, da der Grad von  $h(x)$  kein Vielfaches von 5 ist. (siehe Folgerung).

Weiter adjungieren wir mit jeder Zahl stets auch ihre komplex Konjugierte.

Die *kritische* Wurzel (das ist die, durch deren Adjunktion  $f(x)$  schließlich über dem entstandenen Körper reduzibel wird,) muss eine 5-te Wurzel sein (nach der Folgerung und weil sich eine Wurzel mit Wurzelexponent  $5k$  immer in die Schachtelung einer  $k$ -ten und einer 5-ten Wurzel zerlegen lässt). Die kritische Wurzel hat also die Form  $\lambda = \sqrt[5]{a}$ , d.h.  $\lambda$  ist Nullstelle des über  $\mathbb{Q}$  irreduziblen Polynoms  $x^5 - a$ .

Nun kann man zeigen, dass  $f(x)$  durch Adjunktion von  $\lambda$  bereits vollständig in Linearfaktoren zerfällt, die von der Form  $g(\lambda) = k_0 + k_1\lambda + k_2\lambda^2 + k_3\lambda^3 + k_4\lambda^4$ ,  $g(\lambda\zeta)$ ,  $g(\lambda\zeta^2)$ ,  $g(\lambda\zeta^3)$ ,  $g(\lambda\zeta^4)$  sind. Damit lassen sich die fünf - paarweise verschiedenen - Nullstellen von  $f(x)$  wie folgt ausdrücken:

$$\begin{aligned} w_0 &= k_0 + k_1\lambda + k_2\lambda^2 + k_3\lambda^3 + k_4\lambda^4 \\ w_1 &= k_0 + k_1\lambda\zeta + k_2(\lambda\zeta)^2 + k_3(\lambda\zeta)^3 + k_4(\lambda\zeta)^4 \\ w_2 &= k_0 + k_1\lambda\zeta^2 + k_2(\lambda\zeta^2)^2 + k_3(\lambda\zeta^2)^3 + k_4(\lambda\zeta^2)^4 \\ w_3 &= k_0 + k_1\lambda\zeta^3 + k_2(\lambda\zeta^3)^2 + k_3(\lambda\zeta^3)^3 + k_4(\lambda\zeta^3)^4 \\ w_4 &= k_0 + k_1\lambda\zeta^4 + k_2(\lambda\zeta^4)^2 + k_3(\lambda\zeta^4)^3 + k_4(\lambda\zeta^4)^4 \end{aligned}$$

mit Koeffizienten  $k \in \mathbb{C}$ .  $w_0$  ist dabei unsere reelle Nullstelle - jedes Polynom fünften Grades hat mindestens eine solche.

Wir unterscheiden nun zwei Fälle:

1. Fall: Wir nehmen an, dass die Basis  $a$  reell ist. Dann kann man auch annehmen, dass  $\lambda$  reell ist. Bildet man  $w_0 - \overline{w_0}$ , ergibt sich eine Gleichung vierten Grades in  $\lambda$ . Da aber  $x^5 - a$  irreduzibel ist, kann  $\lambda$  nicht Nullstelle eines Polynoms kleineren Grades als 5 sein, es sei denn, dieses ist das Nullpolynom. Also muss  $k_i = \overline{k_i}$  sein für alle  $i = 1, 2, 3, 4$ ; d.h.  $g(x)$  ist ein reelles Polynom.

Die Nullstellen von  $x^5 - a$  sind  $\lambda$  und jeweils 2 Paare von zueinander komplex konjugierten Zahlen, nämlich  $\lambda\zeta$  und  $\lambda\zeta^4$  sowie  $\lambda\zeta^2$  und  $\lambda\zeta^3$ . Dies und die Gleichung  $k_i = \overline{k_i}$  kann man nun einsetzen:

$$\begin{aligned} \overline{w_1} &= \overline{k_0 + k_1\lambda\zeta + k_2(\lambda\zeta)^2 + k_3(\lambda\zeta)^3 + k_4(\lambda\zeta)^4} = \overline{k_0} + \overline{k_1\lambda\zeta} + \overline{k_2(\lambda\zeta)^2} + \overline{k_3(\lambda\zeta)^3} + \overline{k_4(\lambda\zeta)^4} \\ &= k_0 + k_1\lambda\zeta^3 + k_2(\lambda\zeta^4)^2 + k_3(\lambda\zeta^4)^3 + k_4(\lambda\zeta^4)^4 = w_4 \end{aligned}$$

Es folgt also, dass  $w_1$  und  $w_4$  komplex konjugiert zueinander sind. Analog dazu ist  $w_2 = \overline{w_3}$ .

Da  $f(x)$  fünf verschiedene Nullstellen hat, kann  $w_1$  nicht gleich  $w_4$  sein und  $w_2$  nicht gleich  $w_3$ . Also sind sie komplex und  $w_0$  die einzige reelle Nullstelle von  $f(x)$ .

2. Fall:

Die Basis  $a$  ist nicht reell. In diesem Fall adjungieren wir zu  $K$  erst einmal die reelle Zahl  $\Lambda := \lambda\bar{\lambda}$ . Es gilt  $\Lambda^5 = \lambda^5\bar{\lambda}^5 = \lambda^5\bar{\lambda}^5 = a\bar{a}$ ,  $\Lambda$  ist also eine fünfte Wurzel der reellen Zahl  $a\bar{a}$ . Wenn  $f(x)$  nicht irreduzibel ist über  $K(\Lambda)$ , dann ist bereits  $\Lambda$  die kritische Wurzel und wir sind im ersten Fall, und  $f(x)$  hat nur genau eine reelle Nullstelle. Wir nehmen also an, dass  $f(x)$  irreduzibel bleibt.

Wäre  $x^5 - a$  über  $K(\Lambda)$  reduzibel, dann ließe es sich in  $g(x)h(x)$  aufteilen.  $\Lambda$  wäre dann Nullstelle eines dieser beiden Polynome und da diese höchstens den Grad 4 haben können, treffen wir auf einen Widerspruch (siehe Folgerung). Also ist  $x^5 - a$  irreduzibel über  $K(\Lambda)$ .

Nun verwenden wir die Gleichung  $w_0 = \bar{w}_0$ , also  $0 = \bar{w}_0 - w_0$  und setzen ein, dass  $\bar{\lambda} = \frac{\Lambda}{\lambda}$  gilt:

$$\begin{aligned} 0 &= \overline{k_0 + k_1\lambda + k_2\lambda^2 + k_3\lambda^3 + k_4\lambda^4} - (k_0 + k_1\lambda + k_2\lambda^2 + k_3\lambda^3 + k_4\lambda^4) \\ &= \overline{k_0} + \overline{k_1\lambda} + \overline{k_2\lambda^2} + \overline{k_3\lambda^3} + \overline{k_4\lambda^4} - k_0 - k_1\lambda - k_2\lambda^2 - k_3\lambda^3 - k_4\lambda^4 \\ &= \overline{k_0} + \overline{k_1} \left(\frac{\Lambda}{\lambda}\right) + \overline{k_2} \left(\frac{\Lambda}{\lambda}\right)^2 + \overline{k_3} \left(\frac{\Lambda}{\lambda}\right)^3 + \overline{k_4} \left(\frac{\Lambda}{\lambda}\right)^4 - k_0 - k_1\lambda - k_2\lambda^2 - k_3\lambda^3 - k_4\lambda^4 \\ &= \overline{k_0} + \overline{k_1}\Lambda\lambda^{-1} + \overline{k_2}\Lambda^2\lambda^{-2} + \overline{k_3}\Lambda^3\lambda^{-3} + \overline{k_4}\Lambda^4\lambda^{-4} - k_0 - k_1\lambda - k_2\lambda^2 - k_3\lambda^3 - k_4\lambda^4 \\ &= \overline{k_4}\Lambda^4\lambda^{-4} + \overline{k_3}\Lambda^3\lambda^{-3} + \overline{k_2}\Lambda^2\lambda^{-2} + \overline{k_1}\Lambda\lambda^{-1} + \overline{k_0} - k_0 - k_1\lambda - k_2\lambda^2 - k_3\lambda^3 - k_4\lambda^4 \end{aligned}$$

Nun multipliziert man mit  $\lambda^4$  durch und erhält, dass  $\lambda$  Nullstelle ist des Polynoms

$$\overline{k_4}\Lambda^4 + \overline{k_3}\Lambda^3x + \overline{k_2}\Lambda^2x^2 + \overline{k_1}\Lambda x^3 + (\overline{k_0} - k_0)x^4 - k_1x^5 - k_2x^6 - k_3x^7 - k_4x^8.$$

Mit dem Irreduzibilitätssatz von Abel gilt dann, dass auch die anderen Nullstellen von  $x^5 - a$ , also  $\lambda\zeta, \lambda\zeta^2, \lambda\zeta^3, \lambda\zeta^4$  Nullstellen von  $g(x)$  sind.

Für  $i = 1, 2, 3, 4$  erhält man dann nach Teilen durch  $(\lambda\zeta^i)^4$ :

$$\begin{aligned} 0 &= \overline{k_4}\Lambda^4 (\lambda\zeta^i)^{-4} + \overline{k_3}\Lambda^3 (\lambda\zeta^i)^{-3} + \overline{k_2}\Lambda^2 (\lambda\zeta^i)^{-2} + \overline{k_1}\Lambda (\lambda\zeta^i)^{-1} + \overline{k_0} - k_0 - k_1 (\lambda\zeta^i) - k_2 (\lambda\zeta^i)^2 - k_3 (\lambda\zeta^i)^3 - k_4 (\lambda\zeta^i)^4 \\ &= \overline{k_0} + \overline{k_1} \left(\frac{\Lambda}{\lambda\zeta^i}\right) + \overline{k_2} \left(\frac{\Lambda}{\lambda\zeta^i}\right)^2 + \overline{k_3} \left(\frac{\Lambda}{\lambda\zeta^i}\right)^3 + \overline{k_4} \left(\frac{\Lambda}{\lambda\zeta^i}\right)^4 - k_0 - k_1\lambda\zeta^i - k_2 (\lambda\zeta^i)^2 - k_3 (\lambda\zeta^i)^3 - k_4 (\lambda\zeta^i)^4 \\ &= \overline{k_0} + \overline{k_1}\lambda\zeta^i + \overline{k_2} (\lambda\zeta^i)^2 + \overline{k_3} (\lambda\zeta^i)^3 + \overline{k_4} (\lambda\zeta^i)^4 - (k_0 + k_1\lambda\zeta^i + k_2 (\lambda\zeta^i)^2 + k_3 (\lambda\zeta^i)^3 + k_4 (\lambda\zeta^i)^4) \\ &= \overline{w_i} - w_i, \text{ d.h. alle } w_i \text{ sind reell!} \end{aligned}$$

Hiermit ist der Satz von Kronecker bewiesen.

Ein **Beispiel** für ein nach diesem Kriterium nicht auflösbares Polynom ist  $x^5 - 4x - 2$ , da es genau drei reelle Nullstellen hat, wie man am Graphen des Polynoms ablesen kann.

### Literatur:

H. Dörrie: *Triumph der Mathematik*, Physica-Verlag Würzburg



## 4.9 Gut genug gemischt? - Der Mischvorgang beim Kartenspiel

Katrin Kenzlers  
Betreuerin: Marie Cuno

### Modelle und Definitionen

**Geburtstagsparadoxon** Wir betrachten  $n$  zufällige Personen. Mit welcher Wahrscheinlichkeit  $p(n)$  haben sie alle verschiedene Geburtstage?

$$p(n) = \left(1 - \frac{1}{365}\right) \left(1 - \frac{2}{365}\right) \cdots \left(1 - \frac{n-1}{365}\right) = \prod_{i=1}^{n-1} \left(1 - \frac{i}{365}\right)$$

Man kann das Problem auch allgemein formulieren:

Es werden  $n$  verschiedene Kugeln betrachtet, die in  $K$  verschiedene Schachteln verteilt werden sollen. Die Wahrscheinlichkeit, dass dabei keine zwei oder mehr Kugeln in eine Schachtel gelegt werden, ist

$$p(n, K) = \prod_{i=1}^{n-1} \left(1 - \frac{i}{K}\right)$$

**Permutation** Formal versteht man unter einer *Permutation* (von lat. *permutare*: „vertauschen“) eine bijektive Selbstabbildung einer Menge. Mit  $\mathcal{S}_n$  bezeichnet man die Menge aller Permutationen einer  $n$ -elementigen Menge. Sie enthält  $n!$  Elemente.

Für das Mischen von Karten bedeutet dies:

Nummeriert man die Karten eines Stapels von oben nach unten mit 1 bis  $n$  durch, so bedeutet das Mischen des Stapels, dass die Reihenfolge verändert wird, also bestimmte zufällige Permutationen auf den Kartenstapel angewendet werden.

**Variationsdistanz** Die *Variationsdistanz* zwischen zwei Wahrscheinlichkeitsverteilungen  $Q_1$  und  $Q_2$  ist folgendermaßen definiert:

$$\|Q_1 - Q_2\| = \frac{1}{2} \sum_{\pi \in \mathcal{S}_n} |Q_1(\pi) - Q_2(\pi)|$$

Im Spezialfall, dass  $Q_2$  die Gleichverteilung ist, die jedem  $\pi \in \mathcal{S}_n$  denselben Wert zuordnet, bedeutet eine kleine Variationsdistanz eine lediglich „geringe Abweichung vom Zufall“.

**Stark gleichverteilte Halteregel** Eine *Halteregel* legt fest, wann der Mischprozess abgebrochen wird. Sie hängt von den angewandten Permutationen ab. Eine Halteregel heißt dann *stark gleichverteilt*, wenn die folgende Bedingung für alle  $k$  erfüllt ist: „Wenn der Prozess nach genau  $k$  Schritten durch HALT abgebrochen wird, dann gilt für die daraus resultierenden Permutationen des Stapels die Gleichverteilung.“

### Teilen und Ineinanderschieben

Ein bekannter Mischvorgang ist das Teilen des Kartenstapels und das darauf folgende Ineinanderschieben der Karten. Damit kann man genau  $2^n - n$  verschiedene Permutationen erzeugen (s.u.).

Wir betrachten den umgekehrten Mischungsschritt: Man entnimmt eine beliebige Teilmenge der Karten aus dem Stapel und platziert sie auf den verbleibenden Karten. Dabei werden alle Teilmengen mit gleicher Wahrscheinlichkeit genommen. Äquivalent dazu kann man jeder Karte eine 0 oder 1 zuordnen, zufällig und unabhängig voneinander mit den Wahrscheinlichkeiten  $\frac{1}{2}$ , und jeweils die Karten mit einer 0 nach oben nehmen.

Dies ergibt folgende Wahrscheinlichkeitsverteilung:

$$Rif(\pi) = \begin{cases} \frac{1}{2^n} & \text{wenn } \pi \text{ aus zwei aufsteigenden Folgen besteht} \\ \frac{n+1}{2^n} & \text{für } \pi = id \\ 0 & \text{sonst} \end{cases}$$

denn man erhält die identische Permutation immer genau dann, wenn alle 0-Karten oberhalb aller 1-Karten zu liegen kommen.

Da jede Permutation  $\pi \in \mathcal{S}_n$  ein eindeutiges Inverses besitzt, und beide in der Gleichverteilung  $U$  die gleiche Wahrscheinlichkeit  $U(\pi) = U(\pi^{-1})$  haben, folgt das Umkehrlemma von REEDS:

$$\|Rif - U\| = \|\overline{Rif} - U\|, \text{ wobei } \overline{Rif}(\pi) = Rif(\pi^{-1}).$$

Während jedes Mischungsschritts werden den Karten wie oben die Zahlen 0 und 1 zugeordnet, so dass jeder Karte insgesamt eine binäre Ziffernfolge zugeordnet wird.

Die Halteregel sei nun: „HALT, sobald alle Karten unterschiedliche binäre Ziffernfolgen haben.“

Haben nämlich alle Karten eine unterschiedliche Ziffernfolge, so existieren keine zwei Karten, die in jedem Mischungsschritt im gleichen Stapel waren. Da die Ziffern zufällig und unabhängig voneinander in jedem Schritt den Karten zugeteilt werden, ist diese Halteregel gleichverteilt.

Um nun die Wahrscheinlichkeit  $p[T > k]$  (d.h. die Haltezeit  $T$  wird mit  $k$ -maligem Mischen nicht erreicht; es herrscht keine Gleichverteilung; es gibt Karten, die dieselben Ziffernfolgen besitzen) zu ermitteln, benutzen wir das Geburtstagsparadoxon.

Die Anzahl Schachteln steht hier für die Anzahl verschiedener binärer Ziffernfolgen nach  $k$ -maligem Mischen, also für  $2^k$ . Wenn die Haltezeit  $T$  nicht erreicht ist, gibt es noch Dopplungen der Ziffernfolgen. Die Wahrscheinlichkeit ist also die Gegenwahrscheinlichkeit zum Geburtstagsparadoxon:

$$p[T > k] = 1 - \prod_{i=1}^{n-1} \left(1 - \frac{i}{2^k}\right)$$

Nun gilt  $\|Rif - U\| \leq p[T > k]$  und daraus folgt  $\|Rif - U\| \leq 1 - \prod_{i=1}^{n-1} \left(1 - \frac{i}{2^k}\right)$ .

Damit haben wir nun eine Abschätzung der Variationsdistanz von der Gleichverteilung (dem ideal gemischten Zustand) gewonnen und somit eine Abschätzung, wann der Kartenstapel als gut gemischt gelten kann.

Wenn wir nun diese Abschätzung für einige Werte ausrechnen, kommen folgende Ergebnisse in Abhängigkeit von  $k$  zustande ( $n = 52$ ):  $d(10) \leq 0,73$ ,  $d(12) \leq 0,28$ ,  $d(14) \leq 0,08$

Wir können mit der oben hergeleiteten Abschätzung somit davon ausgehen, dass nach 12-maligem Mischen die Variationsdistanz „genügend klein“ ist, wenn wir mit  $d < 0,3$  zufrieden sein wollen.

In der Diskussion über eine Abschätzung nach unten ergab sich, dass man selbst bei „idealem“ Mischen mindestens sechs Mischungsschritte benötigt, damit den 52 Karten unterschiedliche Binärzahlen zugeordnet werden können, (weil man nach dem fünften Mischungsschritt erst 32 Binärzahlen zur Verfügung hat). Entsprechend ergibt sich für die genauen Werte der Variationsdistanz  $d(k)$  aus der Literatur für  $1 \leq k \leq 5$  bis auf die zweite Nachkommastelle der Wert  $d(k) = 1$ . Im sechsten Mischungsschritt ergibt sich bereits ein deutlicher Abfall und für  $k \geq 7$  wird  $d(k) \leq \frac{1}{3}$  (bis auf die zweite Nachkommastelle), sodass schon nach dem siebten Mischungsschritt die Variationsdistanz als „genügend klein“ angesehen werden kann, der Kartenstapel also als gut genug gemischt.

Eine ausführlichere Darstellung der Thematik findet man in:

#### Literatur:

Aigner, Martin; Ziegler, Günter: *Das BUCH der Beweise*, Springer, Berlin 2003, 2. Auflage

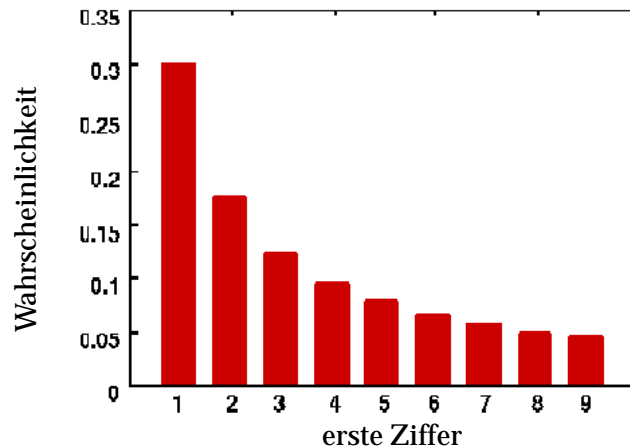
## 4.10 Benfords Gesetz

Birthe Anne Wiegand  
Betreuerin: Marie Cuno

### 1 Allgemeines

BENFORDS Gesetz beschäftigt sich mit den führenden Ziffern (den ersten Ziffern ungleich Null) „natürlich entstandener“ Zahlen. Entgegen der intuitiven Erwartung sind diese bei großen Zahlenmengen nicht gleichmäßig verteilt, sondern folgen der sogenannten *Benford-Verteilung*:

$$W(\text{erste Ziffer einer Zahl ist gleich } i) = \log(1 + 1/i)$$



„Natürlich entstandene“ Zahlen sind dabei vor allem solche, die in unserer Umwelt „zufällig“ (aber eben nicht einfach beliebig) auftreten, beispielsweise Einwohnerzahlen, Molekulargewichte, Messergebnisse, Todesraten, Bilanzen und vieles mehr. Da das Benfordsche Gesetz sich mit Zahlenmengen beschäftigt, die man nicht eindeutig klassifizieren kann, hat es auch keinen Beweis. Es ist vielmehr ein empirisches Gesetz, welches mathematisch aus einer bestimmten Modellannahme hergeleitet werden kann. Die Modellannahme muss jedes Mal überprüft werden. Im Folgenden werden die Überlegungen und Grundlagen erläutert, die neben dem Auszählen von Statistiken letztendlich zu dieser Verteilung führen.

### 2 Grundlagen

Das BENFORD-Gesetz beschäftigt sich vor allem mit Logarithmen (falls nicht anders angegeben, handelt es sich hier immer um den Zehner-Logarithmus). Des weiteren ist der Begriff „Mantisse“ zu klären: Dies sind die Nachkommastellen einer Zahl, man bezeichnet sie mit spitzen Klammern:

$$\langle x \rangle = x - [x], \text{ z. B. } \langle 2,5 \rangle = 0,5.$$

Hierbei ist  $[x]$  die GAUSSKlammer, die jedem  $x$  die nächstkleinere ganze Zahl zuordnet, s. das Referat über Kettenbrüche.

Ebenfalls grundlegend ist die Gleich- oder uniforme Verteilung. Bei einer Gleichverteilung wird die Wahrscheinlichkeit berechnet als „günstige Fälle geteilt durch mögliche Fälle“; jeder Zustand tritt also mit der gleichen Wahrscheinlichkeit auf. Wenn eine Zufallsvariable  $X$  uniform verteilt ist auf ein Intervall  $[l, r]$ , dann ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass  $X$  zwischen zwei Zahlen  $b$  und  $c$  liegt (mit  $l \leq b \leq X \leq c \leq r$ ), gleich der Länge des Intervalls  $[b, c]$  geteilt durch die Länge des gesamten Intervalls, also  $p(b \leq X \leq c) = (c - b)/(r - l)$ .

Insbesondere ist eine Gleichverteilung verschiebungsinvariant: Wenn man nur die Mantissen der Zahlen betrachtet, ändert sich also nichts, wenn man eine Konstante dazuzählt.

### 3 Benfords Gesetz und das Mantissengesetz

Das BENFORDSche Gesetz und das Mantissengesetz von NEWCOMB beschreiben das gleiche Phänomen; sie sind äquivalent. Das *Mantissengesetz* besagt, dass die Häufigkeit von natürlich entstandenen Zahlen so ist, dass die Mantissen ihrer Logarithmen gleichverteilt sind. Auch dieses Gesetz ist empirisch und somit nicht beweisbar, doch wenn es gilt, gilt auch das Benford-Gesetz (und umgekehrt). Zum Beweis der ersten Richtung wird zuerst eine Menge  $E_i$  definiert als die Vereinigung aller positiven reellen Zahlen, deren führende Ziffer  $i$  ist:

$$E_i = \bigcup_{k \in \mathbb{Z}} [i \cdot 10^k, (i+1) \cdot 10^k[$$

Es soll also nun die Wahrscheinlichkeit dafür berechnet werden, dass  $X$  in  $E_i$  liegt:

$$p(X \in E_i) = p\left(X \in \bigcup_{k \in \mathbb{Z}} [i \cdot 10^k, (i+1) \cdot 10^k[\right)$$

Nun wird die gesamte Gleichung logarithmiert und es werden nur noch die Mantissen betrachtet:

$$p(X \in E_i) = p\left(\langle \log(X) \rangle \in \bigcup_{k \in \mathbb{Z}} [\langle \log(i \cdot 10^k) \rangle, \langle \log((i+1) \cdot 10^k) \rangle [ )\right)$$

Da aber die Funktion  $\langle \log(\cdot) \rangle$  nichts davon merkt, wenn ihr Argument mit 10 multipliziert wird:  $\langle \log(x) \rangle = \langle \log(10x) \rangle$ , gilt sogar:

$$p(X \in E_i) = p\left(\langle \log(X) \rangle \in [\log(i), \log(i+1)[ )\right)$$

Nun wenden wir das Mantissengesetz an, wonach  $\langle \log(X) \rangle$  gleichverteilt auf  $[0, 1[$  ist:

$$p(X \in E_i) = \log(i+1) - \log(i) = \log(1 + 1/i)$$

Wenn man nun für  $i$  die Zahlen von 1 bis 9 einsetzt, erhält man genau die Benford-Verteilung.

Für den Umkehrschluss verweisen wir auf die angegebene Literatur.

Hierbei ist es besonders wichtig anzumerken, dass das Benford-Gesetz keine Eigenschaft der Zahlen an sich ist, sondern eine unseres Stellenwertsystems. Die Verteilung gilt auch in anderen Systemen, allerdings mit anderen Zahlenwerten. Im Fünfer-System beispielsweise beträgt die Wahrscheinlichkeit für eine 1 als führende Ziffer etwa 43%.

Außerdem ist das Benford-Gesetz skaleninvariant, das heißt, dass es keinen Unterschied macht, ob die betrachteten Zahlen beispielsweise in Metern oder in Meilen angegeben sind. Denn:  $X$  seien die empirisch gewonnenen Zahlen und  $a$  eine Konstante, mit der sie multipliziert werden, zum Beispiel ein Umrechnungsfaktor, dann ist  $\langle \log(X \cdot a) \rangle = \langle \log X + \log a \rangle = \langle \log X \rangle + \langle \log a \rangle$ .

Also entspricht eine Multiplikation der betrachteten Zahlen einer Addition, wenn man nur die Mantissen ihrer Logarithmen betrachtet. Wie aber unter Punkt 2 erklärt, sind diese Mantissen nach Addition einer Konstanten weiterhin gleichverteilt, daher gilt auch das Mantissengesetz und somit das Benfordsche Gesetz.

### 4 Anwendungen

Unter der Annahme, dass das Benford- und das Mantissengesetz gelten, kann man viele Zahlenverteilungen erklären und auch voraussagen. Ein wichtiges Instrument ist die Benford-Verteilung beispielsweise bei der Steuerfahndung, da die dort vorkommenden Zahlen ihr gehorchen müssen. Starke Abweichungen fallen schnell auf, geringere können auch auf den Zufall zurückzuführen sein. Bei dieser Methode können allerdings Fehler erster (echte Daten wirken manipuliert) und zweiter Art (manipulierte Daten wirken echt) auftreten.

#### Literatur:

[1] <http://www.educ.ethz.ch/lehrpersonen/mathematik/unterrichtsmaterialien/mat/analysis/benford>

[2] <http://plus.maths.org/issue9/features/benford/>

## 5 Physikkurs

### Ähnlichkeiten in der Physik

Die Physik ist bei weitem nicht so kompliziert, wie es demjenigen erscheint, der sich erstmals mit ihr beschäftigt. Es gibt viele ähnliche Phänomene im Bereich der Mechanik, Optik, Elektrizitätslehre und Thermodynamik. Wir möchten im Kurs zunächst diese besprechen und Sie dann auf die Ähnlichkeiten aufmerksam machen. Das Erkennen der Ähnlichkeiten und der Grundprinzipien, die sie hervorrufen, hilft, die Phänomene der Physik besser einordnen zu können und damit dieses Gebiet besser zu verstehen. Beispiele sind etwa der "Verallgemeinerte Fluss - Strom, Wärmefluss, Flüssigkeitsströmung, Diffusion," oder "Exponentielle Annäherung - Füllen eines Wasserbehälters, Aufladen eines Kondensators, Erwärmen eines Metalls, Grenzgeschwindigkeit" oder „Fourier-Optik - was das Klangspektrum der menschlichen Stimme mit dem Auflösungsvermögen eines Mikroskops zu tun hat“.

Um die Physik an praktischen Beispielen unmittelbar erleben zu können, bringen wir einen Lastwagen voller Experimente mit.

Voraussetzung für diesen Kurs ist ein Interesse am Verständnis der Grundlagen vieler physikalischer Phänomene, ferner sollte man der Mathematik nicht feindlich gegenüber stehen.

#### Kursleitung:

Dr. Wolf Aßmus, Professor für Physik an der Johann Wolfgang Goethe-Universität / Frankfurt, Gerald Kucera-Professur für Materialforschung, Tätigkeit in der Lehrerbildung.

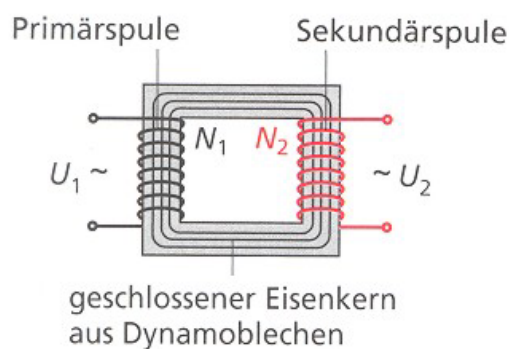
Dr. Helmar Becker, Diplomphysiker und angehender Lehrer.

### 5.1 Transformatoren und Impedanzanpassung

Sophia Henneberg  
Betreuer: Felix Schossau

Transformatoren sind aus der Elektrizitätslehre bekannt. Allgemein kommt der Begriff Transformator vom lateinischen Wort transformare – umformen und genau das tun diese auch. Sie setzen etwas herauf bzw. herab oder sie passen etwas gebrauchtorientiert an, was einer Impedanzanpassung entspricht.

**Transformator** Der unter diesem Namen bekannteste Transformator ist der elektrische Wechselstromtransformator. Er beruht auf einem System mit zwei Spulen, der Primär- und der Sekundärspule, die einen Eisenkern umschließen.



An der Primärspule wird eine Wechselspannung angelegt, die an der Sekundärspule als transformierte, also veränderte, Spannung abgegriffen werden kann. Somit kann man aus einer beliebigen Spannung jede andere benötigte Spannung erzeugen. Das Verhältnis der Spannung ist gleich dem Verhältnis der Windungszahlen. Die Leistung wird durch  $P = UI$  ausgedrückt. Die Stromstärke verhält sich dabei antiproportional zur Spannung der jeweiligen Spule. Dabei geht kaum Leistung verloren. Wirkungsgrade von über 98% sind erreichbar.

Durch die Erfindung von Wechselspannungstransformatoren wurde die Übertragung von elektrischer Energie über weite Strecken mittels Hochspannungsleitungen und damit unser modernes Stromnetz erst möglich. Denn durch den Jouleschen Wärmeverlust, der durch  $I^2 R$  ausgedrückt wird, ist es verständlich, dass niedrige Stromstärken und hohe Spannung verwendet werden. Auch bei der Erzeugung von elektrischer Energie werden hohe Spannungen verwendet. Im Gegensatz dazu verwendet man aus Sicherheitsgründen im Hausgebrauch niedrigere Spannung. Bei all diesen Dingen braucht man Transformatoren, um die Spannung für den jeweiligen Gebrauch anzupassen.

Wir haben zu dem Thema elektrischer Wechselstromtransformator mehrere Experimente durchgeführt: ‚Nagelschmelzen‘, ‚Tesla-‘ und ‚Hörnertransformator‘. Das Prinzip beim Nagelschmelzen ist, dass man mit Hilfe eines Transformators einen hohen Strom durch einen Nagel fließen lässt. Dieser erwärmt sich wegen des Jouleschen Wärmeverlust sehr und fängt an zu schmelzen. Bei den zwei weiteren Versuchen dazu ist es das Gegenteil. Man erzeugt durch einen Transformator hohe Spannungen. Erreicht man die Durchschlagsspannung, entlädt sich der Transformator über die Luft und man kann die Funkenstrecke sehen.

Wenn man sich nun fragt, ob es auch Gleichstromtransformatoren gibt, ist die Antwort positiv. Jedoch sind diese Art von Transformatoren wesentlich komplexer, und sie werden auch nicht so häufig verwendet.

Auch in der Mechanik gibt es Transformatoren, auch wenn sie selten so genannt werden. Die transformierten Größen sind Kraft und Geschwindigkeit.

Als Beispiel könnte man die Kurbelwelle nennen. Dabei ist das Verhältnis der veränderten Größen durch das Verhältnis der Radien festgelegt.

Der Flaschenzug wäre ein anderes Beispiel oder die schiefe Ebene.

Auch die Rotationsmechanik enthält viele Transformatoren. Generell existieren die Transformatoren in vielen Bereichen der Physik und finden auch viele Anwendungen.

**Impedanzanpassung** Impedanz ist die Größe des Widerstands in einem System. Sie kann als Verhältnis der Ursache zum Effekt angesehen werden.

Im Gleichstromkreis ist es beispielsweise der Ohmsche Widerstand. Im Wechselstromkreis kommen noch die so genannten Blindwiderstände von Kondensator und Spule dazu.

Nun kann man sich fragen, wie die verschiedenen Impedanzen gewählt werden müssen, um eine maximale Leistungsübertragung zu erzielen. Eine falsche Impedanzwahl wäre so, als ob man durch die Spannung einer 4,5V Batterie einen Menschen wiederbeleben wollte oder als ob man mit einer Dampfwalze eine Walnuß knacken wollte.

Zu diesem Problem gibt es das sogenannte *Impedanztheorem*. Dieses besagt, dass die Leistungsübertragung maximal wird, wenn die Impedanzen von Quelle und Last, also vom übertragenden System und vom aufnehmenden System, angeglichen sind. Das heißt, es sollen möglichst die gleichen Impedanzen vorhanden sein.

Es geht also darum, Dinge an ein System anzupassen und genau an diesem Punkt braucht man die Transformatoren. Sie sollen bestimmte Eigenschaften so verändern, dass eine maximale Leistungsübertragung möglich ist. Natürlich ist nicht immer eine maximale Leistungsübertragung gefordert, man kann aber die Größen in dem Maß regeln, wie es gefordert wird.

Wir versuchten mit einem Spielzeugmotorboot zu testen, welche Schraube die maximale Leistungsübertragung auf das Wasser ausübt. Dabei haben wir ein Newtonmessgerät verwendet und herausgefunden, dass es große Unterschiede bei den jeweiligen Schraubengrößen gibt.

Als Beispiel könnte man auch das Ohr anführen. Im Ohr ist ein anderes Medium als die Luft vorhanden. Die Knochen im Ohr transformieren den Schall, so dass man gerade die Dinge wahrnehmen kann, die wir als normale Geräusche kennen. Würde die Übertragung maximal werden, so würden wir auch ein ständiges Hintergrundrauschen hören, was durch alle Bewegungen, die es gibt, verursacht wird. So ist die Transformation im Ohr ideal, aber nicht maximal.

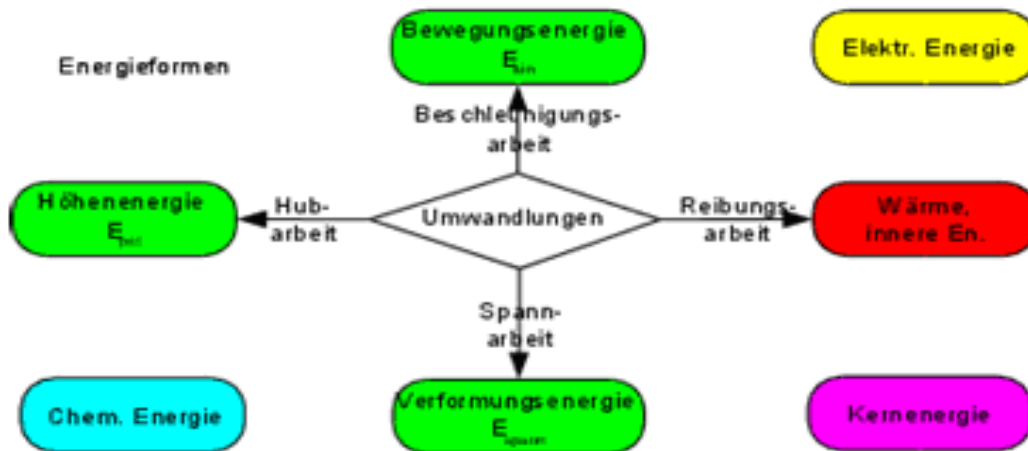
Es gibt viele solcher Impedanzanpassungen. So gebrauchen alle Saiteninstrumente einen Transformator zur Impedanzanpassung. Denn eine Saite durchschneidet einfach den Raum. Dadurch entsteht kein intensiver Ton. Erst durch die Übertragung auf einen Hohlkörper wird die erzeugte Schwingung einer Saite in gut hörbaren Schall umgewandelt.

Wie schon erwähnt, es gibt vieler solcher Impedanzwandler und -anpasser in der Welt der Physik, man muss nur die Augen offen halten.

## 5.2 Energie- und Impulserhaltung

David Nase  
Betreuer: Felix Schossau

**Energieerhaltungssatz** Es gibt eine Vielzahl verschiedener Energieformen: Bewegungsenergie, elektrische Energie, Höhenenergie, Wärme bzw. innere Energie, chemische Energie, Verformungsenergie, Kernenergie...



Das nach dem Hochheben eines Körpers gespeicherte Arbeitsvermögen bezeichnet man als **Lageenergie** bzw. **potenzielle Energie**.

$$E_{\text{pot}} = F_G \cdot h = m \cdot g \cdot h$$

$F_G$  = Gewichtskraft (=m·g)     $h$ : Hubhöhe

Das nach dem Beschleunigen eines Körpers gespeicherte Arbeitsvermögen bezeichnet man als **Bewegungsenergie** bzw. **kinetische Energie**.

$$E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

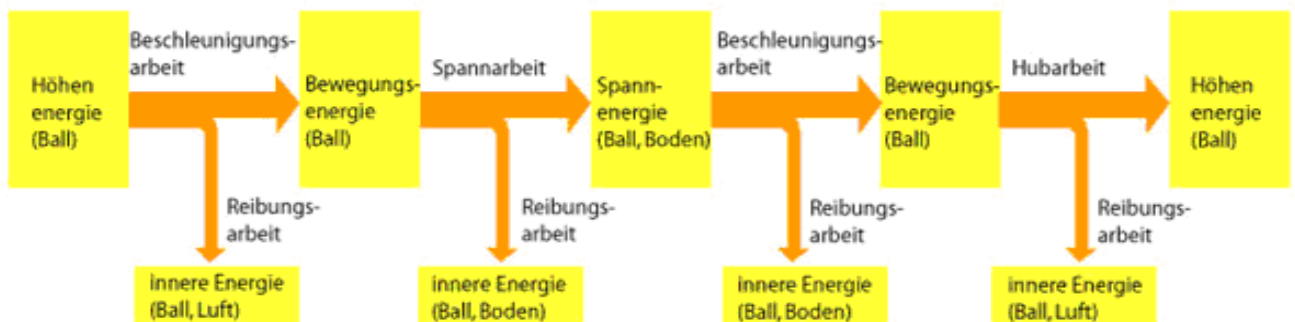
$m$ : Masse des sich bewegenden Körpers

$v$ : Geschwindigkeit des sich bewegenden Körpers

Immer wenn sich die Energiemenge eines Systems ändert, bedeutet dies, dass diese Energie an anderer Stelle erscheint oder verschwindet. Diese experimentelle Beobachtung ist der **Energieerhaltungssatz**, eines der wichtigsten Gesetze der Physik.

**Energieformen lassen sich durch Arbeit ineinander umformen. Dabei bleibt die gesamte Energie erhalten.**

Ein Beispiel ist das Springen eines Tennisballs. Der Verlauf des Balls wird im Energiediagramm dargestellt.



Die ursprüngliche Energie geht dabei in weniger nutzbare Formen über. Obwohl der entwertete Teil nicht verloren ist, spricht man im Alltag oft unkorrekt von „Energieverlust“ oder „Energieverbrauch“.

Den Energieerhaltungssatz haben wir am Beispiel einer Loopingbahn beobachtet und berechnet. Das hat Allen viel Spaß gemacht!

**Impulserhaltungssatz** Der Impulserhaltungssatz lässt sich gut am Kugelstoßpendel (auch Kugelpendel, Newtonpendel oder Newton-Wiege) erklären. Dieses ist ein Versuch, bei dem 5 Kugeln gleicher Masse hintereinander hängen. Wenn man die am weitesten rechts liegende Kugel anhebt und gegen die daneben prallen lässt, stößt sich auf wundersame Weise die am weitesten links liegende Kugel ab, und nur diese! Wenn man die zwei rechten Kugeln anhebt und gegen die mittlere prallen lässt, so stoßen sich die beiden linken ab. Entsprechendes gilt für drei und vier Kugeln.

Der Energieerhaltungssatz alleine erklärt nicht, warum sich nur die äußersten Kugeln bewegen. Hier gilt zusätzlich der Impulserhaltungssatz, ebenfalls einer der wichtigsten Erhaltungssätze der Physik.

**Der Impulserhaltungssatz besagt, dass der Gesamtimpuls in einem abgeschlossenen System konstant ist. „Abgeschlossenes System“ bedeutet, dass keine Kräfte von außen auf Teile des Systems einwirken.**

Dabei ist der Impuls  $\mathbf{p}$  wie folgt durch  $\mathbf{p} = m\mathbf{v}$  definiert.

Die am weitesten rechts liegende Kugel gibt ihren Impuls an die links daneben ab, jene dann an die links daneben und so weiter. Die am weitesten links liegende Kugel kann allerdings keinen Impuls mehr weitergeben und wird somit abgestoßen.

Es sind *elastische Stöße*, bei denen die kinetische Energie und der Impuls erhalten bleiben. Vernachlässigt man Reibungseffekte und den durch die Kugelrotation verursachten Drehimpuls, muss der Impuls der  $n$  Kugeln der Masse  $m$ , die mit der Geschwindigkeit  $\mathbf{v}_1$  auf die ruhenden Kugeln auftreffen, gleich



dem Impuls der  $k$  angestoßenen Kugeln der Masse  $m$  sein, die angestoßen werden. Nimmt man weiterhin an, dass die angestoßenen Kugeln sich kollektiv mit der Geschwindigkeit  $\mathbf{v}_r$  bewegen, gilt für den Impuls:

$$\mathbf{n} \cdot (\mathbf{v}_l \cdot \mathbf{m}) = k \cdot (\mathbf{v}_r \cdot \mathbf{m})$$

Weiterhin muss die Energie vor und nach dem Stoß erhalten bleiben.

$$n \cdot \left( \frac{v_l^2 \cdot m}{2} \right) = k \cdot \left( \frac{v_r^2 \cdot m}{2} \right)$$

Setzt man die erste Gleichung in die zweite ein, erhält man für das Verhältnis von losgelassenen zu wegfliegenden Kugeln  $\frac{n}{k}$  die quadratische Gleichung

$$\frac{n}{k} = \left( \frac{n}{k} \right)^2$$

mit den beiden Lösungen  $\frac{n}{k} = 0$  und  $\frac{n}{k} = 1$ .

Die erste Lösung stellt den trivialen Fall dar, dass keine Kugel losgelassen wird, die zweite Lösung besagt, dass die Anzahl der auftreffenden Kugeln gleich der Anzahl der wegfliegenden ist.

Auch die aus der Impulserhaltung resultierende Raketengleichung für zeitlich veränderliche Massen wurde im Kurs behandelt. Besonders imposant waren die experimentellen Beobachtungen an der Wasserrakete und am Raketenwagen, welcher durch austretenden Stickstoff beschleunigt wurde.

Als weitere Erhaltungsgröße haben wir außerdem den Drehimpuls kennen gelernt.

#### Literatur:

[1] *Physik / Chemie Formelknacker*, Cornelsen Verlag Umwelt: Physik Ausgabe B, Klett Verlag

[2] [www.chemgapedia.de](http://www.chemgapedia.de),

[3] <http://www.wikipedia.de/www.Wikipedia.de>,

[4] <http://www.roro.muc.kobis.de/www.roro.muc.kobis.de>

### 5.3 Schwingungen

Florian Kroh  
Betreuerin: Ulla Schweitzer

In unserer heutigen Welt ist alles in Bewegung. Vieles davon wiederholt sich zyklisch. Die Vorgänge werden Schwingungen genannt. Ein Gerät oder System, das sie ausführt, nennt man Oszillator. Es gibt harmonische und anharmonische Oszillatoren; diese Schwingungen können dann ungedämpft, überdämpft, unterdämpft oder kritisch gedämpft sein.

Die ungedämpfte Schwingung ist die einfachste Art, bei diesem Oszillator tritt keine Reibung auf. Die Bewegungsgleichung eines solchen Oszillators lautet:

$$y = a \cdot \sin \left( \frac{2\pi}{T} t + \varphi_0 \right)$$

Dabei ist die Eigenfrequenz bzw. die Schwingungsdauer für jeden Oszillator anders. So ist sie beim Federpendel gleich  $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$ , beim Fadenpendel (mathematisches Pendel) gleich  $\frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$  (gilt nur für kleine Ausdehnungen).

Doch auch bei diesen unterschiedlichen Systemen lassen sich Gemeinsamkeiten (Analogien) feststellen. So muss jedem Oszillator am Anfang Energie zugeführt werden, um ihn in Gang zu setzen. Außerdem benötigt jedes System zwei Dinge, um seine Bewegung aufrecht zu erhalten, nämlich Steifigkeit und Trägheit.

Die Steifigkeit sorgt dafür, dass der „Schwinger“ wieder in seine Ruhelage zurückkehrt, die Trägheit trägt ihn über den Totpunkt (die Ruhelage) hinaus. Bei einem Federpendel entspricht die Steifigkeit der Federhärte, die Trägheit ist der Impuls der Masse.

Auch die Eigenfrequenz ist bei unterschiedlichen Systemen analog, sie lässt sich durch das Verhältnis von Steifigkeit zu Trägheit ausdrücken:  $f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\text{Steifigkeit}}{\text{Trägheit}}}$ . Sie ist immer von vorneherein festgelegt und idealerweise von der Amplitude unabhängig.

Im realen Leben gibt es hingegen keine ungedämpften Schwingungen, da immer irgendeine Reibung auftritt, zum Beispiel die Luftreibung, die einen Oszillator ausbremst.

Dabei kann man drei Fälle von gedämpften Oszillatoren unterscheiden:

- I. Das System erfährt wenig Reibung und schwingt eine Weile, es ist unterdämpft, die Amplitude nimmt exponentiell ab.
- II. Die Reibung ist sehr groß, zum Beispiel im Wasser oder noch viskoserer Flüssigkeiten, in diesem Fall findet eine Überdämpfung statt. Der Oszillator schwingt nur noch zurück in die Ruhelage und kommt nicht mehr darüber hinaus, er ist überdämpft.
- III. Wenn die Reibung dem Verhältnis von Steifigkeit zu Trägheit entspricht, ist der Oszillator kritisch gedämpft. Sein Bewegungsmuster ist wie in Fall 2, allerdings klingt die Bewegung in der kürzest möglichen Zeit ab.

Die Dämpfung von Schwingungen nutzt man zum Beispiel in Waagen, um möglichst schnell Ergebnisse ablesen zu können, oder in Stoßdämpfern, um das Aufschaukeln der Fahrzeuge zu verhindern.

Schwingungen treten in allen möglichen Bereichen auf. Und die genannten Kenntnisse können beispielsweise auf einen elektrischen Schwingkreis übertragen werden. So entspricht die Masse (Trägheit) eines Federpendels der Induktivität der Spule im Schwingkreis. Die Federkonstante (Steifigkeit) wird durch die Induktivität dargestellt. Die Dämpfung erfolgt über einen ohmschen Widerstand.

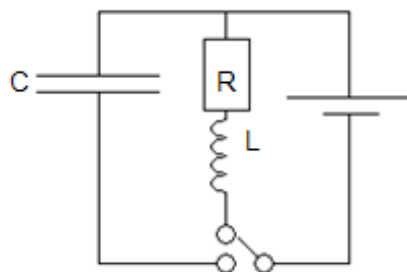


Abbildung 5:

An einem solchen Schwingkreis haben wir dann die drei verschiedenen Dämpfungsfälle beobachtet, die genau wie zuvor berechnet verliefen:



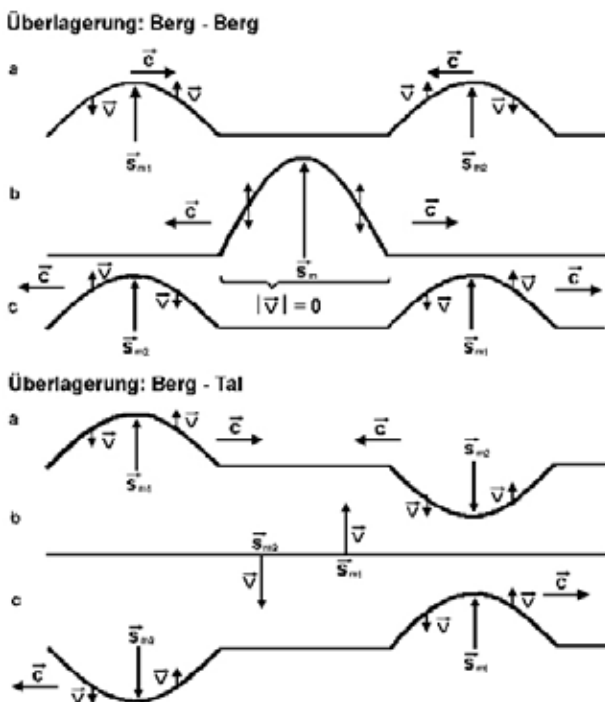
Abbildung 6: Unterdämpfte Schwingung

Kritisch gedämpfte Schwingung

### 5.4 Interferenz und Interferometrie

Simon Frydrych  
Betreuerin: Ulla Schweitzer

#### Was ist Interferenz?



Treffen auf einem homogenen Träger zwei gegenläufige Wellenberge aufeinander, so überlagern sie sich. Ihre Einzelauslenkungen  $s_m$  sowie ihre Schnellen  $v$  werden vektoriell addiert. Anschließend laufen beide Wellenberge in ihrer ursprünglichen Richtung weiter. Die Wellen haben sich ungestört durchdrungen, nachdem sie sich überlagert hatten.

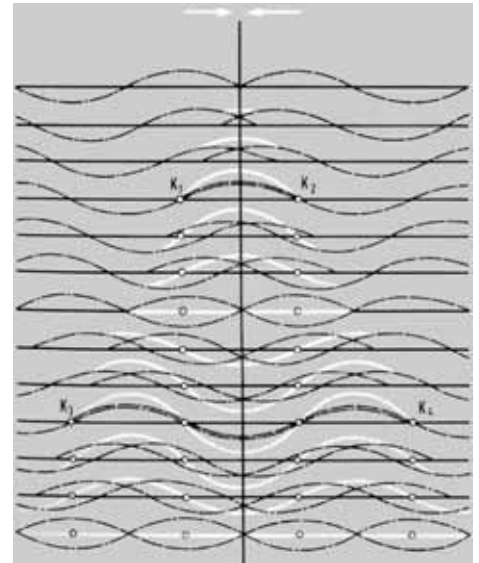
Treffen ein Wellenberg und ein Wellental aufeinander, überlagern diese sich ebenfalls, doch kommt es für einen Moment zu einem völligen Verschwinden jeglicher Auslenkung. Dies ist eine Folge der Addition der Einzelauslenkungen  $s_m$ . Die Schnellen werden ebenfalls vektoriell addiert.

### Die stehende Welle

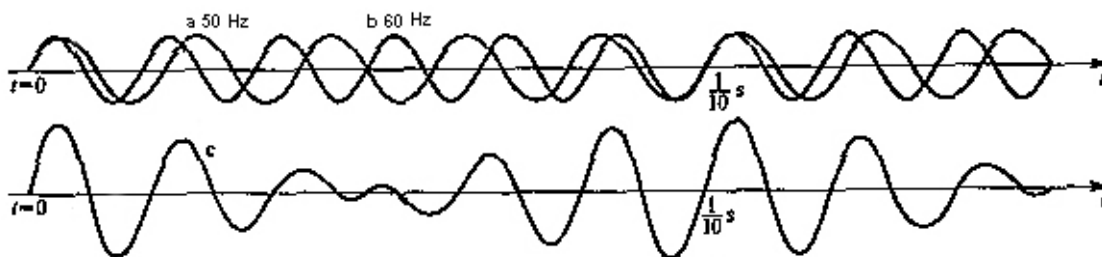
Überlagert sich eine Transversalwelle mit einer gegenläufigen, reflektierten Welle, so können stehende Wellen entstehen.

$K_{1-4}$  nennt man *Knotenpunkte* einer stehenden Welle. An diesen Orten bewegen sich die Teilchen nicht. Zwischen zwei Knotenpunkten bilden sich sogenannte Wellenbäuche, in denen die Amplitude am größten ist. Die Länge eines Wellenbauches ist gleich der Hälfte der Wellenlänge.

Stehende Wellen treten nur bei Eigenschwingungen des Trägers auf. Die Eigenschwingung mit der niedrigsten Frequenz nennt man „Grundschiwingung“. Die weiteren Eigenschwingungen nennt man auch „1. Oberschiwingung“, „2. Oberschiwingung“ und so weiter.

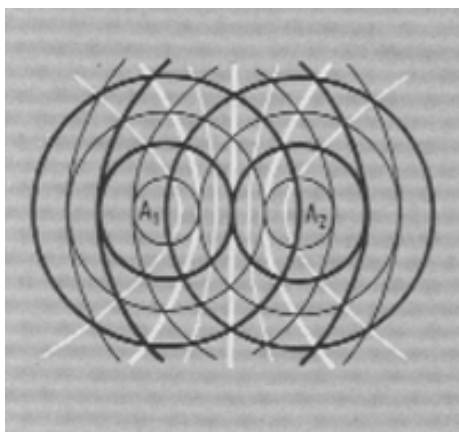


### Schwebung



Schlägt man zwei Stimmgabeln mit gleicher Amplitude und leicht unterschiedlicher Frequenz an, so überlagern sich a und b. Die entstandene Schwingung schwankt periodisch in ihrer Amplitude. Dieser Vorgang nennt sich *Schwebung*. Die Schwebungsfrequenz c gibt die Zahl der Schwebungsmaxima in 1s an. Sie ist die Differenz  $c = b - a$ , ( $b > a$ ) der Teilfrequenzen a und b. Akustisch hört man ein Schwanken in der Lautstärke.

### Interferenz zweier kohärenter Wellen



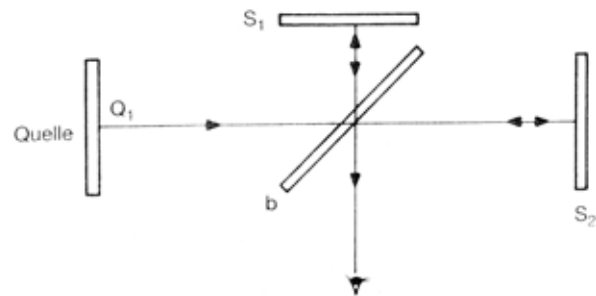
Nimmt man zwei Wellenquellen mit gleicher Phase und Frequenz und legt ihre Wellenbilder übereinander, so sieht man, dass sich die Wellen an manchen Stellen auslöschung oder verstärken.

Nimmt man als Quelle beispielsweise zwei Lautsprecher und durchläuft den Raum, so wird man feststellen, dass an manchen Stellen der Ton kaum hörbar und an anderen Stellen ziemlich laut ist. Dies ist ebenfalls eine Ursache von Schwebung.

Gleiche Muster bekommt man auch bei Interferenz am Doppelspalt zu sehen. Parallele Wellen interferieren nach dem Doppelspalt als zwei Elementarwellen. Dies konnten wir an Wasserwellen in einer Wellenwanne und an Lichtwellen sehen.

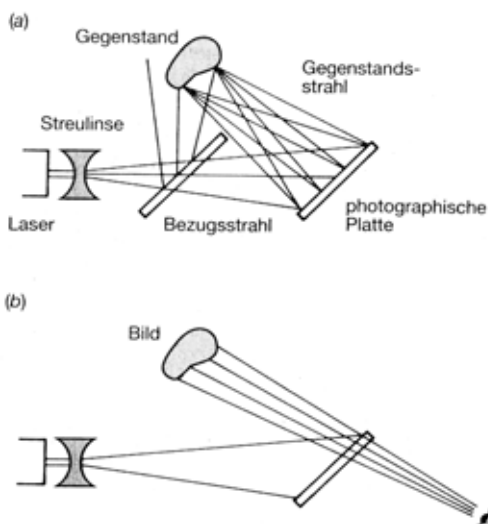
## Interferometrie mit Wegunterschied

Interferenzmuster, wie sie z. B. bei zwei kohärenten Wellen auftreten, können in bestimmten Aufbauten dazu verwendet werden, Abstände und Wellenlängen zu messen. Im Michelson-Interferometer fallen von einer großflächigen monochromatischen Quelle Lichtstrahlen auf eine halbdurchlässig-verspiegelte Glasplatte  $b$ . Diese Glasplatte steht in einem Winkel von  $45^\circ$  zu den Lichtstrahlen und reflektiert sie nach  $S_1$  und lässt ihn weiterhin durch zu  $S_2$ . An den Spiegeln  $S_1$  und  $S_2$  werden die Lichtstrahlen auf sich selbst zurückgeworfen und gelangen zum Betrachter. Besitzen  $S_1$  und  $S_2$  den gleichen Abstand zu  $b$ , erreichen den Betrachter gleichphasige Lichtstrahlen, die hell erscheinen. Unterscheiden sich die Abstände um eine halbe Wellenlänge, so gelangen sie gegenphasig zum Betrachter und löschen sich aus. Es bleibt dunkel.



Erhöht man den Abstand von  $S_2$  um ein Vielfaches der Wellenlänge gegenüber  $S_1$ , so überlagern sich die Lichtstrahlen konstruktiv, es bilden sich um die helle Mitte herum noch weitere konzentrische, abwechselnd dunkle und helle Ringe. Dies hat zur Ursache, dass die parallelen Strahlen von  $Q_1$  nach der Glasplatte  $b$  divergent verlaufen. Je größer der Wegunterschied ist, desto weiter gehen die Strahlen auseinander und bilden beim Betrachter mehrere einzelne Lichtstreifen.

## Holographie



Ein spannendes Anwendungsgebiet von Interferenzen ist beispielsweise die Holographie. Monochromatisches Licht wird durch eine Streulinse durch eine halbdurchlässig-verspiegelte Scheibe geschickt. Ein Teil des Lichts durchläuft den Spiegel, der andere Teil wird vom Gegenstand reflektiert. Anschließend interferieren die beiden Lichtstrahlen auf einer photographischen Platte.

Strahlt man anschließend Licht gleicher Wellenlänge auf die entwickelte Photoplatte, so projiziert sich der Gegenstand im gleichen Abstand wie vorher von der Platte entfernt.

## Literatur:

- [1] J. N. Shive, R. L. Weber: *Ähnlichkeiten in der Physik*, Springer-Verlag
- [2] Dr. Oskar Höfling: *PHYSIK Band II Teil 1 Mechanik – Wärme*, 13. Auflage Dümmler
- [3] Metzler, *Physik Teil 2: Gravitation, Mechanische Schwingungen und Wellen, Elemente der Wärmelehre*, J. B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung Stuttgart.

## 5.5 Wärmestrahlung

Tobias Dera  
Betreuer: Wolf Aßmus

Es gibt drei Arten von Wärmeübertragung: die Wärmeleitung, der Wärmefluss und Wärmestrahlung. Die beiden ersten Übertragungsarten sind auf Materie angewiesen, aber auch wenn sich ein Körper in einem evakuierten Raum befindet, tauscht er mit seiner Umgebung Wärme aus. Die Strahlung, durch die das geschieht, nennt man Wärmestrahlung.

Um das Verhalten von Körpern in dieser Thematik beschreiben zu können, werden zwei grundlegende Begriffe notwendig: das Emissionsvermögen  $E$  und das Absorptionsvermögen  $A$ . Das Emissionsvermögen  $E$  eines Körpers ist definiert als die abgestrahlte Leistung pro Einheitsfläche. Die Einheit von  $E$  ist  $1\text{W}/\text{m}^2$ . Das Absorptionsvermögen  $A$  eines Körpers ist das Verhältnis von absorbiertem zur auffallenden Strahlung und ist daher eine reine Zahl.

Wenn  $A = 1$  ist, dann wird die auftreffende Strahlung vollständig absorbiert und man spricht von einem *Schwarzen Körper*.

Wenn man das Emissionsvermögen von Körpern mit großen und kleinen Absorptionsvermögen vergleicht, fällt auf, dass schwarze Flächen Wärme besser emittieren als weiße, genauer gesagt ist der Quotient von  $E$  und  $A$  immer konstant:

$E/A = \text{const.}$  (Kirchhoffsches Gesetz)

Um dies anschaulich zu zeigen, führten wir ein Experiment mit einem LötKolben durch, der auf einer Seite schwarz und auf der anderen Seite blank war, und verglichen die Menge der emittierten Strahlung mithilfe eines Wärmestrahlungsmessers.

Weiterhin gilt:  $E/A = E_{\text{schwarz}} / A_{\text{schwarz}} = E_{\text{schwarz}}$

Daraus folgt:  $E = A \cdot E_{\text{schwarz}}$ ,

wobei  $E_{\text{schwarz}}$  das Emissionsvermögen eines schwarzen Körpers ist.

Aufgrund dieser Beziehung kann man sich bei der Untersuchung der Wärmestrahlung auf Schwarze Körper beschränken und die Ergebnisse auf andere Körper umrechnen.

Weil für unser Auge schwarze Flächen aber nicht unbedingt alle Strahlungen im infraroten und ultravioletten Bereich absorbieren und daher kein Absorptionsvermögen von 1 haben, werden schwarze Körper am besten durch einen Hohlraum mit einem kleinen Loch realisiert. Aufgrund dieses Aufbaus wird die aus dem Loch entweichende Strahlung auch *Hohlraumstrahlung* genannt. Zur Veranschaulichung erhitzen wir einen solchen schwarzen Körper aus Platin und beobachteten, dass die aus dem Loch austretende Strahlung bei hohen Temperaturen heller war als die der Körperoberfläche. Zur näheren Beschreibung dieser Strahlung wird der Begriff der *Energiedichte*  $u$  eines Hohlraums mit der Temperatur  $T$  und die *spektrale Energiedichte*  $u_f$  verwendet. Unter der spektralen Energiedichte versteht man die Energiedichte, die innerhalb eines Frequenzbereiches zustande kommt.

Die von einem Körper abgestrahlte Energiemenge erhöht sich mit zunehmender Temperatur sehr stark. Dieser Zusammenhang wird durch das Stefan-Boltzmannsche Gesetz beschrieben:

$$U = \sigma \cdot T^4$$

Dabei ist  $\sigma$  eine Naturkonstante.

Das Maximum der Spektralen Energiedichte verschiebt sich dabei bei hohen Temperaturen zu kleinen Wellenlängen hin. Dies wird durch das WIENSche Verschiebungsgesetz beschrieben:

$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = \text{const.} = 2880 \mu\text{m} \cdot \text{K}$$

Indem man die maximale spektrale Energiedichte bestimmt, also die Wellenlänge bei der der Körper am intensivsten strahlt, kann man die Temperatur eines Körpers bestimmen. Eine weitere Methode

zur Temperaturbestimmung eines Körpers besteht darin, seine Strahlung in einem Pyrometer mit der eines geeichten Glühdrahtes zu vergleichen, dessen Temperatur elektrisch geregelt werden kann. Auf diese Weise konnten wir die Temperatur einer Glühlampe bestimmen.

Das Strahlungsgesetz, das das Stefan-Boltzmannsche Gesetz und das Wiensche Verschiebungsgesetz vereint, wurde von Plank entwickelt und lautet:

$$u_f = \frac{8\pi f^2}{c^3} \cdot \frac{hf}{\exp\left(\frac{hf}{kT}\right) - 1}$$

## 5.6 Das allgegenwärtige $kT$

Roland Jung  
Betreuer: Manuel Fischer

Das Produkt aus der Boltzmann-Konstanten  $k$  und der absoluten Temperatur  $T$  taucht in der Physik sehr häufig auf. Um verstehen zu können, woher  $k$  stammt, muss man sich zunächst mit der kinetischen Gastheorie auseinandersetzen.

**Die kinetische Gastheorie** Die Gleichung  $pV = \frac{1}{3}Nm\bar{v}^2$  beschreibt die Beziehung zwischen dem Druck  $p$  und dem Volumen  $V$  eines Gases aus  $N$  Molekülen. Das BOYLE-MARIOTTESche Gesetz kann man als  $pV = c$  schreiben, wobei  $c$  lediglich von der Temperatur abhängig ist. Wenn man  $c$  experimentell bestimmt, entsteht die Beziehung  $pV = nRT$ , die als *ideale Gasgleichung* bezeichnet wird, wobei  $R$  die universelle Gaskonstante ist.

**Experiment:** Gasthermometer

Ein mit Luft gefüllter Glaskolben wird in warmes Wasser getaucht. Dabei erwärmt sich die Luft im Thermometer. Es kann nun zwei verschiedene Folgen geben. Der Druck oder die Temperatur steigen. Indem man die nach oben steigende Glassäule blockiert, kann sich die erwärmte Luft nicht mehr ausdehnen und folglich steigt der Druck, der gemessen werden kann. Wenn man die Volumenvergrößerung zulässt, ist es möglich, anhand einer Skala die Ausdehnung zu messen und mit Hilfe der idealen Gasgleichung die Temperatur auszurechnen.

Verknüpft man nun die ersten beiden Gleichungen, so folgt  $\frac{1}{3}Nm\bar{v}^2 = nRT$ .

Betrachtet man 1 mol eines Gases, folgt daraus:  $\frac{1}{3}m\bar{v}^2 = \left(1\text{mol} \cdot \frac{R}{N_A}\right) T$ .

Ersetzt man  $1\text{mol} \cdot \frac{R}{N_A}$  durch  $k$ , entsteht die Gleichung  $\frac{1}{3}m\bar{v}^2 = kT$ .

Multipliziert mit dem Faktor  $\frac{3}{2}$  entsteht die Gleichung  $\frac{1}{2}m\bar{v}^2 = \frac{3}{2}kT$ .

Daraus folgt, dass  $\frac{3}{2}kT$  die physikalische Bedeutung der thermischen kinetischen Energie eines Moleküls hat.

Wieso hat gerade  $\frac{3}{2}kT$  die Bedeutung der kinetischen Energie? Dies ergibt sich daraus, dass die Geschwindigkeit  $v$  von Molekülen ein zeitlicher Mittelwert von Geschwindigkeiten entlang der  $x$ -,  $y$ - und  $z$ -Achse ist.

Es gilt:  $\frac{1}{2}m\bar{v}^2 = \frac{1}{2}m\bar{v}_x^2 = \frac{1}{2}m\bar{v}_y^2 = \frac{1}{2}m\bar{v}_z^2 = \frac{1}{2}kT$ , also für jede Richtung  $\frac{1}{2}kT$ .

Multipliziert mit 3 für die drei Richtungen ergibt sich  $\frac{3}{2}kT$ .

**Verteilung molekularer Geschwindigkeiten** Bei den Gleichungen des vorigen Abschnitts geht man davon aus, dass sich je  $\frac{1}{3}$  der Moleküle in eine der drei Richtungen bewegt. Dies ist eine vereinfachende Annahme, aber auch unter Berücksichtigung der statistischen Geschwindigkeitsverteilung erhält man dasselbe Ergebnis. Auch wenn sich die Geschwindigkeiten stets ändern, ist es möglich, eine mittlere Geschwindigkeit zu ermitteln. MAXWELL und BOLTZMANN kamen über zwei verschiedene Überlegungen zum gleichen Ergebnis:

$$n = 4\pi N \left( \frac{m}{2\pi kT} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot v^2 \cdot \exp \left( \frac{-mv^2}{2kT} \right) \cdot dv$$

Hierbei sind  $n$  die Anzahl der Moleküle mit Geschwindigkeiten in einem Bereich um  $v$  mit der Breite  $dv$ ,  $N$  die Gesamtzahl der Moleküle und  $m$  die Masse eines Moleküls.

Im Bereich des Maximums dieser Funktion sollte die wahrscheinlichste Geschwindigkeit  $v_p$  liegen, jedoch nicht die mittlere Geschwindigkeit, weil die Funktion nicht symmetrisch ist.

*mittlere Geschwindigkeit*  $\approx 1,128 v_p$

*quadratisch gemittelte Geschwindigkeit*  $\approx 1,224 v_p$

$$v_p = 1,58 \cdot 10^6 \frac{\text{mm}}{\text{sec}}.$$

Durch Ableiten nach  $v$  erhält man  $v_p = \sqrt{\frac{2kT}{m}}$ .

Daraus folgt, dass die kinetische Energie von Molekülen, die sich mit Geschwindigkeiten um  $v_p$  in dem Intervall  $dv$  bewegen, gleich  $kT$  ist. Die quadratisch gemittelte Geschwindigkeit ist  $\frac{3}{2} kT$ .

Eine Veränderung der Temperatur verschiebt das Maximum, die Fläche unter dem Graphen bleibt aber bei unveränderter Teilchenzahl konstant.

**Spezifische Wärmekapazität von Gasen** Die spezifische Wärmekapazität gibt an, wie viel Energie pro Masse benötigt wird, um sie um 1K zu erwärmen. Die molare Wärmekapazität dagegen gibt die benötigte Energie an, die pro Mol eines Stoffes benötigt wird, um diesen um 1K zu erwärmen. Durch Erwärmung eines Gases erhöht man die mittlere kinetische Energie der Moleküle. Die kinetische Energie pro Mol beträgt:  $E_k = \frac{3}{2} RT$ .

Würde die zugeführte Wärmeenergie restlos in kinetische Energie umgesetzt werden, so wäre die molare Wärmekapazität bei  $V$ =konstant die Ableitung dieser Gleichung nach  $T$ :  $c_v = \frac{3}{2} R$ .

Dieses Ergebnis ist bei einatomigen Gasen im Wesentlichen richtig. Für mehratomige Moleküle ist die molare Wärmekapazität deutlich größer, weil mehratomige Moleküle nicht nur die drei Translationsfreiheitsgrade haben, sondern auch schwingen oder rotieren können. Wenn die x-Achse in Richtung der Bindung eines zweiatomigen Moleküls liegt, so kann es in der x-Achse schwingen und um die y- und z-Achse rotieren. Das zweiatomige Molekül hat folglich 7 Freiheitsgrade: drei Translationsfreiheitsgrade, zwei Schwingungsfreiheitsgrade, die sowohl potentiell als auch kinetisch sind, und zwei Rotationsfreiheitsgrade. Daraus folgt, dass nur ein Teil der zugeführten Energie in kinetische Translationsenergie umgesetzt wird. Nach dem Gleichverteilungssatz wird die Energie gleichmäßig auf alle Freiheitsgrade verteilt. Somit entfällt auf jeden Freiheitsgrad pro Molekül die Energie  $\frac{1}{2} kT$ .

Hiernach sollte die molare Wärmekapazität  $c_v$  eines zweiatomigen Gases  $\frac{7}{2} R$  betragen. Bei Raumtemperatur hat man experimentell festgestellt, dass  $c_v$  bei  $\frac{5}{2} R$  liegt. Dies liegt daran, dass ein Molekül



nicht mit beliebiger Amplitude und Energie schwingen kann. Die Amplituden sind abhängig von der Schwingungsenergie  $E = (n + \frac{1}{2}) \cdot hf$

Hierbei sind  $n = 0, 1, 2, \dots$ ,  $h = \text{PLANCKSches Wirkungsquantum}$  und  $f = \text{Schwingungsfrequenz}$ , die durch die Massen der Atome und die Steifigkeit der Bindungskräfte zwischen ihnen bestimmt wird. Der tiefstmögliche Schwingungszustand mit  $n = 0$  sagt aus, dass auch am absoluten Nullpunkt jedes Molekül die Schwingungsenergie  $\frac{1}{2} hf$  hat. Sie wird auch als *Nullpunktenergie* der Schwingung bezeichnet. Um mit höherer Amplitude und Energie zu schwingen, muss ein Molekül mindestens die Energie  $hf$  aufnehmen, damit  $n = 1$  wird. Dies passiert dann, wenn  $kT$  mit  $hf$  vergleichbar ist.

Bei Temperaturen weit unter  $\frac{hf}{k}$  bleibt  $n = 0$ . Die Moleküle nehmen also keine Schwingungsenergie auf. Mit steigender Temperatur können die Moleküle irgendwann die Energielücke von  $\frac{1}{2} hf$  zu  $\frac{3}{2} hf$  überspringen. Nun können die Schwingungsfreiheitsgrade Wärme aufnehmen. Dadurch beginnt die molare Wärmekapazität von  $\frac{5}{2} R$  auf  $\frac{7}{2} R$  zu steigen. Steigt die Temperatur weiter, erreichen die Moleküle immer höhere Schwingungszustände. Wenn viele verschiedene Schwingungszustände erreicht werden, nähert sich die Energieverteilung der Moleküle der „normalen“ Verteilung bei kontinuierlicher Energie und die molare Wärmekapazität erhält den Wert  $\frac{7}{2} R$ .

#### Literatur:

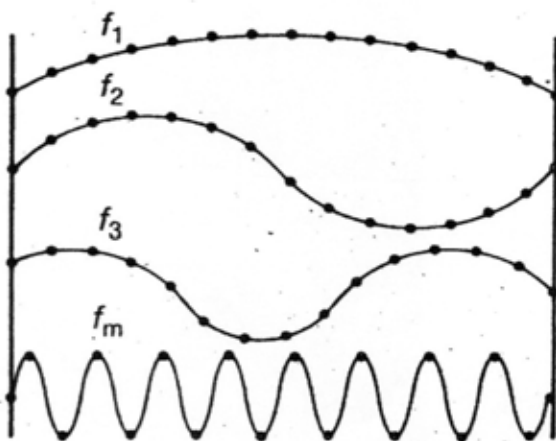
J. N. Shive, R. L. Weber: *Ähnlichkeiten in der Physik*, Springer-Verlag

### 5.7 Das allgegenwärtige $kT$ , Teil 2

Lena Walter  
Betreuer: Manuel Fischer

Dass das Produkt  $kT$  wirklich allgegenwärtig ist, soll nun, aufbauend auf den vorausgegangenen Ausführungen, anhand von drei weiteren Beispielen gezeigt werden:

**Spezifische Wärmekapazität von Festkörpern** In einem Festkörper sind die Atome fest im Gitter verankert und können nur schwingen. Sie besitzen 6 Freiheitsgrade (drei Raumachsen, je potentiell und kinetisch) mit  $E = \frac{1}{2} kT$  pro Freiheitsgrad pro Atom. D.h., dass ein einatomiger Festkörper eine molare Wärmekapazität von  $c = 3R$  aufweisen sollte. Beim absoluten Temperaturnullpunkt geht diese jedoch gegen Null; wie nah der Wert an  $3R$  herankommt, ist also temperaturabhängig und lässt sich mithilfe der Quantentheorie erklären.



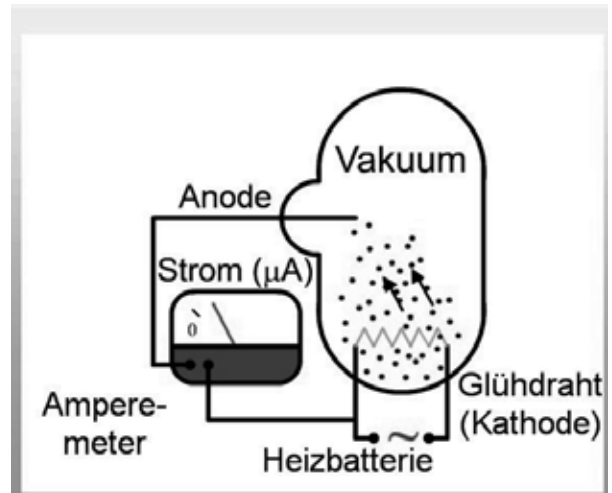
Eine Atomreihe kann in verschiedenen Frequenzen ( $f_1, f_2, \dots, f_m$ ) schwingen. Dazu muss die entsprechende Schwingungsenergie  $E = hf_x$  aufgenommen werden. Mit Hilfe einer komplexen Formel kann man  $c$  mit Kenntnis über  $hf_m$  berechnen, wobei die Schwingungsenergien immer in Zusammenhang mit  $kT$  auftauchen. Das bedeutet, dass das Verhältnis dieser beiden Größen maßgeblich für die erreichbare Wärmekapazität ist.

Je höher die Temperatur ist, desto größere Schwingungsenergien können überwunden werden. So sind mehr Schwingungsmoden mit höherer Frequenz vorhanden, woraus eine größere Wärmekapazität resultiert.

### Glühemission

Es ist allgemein bekannt, wie der Verdampfungsprozess von Flüssigkeiten abläuft: Durch Erhitzen der Flüssigkeit gelingt es immer mehr Molekülen an der Oberfläche, sich aus dem bestehenden Verband zu lösen. Auch der glühel elektrische Effekt beruht auf einer solchen „Verdampfung“ durch Temperaturerhöhung. Dies soll an folgendem Versuch deutlich werden:

Wenn der Glühdraht erhitzt wird, steht den freibeweglichen Elektronen an der Oberfläche mehr kinetische Energie zur Verfügung. Dies macht eine „Verdampfung“ in das Vakuum möglich, wo sie von der Anode auf Grund ihrer Ladung angezogen werden. Da nun ein geschlossener Stromkreis besteht, ist dieser Vorgang mithilfe eines Amperemeters erfassbar.



Die resultierende Stromstärke lässt sich durch die RICHARDSON-Formel wiedergeben:

$$I = AT^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{\Phi}{kT}}$$

(A= charakteristische Konstante der Oberfläche;  $\Phi$ = Austrittsarbeit)

Eine grafische Betrachtung des exponentiellen Faktors  $e^{-\frac{\Phi}{kT}}$  in Bezug auf das Verhältnis von  $\frac{kT}{\Phi}$  zeigt, dass die Stärke des Emissionsstromes wesentlich von  $kT$  abhängig ist.

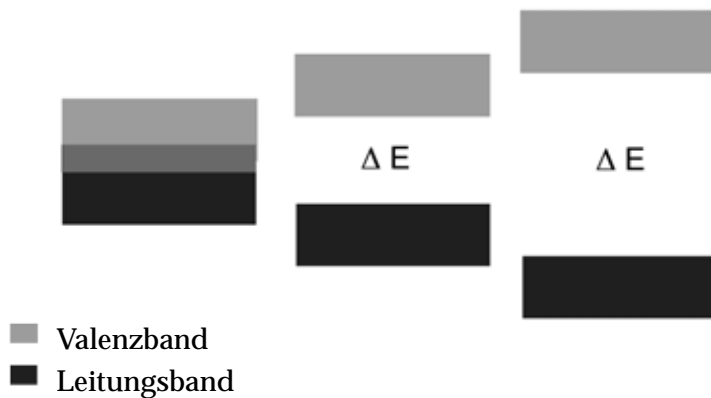
Dies gilt für alle temperaturabhängigen atomaren oder molekularen Prozesse. Denn wenn  $kT$  bedeutend kleiner als die Anregungsenergie ist, werden nur sehr schwache Vorgänge beobachtet.

**Spezifische Leitfähigkeit von Festkörpern** Bei der Leitfähigkeit geht man davon aus, dass die Valenzelektronen sich im Gegensatz zu den Ionen, die an ihre Gitterplätze gebunden sind, frei bewegen können. Durch Anlegen eines elektrischen Feldes kommt so ein Stromfluss zustande. Auf ihrem Weg kollidieren sie immer wieder mit Ionen des Gitters und ändern so ständig ihre Richtung, kinetische Energie und ihre Geschwindigkeit.

Festkörper teilt man in Bezug auf ihre Leitfähigkeit in drei Gruppen ein:

- Leiter (meist Metalle)
- Halbleiter (z.B. Kupferoxid, Silizium)
- Nichtleiter oder Isolatoren (z.B. Holz, Kunststoff)

Die unterschiedlichen Leitfähigkeiten sind darin begründet, dass die Valenzelektronen auf zwei mögliche Zustände, den leitenden (Leitungsband) und den nichtleitenden (Valenzband), verteilt sind, zwischen denen sich eine Energielücke  $\Delta E$  befindet.



Bei den Leitern ist  $\Delta E$  so gering, dass sich beide Zustände überlappen und so befinden sich schon bei Raumtemperatur verhältnismäßig viele Elektronen im hochenergetischen, leitenden Zustand. Bei Nichtleitern ist  $\Delta E$  im Gegensatz dazu so groß, dass es nur einer vernachlässigbaren Menge an Elektronen gelingt, den leitenden Zustand zu erreichen, weswegen kein Stromfluss zustande kommt.

Interessant zu betrachten sind nun die Halbleiter. Bei gewöhnlichen Temperaturen ist der Anteil der nichtleitenden Elektronen deutlich höher, weshalb das Material nur schwach leitet. Durch Erhöhung der Temperatur gelingt es allerdings immer mehr Elektronen,  $\Delta E$  zu überwinden.

Deswegen erhöht sich die Leitfähigkeit mit steigender Temperatur. (Theoretisch könnten sie bei sehr hohen Temperaturen metallisches Leitungsverhalten zeigen.)

Die Abhängigkeit ist in folgender Formel wiedergegeben:

$$\sigma = \sigma_{\infty} e^{-\frac{\Delta E}{2kT}}$$

( $\sigma_{\infty}$  = nicht erreichbare Leitfähigkeit, bei Ausgewogenheit der beiden Zustände)

Die Formel zeigt, dass wie bei der Glühemission, das Verhältnis von  $kT$  zur Anregungsenergie für die Stärke des Vorgangs verantwortlich ist.

Dieses Phänomen haben wir mit einem entsprechenden Experiment bestätigt. Bei einem Temperaturanstieg haben wir sowohl eine erhöhte Leitfähigkeit der Halbleiter, als auch eine abnehmende Leitfähigkeit bei den Leitern gemessen.

#### Literatur:

- [1] J. N. Shive/ R.L. Weber: *Ähnlichkeiten in der Physik*, Springer-Verlag  
 [2] [www.leifi-physik.de](http://www.leifi-physik.de)

## 5.8 Fourier-Analyse

Christian Lohaus  
 Betreuer: Helmar Becker

Die *Fourier-Analyse* bezeichnet die Zerlegung einer Schwingung mit unterschiedlichen Frequenzen in ihre *Grund-* und *Oberschwingungen*.

Verfahren und Namensgebung gehen auf JEAN BAPTISTE FOURIER zurück, der 1822 in seinem Werk „*Théorie analytique de la chaleur*“ zeigte, dass sich jede Schwingung  $\zeta(t)$ , die sich nach der Periode  $T$  wiederholt, aus *harmonischen Schwingungen* aufbauen lässt.

Die erste dieser Schwingungen wird *Grundschiwingung* genannt und hat die Frequenz  $\nu_1 = \frac{1}{T}$ .

Alle folgenden Schwingungen, die sogenannten *Oberschwingungen* haben ganzzahlige Vielfache dieser Frequenz:  $\nu_2 = 2 \cdot \nu_1$ ;  $\nu_3 = 3 \cdot \nu_1$  etc.

Allerdings muss man die *Phasen* dieser verschiedenen Schwingungen noch bestimmen, aus denen sich dann das periodische Signal  $\zeta(t)$  zusammensetzt.

**Analyse** Fasst man diese Schwingungen zusammen, so erhält man die *Fourier-Komponenten* von  $\zeta(t)$ . Die *Fourier-Reihe* dieser Schwingung lautet:

$$\zeta(t) = \zeta_0 + \zeta_1 \cos(\omega t + \varphi_1) + \zeta_2 \cos(2\omega t + \varphi_2) + \dots$$

Als Summe aller *Grund- und Oberschwingungen* geschrieben ergibt sich:

$$\zeta(t) = \sum_{n=0}^{\infty} \zeta_n \cos(n\omega t + \varphi_n)$$

Die Amplituden  $\zeta_n$  und Phasen  $\varphi_n$  der Fourier-Komponenten bestimmen dabei die Art und Weise des Gesamtvorganges.

Schreibt man diese Reihe komplex, was möglich ist, da jede Schwingung auch durch  $\zeta(t) = e^{ix}$  darstellbar ist, so ergibt sich daraus

$$\zeta(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} \zeta_n e^{i(n\omega t + \varphi_n)}$$

Die Summierung von  $-\infty$  bis  $\infty$  ist bei dieser Schreibweise notwendig, da jeder Kosinus auch Glieder mit negativem Exponenten liefert. Hierbei kommt wieder die komplexe Darstellung des Einheitskreises zum Tragen, in der  $\cos(\alpha) = \frac{1}{2}(e^{-i\alpha} + e^{i\alpha})$  gilt.

$$\zeta(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} \zeta_n e^{i(n\omega t)} e^{i\varphi_n}$$

Zieht man den Phasenfaktor in die Amplitude, wird diese komplex ( $\tilde{\zeta}_n = \zeta_n e^{i\varphi_n}$ ) und man erhält  $\zeta(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} \tilde{\zeta}_n e^{in\omega t}$ .

Zum Bestimmen der Amplituden und Phasen zieht man den oberen Term heran. Will man Amplitude und Phase der  $m$ -ten Fourier-Komponenten bestimmen, so multipliziert man die Funktion  $\zeta(t)$  mit  $e^{-im\omega t}$  und integriert anschließend über die gesamte Periode.

$$\int_0^T \zeta(t) e^{-im\omega t} dt = \int_0^T \sum_{-\infty}^{\infty} \tilde{\zeta}_n e^{in\omega t} e^{-im\omega t} dt = \sum_{-\infty}^{\infty} \int_0^T \tilde{\zeta}_n e^{i(n-m)\omega t} dt$$

Löst man die Integrale, erhält man:

$$\int_0^T e^{i(n-m)\omega t} dt = \frac{1}{i(n-m)\omega} e^{i(n-m)\omega T} - \frac{1}{i(n-m)\omega} = \frac{1}{i(n-m)\omega} (e^{i(n-m)\omega T} - 1)$$

Setzt man nun  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  für  $\omega$  in der Potenz ein, so erhält man  $\frac{e^{2\pi i(n-m)} - 1}{i(n-m)\omega}$

Da  $e^{2\pi i} = 1$  ist, ist dieser Ausdruck 0 für  $n \neq m$ .

Für  $n = m$  folgt durch Grenzübergang als Wert des Integrals  $\frac{2\pi}{\omega} = T$ .

Damit bleibt von dem Integral  $\sum_{-\infty}^{\infty} \int_0^T \tilde{\zeta}_n e^{i(n-m)\omega t} dt$  nur die Amplitude der  $m$ -ten Komponente, da alle anderen 0 ergeben. Es ergibt sich damit  $\tilde{\zeta}_m T$ . Dies kann man durch  $\tilde{\zeta}_m = \frac{1}{T} \int_0^T \zeta(t) e^{-im\omega t} dt$

ausdrücken. Da in  $\tilde{\zeta}_m$  noch der Phasenfaktor enthalten ist (Zusammenziehen von Amplitude und Phase  $\tilde{\zeta}_m = \zeta_m e^{i\varphi_m}$ ) haben wir nun die Amplitude und Phase der m-ten Komponente. Dabei ist  $\tilde{\zeta}_m$  ein Zeiger auf einem Kreis mit dem Radius  $\zeta_m$ , die Phase  $\varphi_m$  wird dabei vom Winkel unter dem Zeiger angegeben.

Auf diese Weise lässt sich jede periodische (und hinreichend glatte) Funktion als eine Reihe von Sinus-Funktionen annähern.

**Frequenzspektren** Ein *periodischer Vorgang* hat ein *Linienspektrum*. Das heißt, dass bei den ganzzahligen Vielfachen  $m\nu$  der Grundfrequenz  $\nu = \frac{1}{T}$  unendlich scharfe Linien errichtet sind. Einige davon können auch Null sein. Zwar braucht man im Prinzip unendlich viele dieser Linien, um einen Vorgang zu beschreiben, doch meistens erreicht man schon mit wenigen eine gute Annäherung.

Ist ein Vorgang *unperiodisch*, umfasst allerdings nur ein begrenztes Intervall, so kann man dieses Intervall als ständig wiederholt ansehen und somit fourier-analysieren. Dann stimmt die erhaltene Darstellung allerdings nicht für außerhalb des Intervalls.

Etwas komplizierter wird es, wenn ein solcher unperiodischer Vorgang bis ins Unendliche reicht. Hierbei nimmt man eine unendlich große Periodendauer  $T$  an.

Dabei rücken die Oberfrequenzen sehr dicht aneinander, da  $\lim_{T \rightarrow \infty} \nu_n = n \cdot \frac{1}{T} = 0$  und damit ihr Abstand  $\frac{1}{T}$  minimal wird. Das Spektrum dieser Komponenten nennt man *kontinuierliches Spektrum*.

**Anwendungsbereiche** Die Fourier-Analyse wird in vielen verschiedenen Bereichen eingesetzt. Beispielsweise kann die Klangfarbe eines Instrumentes, also die Grund- und Oberschwingungen, analysiert werden. Auch andere Schallwellen werden per Fourier analysiert. Beispiel hierfür sei eine Stimmanalyse für ein Spracherkennungsprogramm.

Einen wichtigen Teil nimmt aber auch die Fourier-Optik ein. Hierbei wird ein Objekt mit parallelen Licht angestrahlt, das dann über Linsen auf einen Schirm geworfen wird. Zwischen diesen Linsen befindet sich die sogenannte Fourier-Ebene, die das Beugungsmuster des Gegenstandes zeigt. Hat das Objekt beispielsweise feine gitterartige Strukturen, dann sieht der Betrachter eine Anzahl von dunkler werdenden Punkten (1.-n. Beugungsordnung) um einen zentralen hellen Punkt (0. Ordnung). In dem hellen Punkt befinden sich dabei die für das Bild notwendigen Informationen. Filtert man das Licht an der Ebene dann durch eine Blende, die nur die 0. Ordnung durchlässt und leitet es durch eine weitere Linse, deren Brechweite genau dem Abstand zur Fourier-Ebene ist, so erhält man eine Abbildung seines Objektes. Da bei Beugung an einem Gitter feine Strukturen in den höheren Ordnungen auftauchen, kann man so leichte Schäden am Objekt, wie Kratzer auf einem Film herausfiltern.

Die Beugung an gitterartigen Objekten hat auch Einfluss auf das Auflösungsvermögen von Mikroskopen, da sehr feine Strukturen in der 1. Ordnung sehr spitze Beugungswinkel haben und so der Linse entgehen.

## 5.9 Exponentielles Wachstum

Aaron Knickel  
Betreuer: Manuel Fischer

Bei vielen in der Natur vorkommenden Wachstumsvorgängen ist die innerhalb einer Zeiteinheit anfallende Zunahme nicht konstant, sondern abhängig von dem vorhandenen Bestand. Ist die Wachstumsrate zu jedem Zeitpunkt der wachsenden Größe proportional, so bezeichnet man solche Prozesse als exponentielle Wachstumsprozesse.

Diese könnten theoretisch zu unendlich großem Wachstum führen. In der Realität scheitert dies allerdings immer durch äußere Einflüsse (das Wachstum biologischer Populationen ist beispielsweise durch das vorhandene Nahrungsangebot begrenzt).

Exponentielles Wachstum durchzieht viele Bereiche menschlicher Tätigkeiten.

Hier 3 typische Beispiele:

- Sparkonto  $S = S_0 \cdot e^{rt}$
- Bevölkerung  $N = N_0 \cdot e^{wt}$
- Elektronenlawine  $N = N_0 \cdot e^{nx}$

Die Zeitdauer, während derer sich eine Größe verdoppelt, heißt *Verdopplungszeit*.

**Exponentieller Abfall mit der Zeit** Bei exponentiellem Abfall ist wie bei exponentiellem Wachstum die innerhalb einer Zeiteinheit anfallende Abnahme (beim exponentiellen Wachstum anfallende Zunahme) nicht konstant, sondern abhängig von dem vorhandenen Bestand. In gleich langen Zeitintervallen wächst eine Größe immer um den gleichen Faktor.

Bei exponentiellem Wachstum geht die betrachtete Größe gegen Unendlich, bei exponentiellem Abfall geht sie gegen 0.

Beispiele für exponentiellen Abfall sind:

- Entleeren eines Wasserbehälters  $h = h_0 \cdot e^{-\frac{Fpg}{A} t}$
- Radioaktiver Zerfall  $N = N_0 \cdot e^{-pt}$
- Entladen eines Kondensators  $U = U_0 \cdot e^{-\frac{1}{RC} t}$

Die Zeitdauer, während der eine Größe auf die Hälfte absinkt, heißt *Halbwertszeit*.

**Exponentieller Abfall mit dem Abstand** Hierbei geht es um die Absorption oder Energieentnahme an jedem Punkt eines eindimensionalen Flusses. Ein solches Abfallverhalten tritt beispielsweise bei einem Lichtstrahl auf, der in ein gleichmäßig absorbierendes Medium eindringt und aufgrund der Energieabsorption durch molekulare Prozesse schwächer wird.

Bei einem solchen exponentiellen Abfall ist die pro Längeneinheit abfallende Strahlungsintensität proportional zur vorherigen Strahlungsgröße.

Die abnehmende Größe kann eine Strahlungsintensität, eine Temperatur, eine Stromstärke, eine Spannung, ein Druck oder etwas anderes sein.

Diese Größen weisen sehr ähnliches Abfallverhalten auf, weshalb man beispielsweise den Wärmefluss in einem thermischen System durch den elektrischen Strom in einem elektrischen System mit ähnlicher Anordnung der Elemente simulieren kann.

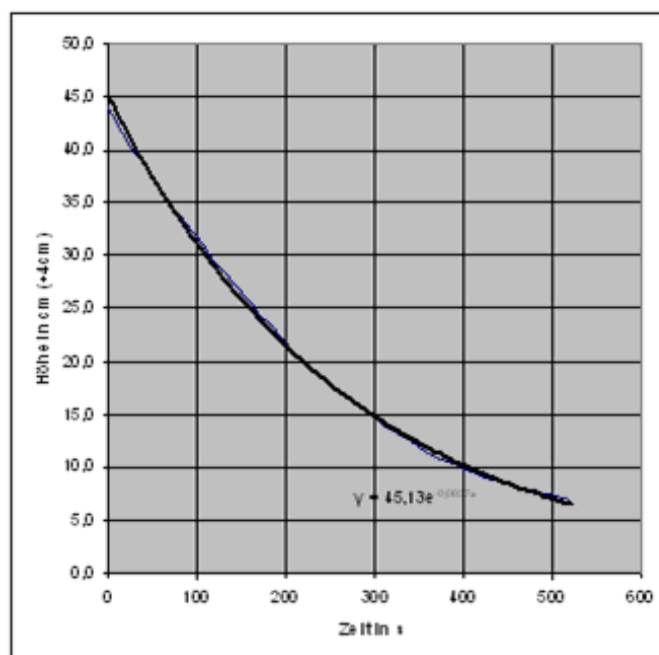
**Exponentielle Annäherung** Bisher wuchsen/fielen die Größen immer exponentiell gegen Unendlich/Null. Viel häufiger kommt es allerdings vor, dass eine Größe exponentiell bis zu einem bestimmten Wert zu- oder abnimmt. Ein Beispiel dafür ist die maximale Geschwindigkeit, die ein fallender Körper in einem Medium (z.B. Luft/Wasser) maximal erreichen kann. Ein fallender Körper wird nur so lange beschleunigt, bis der Reibungswiderstand des Mediums eine nach oben gerichtete Gegenkraft ausübt, die der Schwerkraft gleich ist. Diese maximal erreichbare Geschwindigkeit bezeichnet man als *Grenzgeschwindigkeit*.

Wenn man die mathematische Beschreibung des exponentiellen Wachstums und die des exponentiellen Abfalls miteinander vergleicht, stellt man fest, dass diese sich nur durch das Vorzeichen im Exponenten unterscheiden.

Zur Überprüfung der Formeln haben wir einige Experimente durchgeführt:

- Eisenkugel in Honig (Grenzgeschwindigkeit)
- Entladen/Aufladen eines Kondensators
- Wachstum einer Hefekultur in Nährlösung
- Entleeren eines Wasserbehälters

Folgendes  $st$ -Diagramm haben wir aus unseren Messdaten beim Entleeren eines Wasserbehälters erhalten:



Man kann in guter Annäherung sehen, dass es sich bei dem Graphen um einen exponentiellen Abfall handelt.

## 5.10 Verallgemeinerter Fluss

Patrick Eser  
Betreuerin: Ulla Schweitzer

### Lineare Zusammenhänge

In meiner Dokumentation beschäftige ich mich mit dem einfachsten und in der Natur wohl auch häufigsten Zusammenhang: Der Proportionalität.

Alle proportionalen Zusammenhänge gehorchen einer elementaren Formel:

$$W = k \cdot U$$

Hierbei ist die Wirkung  $W$  der Ursache  $U$  direkt proportional,  $k$  ist die Proportionalitätskonstante. Zur Verdeutlichung der direkten Vergleichbarkeit der proportionalen Zusammenhänge folgen nun vier Beispiele.

**1. Elektrischer Fluss** Zuerst betrachten wir den Fluss positiver elektrischer Ladung durch einen Stromleiter. Dabei gibt nach dem Ohmschen Gesetz die Stromstärke  $I$  an, welche Ladungsmenge  $dQ$  in einer bestimmten Zeit  $dt$  an einer Stelle des Drahtes vorbeiströmt, proportional zur Potentialdifferenz  $U_2 - U_1$ .

Die Formel lautet:  $I = \frac{dQ}{dt} = -\frac{U_2 - U_1}{R}$ . Hierbei ist  $R$  der Widerstand des Drahtes.

Wird dieser durch den Leitwert  $G$  des Drahtes ersetzt, erhält man:

$$I = \frac{dQ}{dt} = -G(U_2 - U_1) \quad (1)$$

Das Ergebnis wurde durch Experimente an Reihen- und Parallelschaltungen bestätigt.

**2. Wärmefluss** Wird ein Metallstab der Länge  $l$  an einer Seite erhitzt und an der anderen Seite gekühlt, so „fließt“ die Wärmemenge  $dQ$  in der Zeit  $dt$  nach der Fourierschen Wärmeleitungsgleichung:

$$\frac{dQ}{dt} = -\frac{\kappa A}{l}(T_2 - T_1)$$

Dabei ist  $A$  die Querschnittsfläche des Stabes und  $k$  der Wärmeleitwert des Metalls. Vereinfacht lautet die Formel:

$$\frac{dQ}{dt} = -K(T_2 - T_1) \quad (2)$$

Auch hierzu wurde ein Experiment durchgeführt, das allerdings das Ergebnis nicht stützt. Zur Kühlung und Erwärmung eines Kupferstabes wurden zwei Flaschen, eine mit  $88,7^\circ \text{C}$  heißem, eine mit  $18,8^\circ \text{C}$  kaltem Wasser, verwendet.

Der Versuch wies zwei große Fehler auf: Zum einen glichen sich die Wassertemperaturen immer mehr an, sodass die Wärme nicht konstant floss, zum anderen zirkulierte das kalte Wasser nicht ausreichend.



**3. Flüssigkeitsströmung** Der Fluss einer Flüssigkeit durch ein Rohr wird durch die Druckdifferenz an den beiden Enden des Rohres erzeugt. Das an einem Punkt vorbeiströmende Flüssigkeitsvolumen  $dV$  pro Zeit  $dt$  errechnet sich aus der POISEUILLESchen Formel:

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{\pi \cdot r^4}{8\eta l} (p_2 - p_1)$$

Hierbei sind  $r$  und  $l$  Radius und Länge des Rohres und  $\eta$  ist die Viskosität der Flüssigkeit. Auch diese Formel kann vereinfacht werden:

$$\frac{dV}{dt} = -F(p_2 - p_1) \quad (3)$$

**4. Diffusion** Die unterschiedliche Konzentration von bestimmten Teilchen oder Molekülen in einem Medium erzeugt Diffusion, also den Ausgleich der jeweiligen Konzentrationen. Der Konzentrationsgradient  $dn/dt$  in einer Wasserwanne errechnet sich aus:

$$\frac{dn}{dt} = -\frac{AD(n_2 - n_1)}{l}$$

$A$  ist hier die Querschnittsfläche und  $l$  ist die Länge der Wanne.  $D$  ist die Diffusionskonstante.

Vereinfacht lautet diese Formel:

$$\frac{dn}{dt} = -C(n_2 - n_1) \quad (4)$$

Hierzu gab es zwei Versuche, zum einen ein Kugeldiffusionsmodell mit zwei Sorten Stahlkugeln unterschiedlicher Größe. Beim Rütteln kam es zum Ausgleich, wobei die kleinen Kugeln besser diffundierten. Zum anderen gab es einen Tonzylinder in einem Becherglas, welches mit Wasserstoff gefüllt wurde. Es konnte anhand des Druckanstiegs und -abfalls beobachtet werden, dass der Wasserstoff wesentlich schneller diffundierte als der Stickstoff (aus der Luft).

**Vergleich** Wenn man nun die vereinfachten Formeln (1), (2), (3) und (4) der vier Transportarten vergleicht, fällt auf, dass alle Transportphänomene dieselben mathematischen Grundlagen besitzen. So ist die Transportmenge  $dx$  pro Zeit  $dt$  immer proportional zur Potentialdifferenz, die den Transport verursacht. Außerdem ist sie noch abhängig von der jeweiligen Proportionalitätskonstante der Transportart.

**Ziele des Vergleiches** Dadurch, dass direkte Zusammenhänge zwischen den Transportarten erkennbar sind, lassen sich neue Forschungsergebnisse in einem Teilgebiet in anderen Teilgebieten anwenden. Die Forschungsarbeit wird so vereinfacht, da Untersuchungen nicht wiederholt werden müssen. Beim Erforschen neuer Phänomene kann das Wissen über ähnliche Phänomene die Arbeit des Forschers leiten und so Arbeit einsparen.

## 6 Geschichtskurs

### Der Historiker als Psychologe

Viele Historiker sehen die Erforschung von Motiven für menschliches Handeln von Individuen oder von Gruppen als ihre wichtigste Aufgabe an. Nicht umsonst argumentieren sie in ihren Werken sehr oft psychologisch, und so stellte einer ihrer bedeutendsten zeitgenössischen Vertreter (P. Gay) treffend fest: Jeder Historiker ist immer auch schon Amateurpsychologe. Wir stehen hier also mit einem fundamentalen Bereich historiographischer Tätigkeit gegenüber, Grund genug also, ihn SchülerInnen, die sich für Geschichte und Geschichtswissenschaft interessieren, näher zu bringen und zum Beispiel zu fragen, ob und wenn ja, wie Historiker Motive für menschliches Handeln erkennen können. Dabei werden wir auch interdisziplinär vorgehen, also Erkenntnisansätze psychologischer und psychoanalytischer Natur und deren Anwendung auf konkrete historische Fallbeispiele - wie etwa Adolf Hitler, Kaiser Wilhelm II., den Ausbruch des Ersten Weltkrieges und die Ermordung des europäischen Judentums - analysieren. All dies geschieht unter Berücksichtigung grundlegender geschichtsmethodischer Fragen. Zudem sollen die SchülerInnen mit der Arbeitsweise von Historikern - der so genannten kritisch-historischen Methode - bekannt gemacht werden, als Orientierungshilfe für die Entscheidung, ob sie Geschichtswissenschaft studieren wollen.

**Kursleitung:** Dr. Georg Christoph Berger Waldenegg, Professor für Neuere Geschichte, Universität Heidelberg.

### 6.1 Einleitende Sitzung I

Christoph Berger Waldenegg

Im ersten Teil der Sitzung wurden zunächst organisatorische Aspekte besprochen und wir haben uns gegenseitig besser kennen gelernt. Danach hat Christoph (Kursleiter) den Kursablauf erläutert, entsprechend dem Kursprogramm. Dazu ist allgemein noch festzuhalten, dass wir die einzelnen Themen teilweise an Hand von Forschungstexten, teilweise an Hand von Quellen und teilweise auch mittels einer Kombination beider Textsorten erarbeitet haben.

Im zweiten Teil ging es um unsere Motivation, an diesem Kurs teilzunehmen bzw. ihn anzubieten. Die Motivationen der Teilnehmer sind heterogen (Mit Ausnahme eines generell existierenden Interesses für Geschichte bzw. Geschichtswissenschaft, siehe dazu auch Sitzung 2). Dies zeigten bereits die Bewerbungen der Teilnehmer. So hat Ann-Kathrin Ruf ihr Interesse an „*Gründen von Handlungen, Motivationen und Ängsten*“ betont. Felicia Brückner zufolge lassen sich historische Vorgänge durch das Aufzeigen von Zusammenhängen zwischen Geschichte und Psychologie viel besser vermitteln. Felicitas Schenck erachtete eine „*Kombination von Geschichte und Psychoanalyse für äußerst interessant*“. Julia-Marie Leichthammer glaubt, dass sich mittels der Psychohistorie besser erkennen lasse, „*warum jemand früher einmal etwas getan hat*“. Zudem gebe es „*eindrucksvolle historische Persönlichkeiten*“, wobei überlegt wurde, ob dies auch für Adolf Hitler gilt, der uns auch beschäftigen wird. Laura de Molière meint, mittels der Psychohistorie, „*unsere heutigen Gesellschaftsstrukturen besser durchleuchten und verstehen zu können*“, während Patrik Schmidt (um nur noch einen der elf Teilnehmer anzuführen) die „*Betrachtung historischer Akteure unter psychologischen Gesichtspunkten für äußerst wichtig*“ erachtete.

Christoph nannte drei Motive: *Erstens* gewann er - zunächst im Studium, dann als Berufshistoriker - zunehmend die Überzeugung, dass sich durch Einbeziehung psychologischer, eventuell auch psychoanalytischer Motive historische Vorgänge oftmals besser erklären lassen. Dies erläuterte er am

Beispiel eines Politikers, der 1854 seinem Tagebuch anvertraute, „den großen Fehler zu haben, ... mit keinem kämpfen zu können“. Eine Selbstbeurteilung, die seine wohl größte innenpolitische Niederlage womöglich besser erklären könnte als alle früheren Erklärungen. Allerdings bezweifelt eine Historikerin wie B. Mazohl-Wallnig, dass man „die bewussten und unbewussten Motive von Menschen jemals im Einzelnen auch nur erahnen könne“ (1993). Zweitens operieren Historiker immer wieder psychologisch bzw. psychoanalytisch. Welche historiographischen Chancen bietet dies? Drittens behaupten Historiker dezidiert, man müsse psychohistorisch argumentieren, wolle man bestimmte historische Vorgänge plausibel erklären. So etwa P. Gay, der sich sogar einer Selbstanalyse unterzogen hat: Jeder Fachhistoriker sei „immer schon ... Amateurpsychologe“. Und weiter: „Ob er es weiß oder nicht, er arbeitet mit einer Theorie der menschlichen Natur; er setzt Beweggründe an, studiert Leidenschaften, analysiert Irrationales und gründet sein ganzes Werk auf die stillschweigende Überzeugung, daß die Menschen bestimmte konstante und fest umrissene Wesenszüge aufweisen und ihre Erfahrungen in bestimmten vorhersehbaren oder zumindest beobachtbaren Formen verarbeiten“ (1994, US-Orig. 1985). Christoph vermutet, dass die Berücksichtigung psycho-historischer Aspekte wenigstens eine notwendige Ergänzung für historiographische Arbeiten darstellt, damit Geschichtswissenschaft überhaupt eine richtige Wissenschaft sein kann (wobei darunter hier eine Tätigkeit verstanden wird, die intersubjektiv nachvollziehbares Wissen produziert).

Am Ende hat sich jeder auf einem Zettel seine persönlichen Erwartungen an den Kurs notiert. Sie wurden am Ende des Kurses überprüft, um festzustellen, ob sie erfüllt wurden oder nicht.

## 6.2 Einleitende Sitzung II

Christoph Berger Waldenegg

In dieser Sitzung haben wir uns der Disziplin *Geschichtswissenschaft* ein wenig angenähert. Dabei stand zunächst der mögliche Nutzen einer Beschäftigung mit Geschichte im Zentrum. Konsens herrschte über die Zentralität dieser Frage, jedenfalls für an Geschichte interessierte oder die sich ihr professionell (als Lehrer an Schulen oder Universitäten oder in anderen Bereichen wie Archiv- und Bibliothekswesen, Museum) widmende Menschen. Was jedoch den möglichen Nutzen angeht, so waren wir uns nur einig, dass die Beschäftigung mit Geschichte Freude bereiten müsse, als Basis für alles weitere. Unsere Diskussion (die stets nur skizzenhaft wiedergegeben werden kann) konzentrierte sich darauf, ob sich aus der Beschäftigung mit Geschichte etwas lernen lässt? Felicitas verteidigte ihre in ihrer Bewerbung vertretene „Überzeugung, dass wir aus unserer Geschichte lernen können, sollen und müssen“, gemäß dem Motto: „Aus der Vergangenheit lernen, in der Gegenwart leben, die Zukunft gestalten!“ Das erinnert stark an Ciceros Ausspruch: *Historia magistra vitae!* Julia-Marie hingegen erachtete die Beschäftigung mit Geschichte nur als „Grundlage und Voraussetzung unseres heutigen Lebens“; demnach kann sie auch nur eine *Orientierungshilfe* sein. Christophs provokanter These, aus der Geschichte lasse sich nichts lernen, sondern allenfalls (auf heutige und künftige Verhältnisse nicht übertragbares) Wissen gewinnen, wollten die übrigen Teilnehmer nicht beipflichten.

Anschließend haben wir die *kritisch-historische Methode* kennen gelernt. Sie bildet die *Arbeitsgrundlage* von Historikern und soll ihnen dabei helfen, ihr wesentlichstes *Arbeitsmaterial*, Quellen verschiedenster Art (also nicht nur schriftliche), möglichst gut zu interpretieren. Sie wird auch als *W-Frage-Methode* bezeichnet, da an zu interpretierende Quellen Fragen gestellt werden, die alle mit dem Buchstaben W beginnen. Schematisch kann dies so dargestellt werden:

## Quelleninterpretation

| W-Fragen |   |
|----------|---|
| WIE?     | allgemein → Stil,<br>speziell → objektiv, subjektiv |
| WANN?    | Zeitpunkt der Entstehung                            |
| WO?      | Ort der Entstehung                                  |
| WORIN?   | Art/Gattung   |
| WOZU?    | für sich selbst <i>oder</i> (auch) für andere       |
| WARUM?   | Zielsetzungen                                       |
| WER?     | Verfasser   |

Dann haben wir die besagte Methode beispielhaft angewandt, und zwar an Hand eines in Christophs Besitz befindlichen Feldpostbriefes aus dem Zweiten Weltkrieg, den der deutsche Wehrmachtssoldat Paul Weihs seiner Frau Lilly (wohnhaft Wien, Fendigasse 26) geschrieben hat. Sonst kannten wir nur noch Datum (27. August 1944) und Poststempel (29. August 1944). Unser Erkenntnisinteresse: *Was können wir mit der historisch-kritischen Methode über den Brief, seinen Verfasser etc. herausfinden bzw. welche Informationen fehlen uns, um hierzu möglichst inhaltsreiche Aussagen treffen zu können?* Die systematische Anwendung der W-Fragen machte uns rasch klar, dass manche dieser Fragen alleine auf Grundlage der uns bekannten Informationen höchstens annähernd, spekulativ oder gar nicht zu beantworten sind. So kennen wir zwar den Namen des Verfassers und wissen, dass er einfacher Soldat war. Aber aus welchem sozialen Milieu stammte er? Wie war er gegenüber dem Krieg im Allgemeinen und dem Nationalsozialismus im Besonderen eingestellt? Wie schwierig die Deutung dieses Briefes ist, zeigte sich vor allem daran, dass wir uns über die von Weihs mit seinem Schreiben verfolgten Zielsetzungen sehr uneinig waren. Andere seiner Briefe hätten hier weiterhelfen können. Eine rege Debatte entspann sich über den damaligen psychologischen Zustand von Weihs. Hier rekurrten wir auf den historischen Kontext. Die Invasion in der Normandie war bereits erfolgt, die Wehrmacht befand sich an allen Fronten auf Rückzug usw. Glaubte Weihs also, dass der Krieg bereits verloren sei? Immerhin scheint darauf eine Briefpassage hinzudeuten (die Originalschreibweise wurde beibehalten): *(...) so muß man überall zuschauen wie alles zugrunde geht, das ist eine Welt. Wenn ich die Macht hätte, ich möchte auf einen Schalter drücken, das die ganze Welt um kippt und kein heute lebendes Wesen mehr existiert, denn warum muß sich gerade das schaffende Volk zerkriegen. Ja es nützt ja doch nichts, das ganze reden, jetzt sind wir eben in einen Sack, und aus den herauszukommen ist schwer (...)*. Doch merkten wir rasch, dass wir über zusätzliche Informationen verfügen müssten, um hierüber größere Gewissheit zu gewinnen, wenn würden. Insgesamt gesehen, wurde uns klar, dass die Anwendung der W-Fragen-Methode oftmals schwierig ist, und zwar selbst im Falle einer Vielzahl von Informationen (und also anders als in unserem konkreten Beispiel).

### 6.3 Psychohistorie - Annäherung an das Thema

Julia-Marie Leichthammer  
Betreuer: Christoph Berger Waldenegg

In dieser Sitzung haben wir vor allem bestimmte begriffliche und konzeptionelle Klärungen vorgenommen, als Grundlage unserer weiteren Arbeit. Dies geschah erstmals mit Hilfe eines Forschungstextes (grundsätzlich ist anzumerken, dass wiedergegebene Textauszüge oft paraphrasiert werden). Zugleich wurde das erste Referat gehalten (Julia-Marie).

Unser zentrales Erkenntnisinteresse lautete: *Wie lässt sich Psychohistorie definieren?* Dies ist schon deshalb schwer zu beantworten, weil selbst Psychohistoriker sich darüber uneins sind. Laut R. Deutsch, dessen Text unsere Grundlage bildete, „umfasst . . . *Psychohistorie Untersuchungen über historische Entwicklungen unter dem Gesichtspunkt der Einwirkung einzelpsychologischer und kollektivpsychologischer Vorgänge*“ (1986). Demnach geht es also nur um *psychologische*, nicht aber um *psychoanalytische* Aspekte. Manche Psychohistoriker berücksichtigen jedoch sowohl *psychologische* als auch *psychoanalytische* Gesichtspunkte, und wieder andere sogar lediglich *psychoanalytische* Aspekte. Diese Divergenzen haben wohl viel mit der Einstellung gegenüber der Psychoanalyse zu tun. Wer sie als *Wissenschaft* betrachtet, wird ihr einen legitimen Stellenwert einräumen, nicht aber derjenige, der als *Pseudo-* oder gar *Antiwissenschaft* ablehnt. Wie dem auch sei: Viele Psychohistoriker konzentrieren sich auf irrationale und unbewusste Vorgänge.

Uneinigkeit besteht auch darüber, was Psychohistorie zur Erhellung historischer Vorgänge beitragen kann. Manche Psychohistoriker sind überzeugt, dass sie den wichtigsten Gründen für solche Vorgänge nachspüren. Der wohl bekannteste, aber auch besonders umstrittene US-Psychohistoriker L. de Mause (Gründer eines *Institute for Psychohistory* und Herausgeber des *Journal of Psychohistory*) meint sogar, dass psychohistorisch - besser *psychoanalytisch* - angelegte Analysen den *letzten* bzw. den *eigentlichen* Ursachen für historische Vorgänge auf die Spur kommen können, bspw. für das Entstehen von Kriegen. Andere beurteilen die Psychohistorie dagegen nur als willkommene, ja notwendige Ergänzung für historiographische Erklärungen traditioneller Art, wie wirtschaftliche, politische und kulturelle.

Schon Thukydides, der allgemein als eine Art Ahnherr der Historiographie gilt, hat *auch* psychohistorisch argumentiert. Einen großen Schub erhielt die institutionell-universitär im Übrigen nur schwach ausgebildete Disziplin nach dem Durchbruch der Psychoanalyse, zunächst Freudscher, dann auch Jungscher sowie Adlerscher Spielart. Ihr Ansehen ist unter Historikern allgemein sehr gering, insofern sie überhaupt etwas von ihr wissen. Zwar wird die Anwendung psychologischer Kriterien insbesondere bei Biographien oftmals als unentbehrlich beurteilt, doch die Anwendung *psychoanalytischer* Kriterien wird, gelinde gesagt, zumeist überaus skeptisch beurteilt, gipfelnd in der provokanten Frage eines renommierten Historikers: „*Hängt unser Verständnis nationalsozialistischer Politik wirklich davon ab, ob Hitler nur einen Hoden besaß?*“ (H.-U. Wehler, 1980). Es gibt viele Gründe für dieses schlechte Image: Insbesondere wird die Psychoanalyse häufig allenfalls als *Pseudowissenschaft* beurteilt. Und auch im gegenteiligen Fall wird oft angemerkt, dass der Historiker seine (ja zumeist toten) *Patienten* nicht mehr auf die Couch legen könne. Daran ändere auch eine noch so gute Quellenlage nichts. Nicht umsonst haben die meisten Forscher, die sich als Psychohistoriker definieren, keine historiographische, sondern eine psychoanalytische, teilweise auch psychologische Ausbildung.

Die beschriebene Skepsis machte auch unsere Diskussion evident. Doch wurde konzediert, dass sich Historiker oftmals darum bemühen, Motive zu erforschen, um Handlungen von Menschen zu verstehen. Darum gehe es aber auch *psychoanalytisch* operierenden Forschern. Diskutiert haben wir überdies, ob Menschen zu allen Zeiten mehr oder weniger identisch psychologisch bzw. psychoanalytisch *funktioniert* haben. Dies muss aber so sein, wenn man etwa Freudsche Kriterien auf Menschen des Mittelalters anwendet oder davon ausgeht, dass Menschen immer schon versucht haben, mittels ihrer Handlungen Nutzenmaximierung zu betreiben. Bei aller Skepsis gegenüber der Anwendung *psychoanalytischer* Kriterien zeigte sich: Fast alle waren wir nur unzureichend mit psychoanalytischen Konzepten vertraut. Deshalb haben wir im Weiteren immer wieder versucht, sie uns näher zu bringen.

#### 6.4 Das Zeitalter Friedrichs d. Großen (1712-1786)

Felicitas Schenck  
Betreuerin: Cordula Rudek

Diese Notwendigkeit ergab sich schon in Sitzung 4. Sie galt der Frage, wie zwei Historiker (Th. Schieder und J. Kunisch) die Jugend Friedrichs d. Großen (geb. 1712) bzw. die Beziehung zu seinem Vater Friedrich W. I. beurteilen. Beide konstatieren ein sehr problematisches Verhältnis, wobei wir uns primär auf Schieders Text konzentriert haben, der zwar älter ist (1986), dem Kunisch (2004) aber nur wenig Neues hinzufügt (dies warf die Frage auf, ob es sinnvoll ist, immer wieder neue Biographien über bestimmte Persönlichkeiten zu verfassen). Friedrich W's Charakter erscheint sehr widersprüchlich. Seine Umgangsformen nennt Schieder im Einklang mit vielen Kollegen „*abstoßend*“. Er sei ohne Selbstdisziplin, jähzornig, brutal, menschenverachtend und von unberechenbaren Launen getrieben gewesen. Dafür war er planend rational, fleißig, besaß Durchsetzungswillen und fachlichen Kompetenzen. Friedrich dagegen wird in den Quellen als Kind von schwacher Konstitution, als scheu und - ganz anders als sein Vater - sehr unsoldatisch beschrieben. Er war stark intellektuell, schöngestigt orientiert. Kaum verwunderlich also, dass er bereits in früher Kindheit Konflikte mit seinem Vater hatte, die sich immer mehr zuspitzten und schließlich in einem fehlgeschlagenen Fluchtversuch gipfelten. Spätestens zu diesem Zeitpunkt sei die von ihm erlernte bzw. ihm anezogene „*Affektkontrolle*“ (wobei man an Norbert Elias' Werk *Die höfische Gesellschaft* denkt, 1939) in ihr Gegenteil umgeschlagen. Salopp formuliert: Friedrich hielt es einfach nicht mehr aus!

Die Diskussion drehte sich u. a. um eine These von Felicitas: „*Die Ansprüche an einen absoluten Herrscher und die Etikette des Hofes stoßen bei Friedrich mit einer ausgeprägten Individualität und einem unkonventionellen Freiheitsstreben zusammen. Wäre Friedrich anders erzogen worden, hätte er später einen ganz anderen Charakter gehabt!*“ Hier gab Laura zu bedenken, dass anlagebedingt Grundtendenzen bestehen. Die These eines anderen Teilnehmers, die Ausprägung eines Charakters hänge beinahe völlig von Erziehung und anderen Einflüssen ab, wurde bestritten. Dann ging es um die Quellenlage. Moritz Nocher fragte, ob Schieder und Kunisch die ihren Texten zugrunde liegenden Quellen ausreichend analysiert hätten. Felicitas bemerkte dazu, dass vielleicht erst die relativ gute Quellenlage, also nicht zuletzt Parallelbelege, zu recht ähnlichen Biographien geführt habe. Dagegen wurde eingewandt, dass es ungeachtet bester Quellenlage kaum möglich sein dürfte, das Innere von Menschen zu erforschen. Speziell bei Schieder wurde bemängelt, dass er viele Begriffe aus der Psychologie ohne nähere Definition benutze, so etwa den Begriff *Ödipuskomplex*. Laut ihm ist er nicht auf Friedrich anzuwenden, weil eine starke Mutterbindung fehlt. Lässt sich dies aber wirklich so eindeutig feststellen? Auch argumentiert er häufig alltagspsychologisch, also ohne Rückgriff auf wissenschaftlich-psychologische Erkenntnisse, obwohl dies nicht schwer wäre und von einem Autor, der beansprucht, *Wissenschaftler* zu sein, verlangt werden kann, ja *muss*. Es befriedigt nicht, wenn Schieder einfach auf die „*allgemeine Erfahrung*“ rekurriert und meint, Friedrichs Vater habe sich „*zweifellos nach Väterart ... ein Ebenbild schaffen*“ wollen. In diesem Kontext wurde etwas beobachtet, was auch für weitere Texte galt: Selbst Historiker, welche die *Psychoanalyse* skeptisch bis ablehnend beurteilen, verwenden immer wieder Termini aus dieser Disziplin: *Verdrängung*, das *Unbewusste* usw. Offenbar haben Historiker (und nicht nur sie) entsprechende Denkweisen stärker geprägt als sie sich selbst bewusst machen.

## 6.5 Das Zeitalter Friedrichs Wilhelm d. III (1770-1840)

Daria Hinz

Betreuerin: Cordula Rudek

Diesmal ging es um den Charakter des 1770 geb. Preußenkönig Friedrich W. III. Referentin Daria diente als Grundlage ein Aufsatz des an der Uni Greifswald *Geschichte der neuesten Zeit* lehrenden Th. Stamm-Kuhlmann, in dem er des Königs Charakter mit dem seines um elf Jahre jüngeren Bruders Heinrich vergleicht. Nicht nur hier reflektierten wir die Kompetenz des Autors, ein solches Thema zu behandeln, und konstatierten, dass die Feststellung von *Kompetenz* oft schwierig ist: Wer schreibt sie bspw. wem und warum zu? Spielen hierbei nicht auch institutionelle Machtverhältnisse eine Rolle? Abgesehen davon, konnten wir feststellen, dass unser Autor immerhin die bislang einzig vorliegende Biographie dieses Königs verfasst hat (1992). Der Titel des Aufsatzes *Tätiges Leben und Melancholie im preußischen Königshaus* ist dabei sozusagen Programm. Denn *tätig zu leben*, das wurde von einem Preußenherrscher gleichsam selbstverständlich verlangt. Diesem Ideal entsprach Friedrich W. III. aber keineswegs. Auch war er laut Stamm-Kuhlmann von tief sitzender Melancholie sowie innerer Antriebslosigkeit geprägt, die er versuchte, durch penible Ordentlichkeit zu kompensieren. Seinen jüngeren Bruder dagegen zeichnete zwar auch Trägheit aus, auch seien beide entschlossenunfähig gewesen und hätten kein Durchsetzungsvermögen gehabt; dennoch habe Heinrich im Gegensatz zu Friedrich W. Humor besessen. Er sei für ihn eine Art Schutzmittel gewesen. Allerdings habe er an starker Hypochondrie gelitten, auch bei kleinsten Beschwerden die größtmögliche Aufmerksamkeit beansprucht und bei jedem größeren Problem seine Krankheit vorgeschoben, um es nicht lösen zu müssen. Deshalb beschreibt Stamm-Kuhlmann Heinrich als „*leichtgewichtigen Hypochonder*“, seinen Bruder hingegen als „*prämorbidem Melancholiker im Korsett*“, der gerne ein Leben wie sein Bruder geführt hätte.

Zu Beginn der Diskussion fragte Daria, wie die beiden Männer in vertauschten Rollen agiert hätten? Es herrschte die Ansicht vor, dass sich Friedrich W. III. ähnlich verhalten hätte. Hätte jedoch Heinrich die Königsrolle durch gestanden, und zwar aufgrund seiner starken Hypochondrie (Ann-Kathrin)? Felicia führte die bei Friedrich W. III. vermutlich ebenfalls, aber viel geringer ausgeprägte Hypochondrie auf Druck und Selbsteinredung, bei Heinrich dagegen auf seine Rolle als Bruder eines Königs, der an einem Aufmerksamkeitsdefizit gelitten haben könnte, zurück. Litt also Heinrich überhaupt wirklich an Hypochondrie oder täuschte er seine Krankheiten ganz bewusst vor, um seinen Pflichten entgehen zu können? Danach diskutierten wir über eine von Stamm-Kuhlmann gestellte Frage: „*Ist der Fleiß, die unermüdliche Aktivität, das Vorantreiben der Entwicklung, das Kolonisieren des Landes, nur ein Rausch, der von einem noch gefährlicheren Rausch ablenken soll, dem Rausch der Todessehnsucht, der Sehnsucht nach Nichts?*“ Unklar blieb, wie er von Fleiß zu Todessehnsucht kommt. Laura vermutete, der Todestrieb könne infolge gehemmter Moralvorstellungen (Über-Ich) dominiert haben. Dabei fragten wir uns, inwiefern Historiker überhaupt Konzepte der Psychoanalyse anwenden sollten. Jedenfalls seien entsprechende Konzepte eindeutig zu definieren, und zwar unter Auswertung von Fachliteratur. Das kommt bei Stamm-Kuhlmann aber viel zu kurz und reduziert stark die Plausibilität seiner Thesen. Auch erfüllt er oft nicht das Kriterium der *wissenschaftlichen Nachprüfbarkeit*. So kann man bspw. nicht von *diplomatischen Quellen* sprechen, dafür aber nur eine Belegstelle anführen. Auch basieren seine Darlegungen - wie so oft bei historiographischen Deutungen - auf Berichten von Zeitgenossen. Wie steht es aber mit deren Objektivität? Der Autor schließt von seinen beiden Einzelfällen zudem auf „*allgemeine Tendenzen des Zeitalters*“. Dabei wird er aber arg spekulativ. Den König nennt er einen „*widersprüchlichen*“ Charakter: Doch gilt dies nicht für alle Menschen, obgleich unterschiedlich? Schließlich begeht er als *Wissenschaftler* eine Art Sündenfall: Denn indem er Heinrich einen „*leichtgewichtiger Hypochonder*“ nennt, „*der bedenkenlos kapituliert hatte*“, fällt er ein Werturteil. Hierzu wurde

gefragt, ob Heinrich überhaupt hätte anders handeln können (Problem des freien Willens)? Offen blieb die interessante Frage, ob man, wie Stamm-Kuhlmann meint, durch *Charakterologie* tatsächlich zu einem Verständnis ganzer *Epochen* gelangen kann? Hierüber gingen die Auffassungen auseinander.

## 6.6 Das Zeitalter Wilhelms II. (1859-1941)

Patrik Schmidt  
Betreuer: Moritz Nocher

Diese Sitzung war dem Charakter des deutschen Kaisers Wilhelm II. gewidmet, auf Basis des Aufsatzes *Kaiser Wilhelm II. eine Charakterskizze* (1987, engl. Orig. 1982), verfasst von J. Röhl, einem 1938 geb. britischen Historiker, der sich seit langem dem Leben Wilhelms II. widmet. Er gilt als ein großer Wilhelm-Experte und hat über ihn eine bisher zwei Bände umfassende, sehr detaillierte Biographie publiziert (1859-1900, Wilhelm starb 1941), der noch mindestens ein weiterer Band folgen wird. Patrik betonte, dass Biographien bei vielen Historikern als veraltetes Genre gelten. Historiker hätten sich demnach vielmehr Prozessen, strukturellen Entwicklungen zu widmen. Kurz: Nicht die berühmtesten *Männer* machen die Geschichte, sondern genau umgekehrt! Menschen sind gleichsam Opfer von historischen Konstellationen, Prozessen, Strukturen. Wie Patrik hervorhob, war sich Röhl dessen bewusst, doch kontierte er mit dem Begriff des *Wilhelminismus*. In der Tat verwenden ihn selbst Historiker, die Biographien zumindest skeptisch gegenüberstehen: Entweder hat ihrer Meinung nach Wilhelm II. diese Zeit also *doch* sehr geprägt; oder sie erblicken in ihm gleichsam das perfekte *Kind seiner Zeit*, in dem sich alle Entwicklungen, Strömungen und Geisteshaltungen jener Epoche gleichsam idealtypisch manifestierten. Demnach hätte die Epoche in *ihm* ihre vollkommene Ausprägung erfahren. Wie dem auch sei: Für Röhl ist Wilhelm II. jedenfalls die „*Schlüsselfigur*“ für das Verständnis der Hybris und Nemesis des deutschen Nationalstaats“.

Röhl erkennt bei Wilhelm sechs prägende Charaktermerkmale, wobei Patrik zufolge die zuerst genannten Merkmale eher konstituierende Elemente seiner Persönlichkeit seien, die anderen Merkmale eher äußerliche Ausprägungen bestimmter Strukturen seiner Persönlichkeit. Eine erste Eigenschaft bildete W's Unfähigkeit, aus Erfahrung zu lernen. Seine Persönlichkeit erscheint, gleich ob als junger Regent oder als alter Exilant, praktisch unverändert, wobei Röhl's Kollegin I. Hull hier eine „*conspiracy against self-understanding*“ konstatiert. Das zweite Merkmal hat Wilhelm selbst auf den Punkt gebracht: „*Ihr wisst alle gar nichts. Nur ich weiß etwas, nur ich entscheide.*“ Er betrachtete also nur sich selbst als kompetent und entscheidungsbefugt. Das dritte Merkmal ist wohl am besten mit Realitätsverweigerung beschrieben. Laut Röhl formte sich Wilhelm die Welt ganz nach der eigenen Vorstellung, wobei Patrik die beiden zuletzt genannten Merkmale als ursächlich für das erste Merkmal erachtet: Denn wer völlig von sich selbst und der eignen verzerrten Wahrnehmung überzeugt sei, könne kaum aus Erfahrung und am wenigsten aus Fehlern lernen. Die Merkmale vier und fünf legen nahe, dass unter den Persönlichkeitsstörungen W's primär andere zu leiden hatten. Zum einen wird von seiner ausgeprägten Rachsucht gegen alles, von dem er glaubte, dass es gegen ihn gehandelt (etwa England) oder sich gegen ihn verschworen (etwa *die* Juden) hatte, berichtet; zum anderen von seinem - gelinde gesagt - merkwürdigen Humor, etwa wenn er seine Ringe in Richtung der Handinnenfläche drehte, um beim Händeschütteln Schmerzen zuzufügen. Das sechste Merkmal ist W's Vorliebe für Uniformen und Verkleidungen, für Patrik ein weiterer Versuch, jeder Selbsterkenntnis aus dem Weg zu gehen. Schon Zeitgenossen vermuteten (oder meinten gar zu wissen), dass Wilhelm *gestört* war. Fachleute gingen, auch wegen starker Stimmungsschwankungen, von periodisch auftretenden Psychosen aus, heute würde man es Zykllothemie (manisch-depressiv) nennen. Da W's Charakter gleich zu bleiben schien (Psychologen unterscheiden generell zumindest eine *Primär*- von einer *Sekundär*- sowie einer



*Tertiärsozialisation*), liegt es nahe, die Erklärung hierfür in Kindheit und Jugend zu suchen. Bei seiner Geburt wurde sein Arm geschädigt, er blieb zeitlebens gelähmt. In einer militarisiert-maskulinen Gesellschaft wie der preußisch-deutschen bedeutete dies einen großen Makel, was Wilhelm wahrgenommen haben dürfte. Alfred Adler erblickt hierin sogar den Hauptgrund für W's Störung. Mithin war sein lautes und aggressives Auftreten nur ein Kompensationsversuch für Minderwertigkeitsgefühle. Anders sah es Sigmund Freud, dem sich Röhl anschließt: Beide sehen W's Mutter Victoria in der Verantwortung. Victoria habe die autoritäre preußische Staats- und Gesellschaftsordnung nicht akzeptiert und wollte Preußen dem liberalen England anpassen, damit auch das Denken ihres Sohnes. Mit der Erziehung W's zu Selbstbeherrschung und Disziplin wurde ein calvinistischer Prediger beauftragt, dessen Ansprüchen Wilhelm nie zu genügen vermochte. Zudem konnte sich Victoria laut Röhl niemals mit W's Behinderung abfinden. So wurde er u. a. Elektroschocks ausgesetzt. Auch habe sie ihm fast jegliche Liebe und Anerkennung entzogen. Insofern verwundert es Patrik nicht, dass er zu einer gestörten Persönlichkeit wurde. Als Kaiser versuchte er dann mit allen Mitteln, sich endlich jenen Respekt zu verschaffen, den man ihm immer verwehrt hatte.

Diskutiert wurde zunächst der von Röhl zustimmend zitierte Ausspruch des Dichters Samuel Johnson: „*In a man's letter his soul lies naked.*“ (1777) So gesehen, müssen sich Biographen wie Röhl aber in die Persönlichkeit und also in die Psyche ihres jeweiligen *Helden* möglichst weit hinein vertiefen. Röhl habe dabei, so Patrik, eventuell die nötige Distanz zu seinem Untersuchungsgegenstand verloren. So entsetze er sich über W's radikalen Antisemitismus, statt diesen lediglich zu beschreiben und zu erklären. Laut Julia-Marie bewirkt eine sehr lange Beschäftigung mit einem Thema unweigerlich Distanzverlust sowie Sympathie, zumindest jedoch Empathie. Dazu bemerkte Christoph, dass Historiker in der Regel nicht ihre eigenen Empfindungen artikulieren. Doch müssten sie nicht per se hinderlich sein, sofern der Historiker sich ihrer bewusst sei. Für Malte ist Röhl trotz Empathie objektiv geblieben. Hierzu wurde ein Aspekt seiner Arbeitsweise erörtert: Zum Beleg seiner Thesen führt er bisweilen Zitate W's an, zwischen denen oft mehrere Jahrzehnte liegen. Hat er sich eventuell durch seine Annahme, W's Charakter sei lebenslang praktisch unverändert geblieben, in die Irre führen lassen und sieht Parallelen dort, wo keine sind? Laut Felicitas verändern sich Menschen und reifen. Laura meint, Grundzüge des Verhaltens seien mit dem 25. Lebensjahr ausgeprägt, später würden sie sich allenfalls noch verstärken. Karolin Rau machte charakterliche Veränderungen von veränderten Moralvorstellungen abhängig. Schließlich diskutierten wir, ob sich aus einer intensiven Beschäftigung mit W's Persönlichkeit und Erfahrungen Erkenntnis darüber gewinnen lassen, welche Motive hinter seinen politischen Entscheidungen standen, zumal er zufolge mancher Zeitgenossen bei seiner Entscheidungen völlig von Beratern abhing. So richtig dies sein mag, so stellte Wilhelm eben doch die *verantwortliche* Spitze des Reiches dar, wie Malte erklärte. Cordula fragte grundsätzlich, inwieweit Berater in der Geschichte generell zum Entscheidungsprozess beitragen. Mit der provokanten These, dass Röhl zwar ein Spezialist für Wilhelm II., nicht aber für *Wilhelminismus* und das Kaiserreich sei, endete unsere Diskussion.

## 6.7 Der Erste Weltkrieg als Folge unterdrückter Triebe

Alena Büttner  
Betreuer: Moritz Nocher

Hier ging es weniger um Wilhelm, als vielmehr um das so genannte *wilhelminische Zeitalter*, und zwar unter der Fragestellung, warum so viele Deutsche den Ausbruch des Ersten Weltkriegs begrüßten. Als Grundlage diente ein Text von N. Sombart (1982), einem Kultursoziologen. Seine provokante These: Der Kriegswunsch und der Entschluss zum Krieg bildeten ein „*Symptom unterdrückter Triebe*“. Referentin Alena Büttner schilderte zunächst, wie Sombart den historischen Kontext deutet.

Demnach waren Militär bzw. Militarismus (Dominanz militärischer Einstellungen und Verhaltensweisen), die bestimmenden gesellschaftlichen und politischen Faktoren. Zugleich beschreibt Sombart die Reichsspitze als eine „*undefinierbare Leere*“, als ein undurchsichtiges Entscheidungszentrum. Hinzu kam neben einer schwierigen außenpolitischen Situation eine höchst widersprüchliche innenpolitische Situation. So gab es neben dem konservativ regierten Staat Preußen viele liberal orientierte übrige Reichsteile. Die politischen Entscheidungsträger mussten laut Sombart relativ permanent Krisen bewältigen und wähten sich einer Welt von Feinden gegenüber. Daraus resultierte ein innenpolitisch-gesellschaftlicher Ordnungsentwurf, der in der Bevölkerung Loyalität zu hierarchischen, monarchischen und männlichen Formen mental zementieren sollte. Im Kaiser erblickt Sombart *den* zentralen Punkt, in dem sich alle Macht konzentrierte. So war er auch oberster Kriegsherr. Die soziale Struktur deutet er als eine Art vergrößertes Über-Ich, das durch ein monarchisch, militaristisches, männliches Leitbild zur sozialen Kontrolle dienen sollte. Diese Zensur des Ichs beschränkte die potentiellen Triebe auf die Fortpflanzung, was wiederum mit einer durch neurotische Fantasien entstandenen Realitätsverzerrung einherging. Für besonders wichtig hält Sombart die Ausbeutung der Weiblichkeit. Frauen fanden nur durch die Erfüllung ihrer Mutterrolle Anerkennung. Ursache hierfür war laut Sombart die unbewusste männliche Angst vor dem Weiblichen, die aus der männlichen Ur-Angst resultierte (Kastrationsangst). Hier argumentiert er wesentlich psychoanalytischer als die vorangegangenen Autoren (insofern sie dies überhaupt taten). Gleiches gilt, wenn er die Rolle der Mutter als kraftvolle Quelle, als das Absolute in der vorgeitalen Phase des Kindes betont. Im Idealfall erfüllt die Mutter hierbei alle Bedürfnisse des Kindes oder aber eben nicht, wie es im Kaiserreich der Fall gewesen sein soll. So wurde die Ur-Angst im Wilhelminismus zu einem auch politische Entscheidungsprozesse bestimmenden Faktor. Denn aus der Angst vor dem Weiblichen resultierte die Verdrängung alles *Linken* wie Sozialismus und Revolution, die ebenso mit dem Weiblichen assoziiert wurden wie England. Aus dem Bestreben, die Angst davor zu überwinden, folgte dann etwa der aggressive Flottenausbau. Als besonders verhängnisvoll beurteilt Sombart den Umgang mit der häufig auftretenden Homosexualität. Sie wurde verfolgt, verboten. Ihre Häufigkeit folgte aus der Unterdrückung der Frau und also der Sexualität. Ihre Verfolgung diente also wohl zum Schutz vor dem Weiblichen. Nicht nur in dieser Hinsicht stellte der Kaiser das Zentrum des weitestgehend unbewusst ablaufenden Konflikts dar. Offiziell gab er sich als Patriarch und lehnte somit jegliche Homosexualität ab. Tatsächlich war er jedoch von Männerbünden angezogen und war obszönen männlichen Spielen nicht abgeneigt. Insofern ließen sich seine Handlungen auch auf diesen Konflikt zurückführen (wobei er allerdings nicht selbst Homosexualität praktiziert zu haben scheint).

Zu Beginn der Diskussion fragte Alena, was das folgende, scheinbar absurde Zitat W's über seinen Charakter aussagen könnte: „*If we perish, then at least England shall lose India.*“ Jemand vermutete, hierin reflektiere sich dessen Rachsucht. Dies würde auch zu W's von Bewunderung wie Hass geprägtes Verhältnis zu England passen. Überdies wurde die These geäußert, dass der Entschluss zum Krieg gegen England mit dem Phänomen der Ur-Angst und damit einhergehenden Kastrationsphantasien zusammenhänge. Da aber W's Mutter Engländerin gewesen sei, bringe dieser Ausspruch diese Phantasie zum Ausdruck. Cordula erachtet das Zitat in der zeitgenössischen Logik des Kriegs und des Imperialismus aber wenigstens für sich allein genommen als durchaus rational, womit es also auf keine psychische Störung hindeuten muss. Eine von Alena formulierte These, hierbei durchaus an Sombart anknüpfend, lautete: „*Die Vernichtung von Homosexuellen im Dritten Reich ist eine konsequente Fortführung des Umgangs mit Homosexualität im Kaiserreich.*“ Daria meinte jedoch, Homosexuelle seien niemals anerkannt gewesen. Constanze Thomas merkte an, dass während der NS-Zeit auch viele andere Gruppen verfolgt wurden. Trifft Alenas These also auch auf die Ermordung dieser Menschen zu oder muss man vielleicht auch in Bezug auf Homosexuelle nach einer ganz anderen Erklärung suchen? Abschließend kritisierten wir Sombarts methodische Vorgehensweise: Seine Deutung erschien uns sehr spekulativ. Primär wurde bemängelt, dass er alle seine These nicht unterstützenden Aspekte

(bspw. den Umstand, dass die Sozialdemokraten bei Wahlen immer stärker wurden) ausblendet, also gegen den (nicht nur) historiographischen Grundsatz *audiatur et altera pars* verstößt. Somit betreibt er Schwarz-Weiß-Malerei, wobei er sich am westlich-englischen *Normalweg* orientiert, und ihm einen deutschen *Sonderweg* gegenüberstellt, der gleichsam notwendig in die Katastrophe des Ersten und übrigens auch Zweiten Weltkriegs münden musste. Solche Thesen waren 1982 noch populär, wurden im Folgenden aber plausibel kritisiert.

## 6.8 Der Erste Weltkrieg als Folge von Nervosität

Karolin Rau

Betreuer: Moritz Nocher

Wilhelminismus stand auch im Zentrum von Karolins Referat. Es baute auf einem Aufsatz des Historikers J. Radkau auf (1994), der wohl als Probelauf für eine kurz darauf publizierte Monographie gedacht war (ein nicht nur von Historikern praktiziertes Vorgehen, um die Quintessenz eines größeren Werks vorab zu präsentieren). Sein recht aussagekräftiger Titel: *Die wilhelminische Ära als nervöses Zeitalter, oder: Die Nerven als Netz zwischen Tempo- und Körpergeschichte!* Radkau will einen „*Beitrag zur Rekonstruktion der mentalen Epocheneinheit*“ und zur „*Entfesselung des Ersten Weltkrieges*“ durch das Kaiserreich leisten. Dabei geht er von dem so genannten Phänomen der *Moderne* aus, die viele Veränderungen mit sich brachte: Zunehmendes Großstadtleben, wachsenden und sich beschleunigenden technischen Fortschritt (Industrialisierung, Mechanisierung), ein generell schnelleres Lebens-tempo usw. Die *Moderne* habe eine wachsende Nervenbelastung insbesondere auch in Deutschland bewirkt, eine zeitgenössisch als Neurasthenie diagnostizierte Krankheit (auch bezeichnet als *Nervosität* oder *Nervenschwäche*), die ein ganzes Zeitalter geprägt habe. Radkau verdeutlicht dies etwa am Arbeitsprozess: Er wurde durch Technisierung schneller, der traditionelle Arbeitsrhythmus somit durcheinander gebracht. Es kam zu Akkordarbeit und genauerer Kontrolle, um das Produktionstempo zu erhöhen und Leerzeiten zu vermeiden. Schnell wurde über Überarbeitung geklagt. Die „*Hetze des Erwerbs*“ stellte laut Radkau für viele Menschen, ja ganze Berufsgruppen ein schon zeitgenössisch belegtes Problem dar, etwa für Telefonistinnen, aber auch für höhere Schichten, darunter Aristokraten. Prädestiniert für Neurasthenie schienen Geschäftsmänner, aber auch Arbeiter, letztere, weil sie so gut wie täglich mit Beschleunigung konfrontiert waren. Etwas zugespitzt: Laut Radkau war fast die ganze Gesellschaft von der Krankheit befallen. Aber schon *vor* Kriegsausbruch, genauer seit 1912, sei die Zahl der Kranken zurückgegangen, erst recht danach, denn im Krieg für Neurasthenie (womit sich fragt, ob sie häufig nur eingebildet war). Der Krieg bildete demnach eine Art Ventil für den Umgang mit der (nervös machenden) *Moderne*. Er meint sogar: „*Jene politische Überwindung der Neurasthenie, die in den Krieg führte, war gleichsam eine Flucht in Strukturen des psychotischen Weltbildes* (. . .).“ Damit jedoch argumentiert er *monokausal*.

Diese Tatsache beschäftigte uns auch in der Diskussion: Wie sehr hat Nervosität den Entschluss der deutschen politischen Elite, in den Krieg zu gehen, wirklich beeinflusst? Historiker argumentieren zumeist *multikausal*, das Gegenteil wird vielfach als höchst problematisch abgelehnt, zumal, wenn man wie Radkau den Versuch der *politischen Überwindung der Neurasthenie* durch Krieg nicht lediglich als eine Art Auslöser deutet, sondern darin vielmehr eine zwar vielleicht nicht *hinreichende*, aber doch *notwendige* Bedingung zu erblicken scheint. Zudem fragt sich, wie sich dies mit der These ver-trägt, dass die Krankheit bereits geraume Zeit vor der Entscheidung zum Krieg zurückgegangen sei. Wir zogen auch Vergleiche zwischen Neurasthenie und heutigen Krankheiten wie dem *Burn-Out-Syndrom*. Wie schnell passen wir uns heute Veränderungen an, die noch schneller als damals erfolgen? Müssten wir dann nicht noch viel nervöser, also in Radkaus Sinne *kranker* sein, als die damalige Menschen? Oder hat sich unser Körper, unsere Mentalität inzwischen daran angepasst? Außerdem

wurde Radkaus These, W's oftmals naive Politik sei Resultat von dessen Nervosität, als sehr gewagt eingestuft. Denn er habe Politik ja nicht alleine gemacht. Allerdings waren vielleicht auch seine Berater usw. von ähnlicher Nervosität befallen. Manches hat uns an dem Text aber zugesagt, und er hat uns mehr als andere Texte überzeugt: So hat Radkau die historisch-kritische Methode weithin sorgfältiger angewandt (am nächsten kommt ihm noch Röhl). Auch hat er einen von der Forschung bisher offensichtlich zu wenig, wenn überhaupt beachteten Faktor aufgezeigt. Seine Ausführungen sind also innovativ. Schließlich will er nicht das Entstehen von Kriegen schlechthin, sondern nur *einen* Kriegsausbruch erklären. Viele Psychohistoriker (Radkau selbst geriert sich nicht eigens als solcher) hingegen ziehen im Zuge von Einzelfallanalysen weit reichende problematische Schlüsse, meinen also bspw. das Entstehen *aller* Kriege erklären zu können.

## 6.9 Adolf Hitler: Seine Kindheit, Jugend und die Folgen

Malte Mathern, Constanze Thomas  
Betreuer: Georg Christoph Berger Waldenegg

Wir haben nun einen kleinen Zeitsprung in der deutschen Geschichte unternommen und uns in einer zweigeteilten Sitzung dem Charakter Adolf Hitlers zugewandt. Dazu hörten wir zunächst ein Referat von Malte, basierend auf einem Abschnitt aus der in mehrere Sprachen übersetzten Hitlerbiographie von 1973 des kürzlich verstorbenen Publizisten J.C. Fest. Malte reflektierte zunächst darüber, inwiefern Fests persönliche Biographie von Interesse für ein Verständnis seiner Hitlerbiographie sein könnte: Denn er wurde 1926 geb., 1944 als Flakhelfer eingezogen und geriet 1945 in US-Kriegsgefangenschaft. Insofern könnte sein großes Interesse am Nationalsozialismus allgemein und an Hitler speziell auch persönlich motiviert sein. Zudem studierte er Geschichte. Wie Malte zudem bemerkte, war Fest bisweilen heftig umstritten (zum Beispiel durch seine Position im *Historikerstreit* von 1986), er nannte ihn als Hitlerbiographen aber dennoch durchaus qualifiziert, und zwar sowohl als Zeitzeuge als auch als gelernter Historiker (und Soziologe). Zudem stelle Fest keinen Absolutheitsanspruch auf. Es sei davon auszugehen, dass sein Text weder verfälschend noch verklärend sei.

Der Ausschnitt beschäftigt sich mit Hitlers Kindheit und Jugend. Dabei versucht Fest, Hitlers Bemühen zu dokumentieren, sich selbst zu entrücken und für die *Mit-* sowie wohl auch schon für die *Nachwelt* zu verklären. Auch verweist er auf die schwierige Quellenlage, da Hitler selbst alles unternommen habe, um seine Vergangenheit zu verdunkeln und gemäß seinem Wunschbild von sich selbst zu gestalten. Im Weiteren überlegt er, ob Hitlers Verhalten als Erwachsener auch schon in dessen Kindheit zu finden ist und stellt Hypothesen über die Distanz zwischen Wahrheit und Wahn auf. Hitler habe bereits in frühester Kindheit versucht, sich selbst über alle anderen zu erhöhen. Auch Hitlers Rückblick auf die ihn sehr frustrierende Schulzeit in *Mein Kampf* erfolge höchst subjektiv, ja, in dieser Beziehung glorifiziere er sich selbst und lasse etwa sein schulisches Versagen als Folge eines „*Willenskampfes*“ mit seinem Vater erscheinen. Laut Malte schildert Fest sehr gut Hitlers zunehmenden Realitätsverlust, seine immer stärker werdenden Tagträume, seine Versagensangst und seinen Wunsch, das „*Kleinbürgertum*“ zu überwinden. Woher kam dies nun alles? Fest meint, Hitler sei von seiner Mutter verhätschelt worden, da diese nach dem Verlust anderer Kinder sehr um ihren Sohn bemüht gewesen sei. Auch die väterlich-repressive Erziehung sei wohl wichtig gewesen. Dabei fragt sich zunächst, ob Hitler an seinen eigenen Wahn geglaubt oder bewusste Selbststilisierung betrieben hat? Dies muss laut Malte offen bleiben, da Hitler nicht mehr auf die Couch gelegt werden könne. Ihm zufolge hat Hitler jedoch an seine eigenen Lügen geglaubt. Dabei sei die Erzählung seines *Freundes* August Kubizek über ein fiktives Geburtstagsgeschenk sehr aufschlussreich, obgleich sie nicht absolut verlässlich sei. Es gebe aber genügend Belege für Hitlers mannigfaltiges Flüchten in Traumwelten.

Also liege es nahe, dass er an sie wirklich geglaubt habe. Malte räumte freilich ein, dass es schwierig sei, allgemeine Aussagen über Hitler zu treffen, und sei es auch nur, weil er so unmenschlich und krank gewesen sei, dass dies *normale* Menschen kaum nachvollziehen könnten.

Malte stellte mehrere Thesen zur Debatte. Erstens: „*Ab einem bestimmten Zeitpunkt hat Hitler seine eigenen Lügen geglaubt, da er vor der 'wirklichen' Wirklichkeit in die projizierte Wirklichkeit fliehen wollte.*“ Laura erachtet den Begriff *konstruiert* für adäquater. Felicia meint, Hitler müsse spätestens bei seinem Selbstmord gewusst haben, dass er gescheitert sei. Laut Christoph konstruiert sich jeder Mensch seine Wirklichkeiten, weshalb er eine vorsichtiger Formulierung vorschlägt (etwa „Hitler hat seine eigenen Lügen glauben *wollen*“). Hitler sei differenzierter zu sehen: Ihn einfach als verrückt abzustempeln, sei hinsichtlich des von ihm tatsächlich Umgesetzten und Erreichten zu einfach. *Zweitens*: „*Hitlers Entwicklung resultiert nicht aus elterlicher Erziehung, sondern aus seiner narzisstischen Veranlagung.*“ Felicia nannte sie krankhaft und hielt es auch für unvorstellbar, den Tyrannen Hitler mit Erziehungsfaktoren ausreichend zu erklären - sonst hätten im Laufe der Zeit mehrere Hitlers existieren müssen. Einschränkend bemerkte Julia-Marie dazu, dass die ersten Erziehungsjahre entscheidend für die Persönlichkeitsentwicklung seien, ungeachtet etwaiger genetischer Veranlagungen. Festgehalten wurde, dass es zwei Wege in der Forschung gibt, sich Hitlers Werdegang zu widmen. Entweder es wird fast monokausal argumentiert und ein Aspekt in den Vordergrund gestellt oder es werden diverse, vor allem tiefenpsychologische Faktoren angeführt. *Drittens*: „*Zeitzeugen seien gut geeignet dafür, über die von ihnen selbst erlebte Zeit wissenschaftlich zu arbeiten.*“ Diese These wurde hinterfragt, da Zeitzeugen dazu neigen würden, ihre subjektive Sicht der Dinge zu verabsolutieren. Zugleich laufen freilich Historiker Gefahr, falsche Maßstäbe an die Vergangenheit anzulegen. Ob ein Zeitzeuge, der zugleich auch Historiker ist (wie Fest), diese Gefahren wenigstens teilweise neutralisieren kann, blieb offen.

Teil zwei der Sitzung widmete sich dem Text des Psychologen Th. Kornbichler, der in seinem Buch *Adolf-Hitler-Psychogramme* (1994) darlegt, auf Basis welcher psychologischer bzw. psychoanalytischer Kriterien Historiker bis dato Hitlers Charakter beurteilt haben. Das dazu gehaltene Referat von Constanze machte deutlich, dass Historiker hier unterschiedene Wege gehen. Oftmals bleibt aber unklar, ob sie (lediglich) auf alltagspsychologische, oder auch auf Erkenntnisse der Psychologie oder gar der Psychoanalyse rekurren oder kombinatorisch vorgehen. Nicht erst hier begegnete uns ein entscheidendes Problem. Wie nämlich ist *Charakter* überhaupt zu definieren? Kornbichler definiert den Begriff prägnant: „*Der Charakter ist ein erworbener Zusammenhang des Seelenlebens, der die zwischenmenschlichen Beziehungen und das Welterleben eines Menschen strukturiert.*“ Diese Definition hat uns aber nicht überzeugt. So bleibt der *genetische* Faktor unberücksichtigt. Auch ist unklar, was Kornbichler unter *Seele* versteht (wobei nicht alle der Meinung waren, dass es so etwas überhaupt gibt). Wie steht es zudem mit der Vielschichtigkeit von Charakteren? Und wir fragten uns einmal mehr, inwiefern bestimmte, relativ früh *erworbene* und/oder *genetische* Merkmale mit der Zeit verändert werden können, und ob solche relativ früh festzustellende Eigenschaften auf späteres Denken und Verhalten von Individuen einwirken.

Diskutiert wurde u. a. darüber, wie eine gelungene Biographie aussehen sollte. Kornbichler äußerte sich über das Genre der von Historikern oft praktizierten *politischen Biographie* eher skeptisch, würden darin doch persönliche Aspekte der Biographierten gemeinhin vernachlässigt und damit möglicherweise entscheidende Aspekte übersehen, um politisches Wirken zu beurteilen. Eine Person müsse „*in allen ihren Lebensbezügen dargestellt*“ werden, speziell auch in ihren „*ersten Lebensjahren*“, was aber oftmals sehr kurz gerate, und zwar nicht nur aus Quellenmangel. Schließlich fragten wir uns (ebenfalls einmal mehr), wie weit man bei der Ursachenforschung zurückgehen muß. Könnten bspw. Hitlers notorische Magenschmerzen und/oder sein Herzklopfen ausschlaggebend für gewisse politische Entscheidungen gewesen sein?

## 6.10 Adolf Hitler, „sein“ Volk und dessen Verbrechen I

Ann-Kathrin Ruf

Betreuer: Georg Christoph Berger Waldenegg

In dieser Sitzung ging es um das Reserve-Polizeibataillon 101, das im Zweiten Weltkrieg an der Ermordung von rund 80.000 Menschen, fast ausschließlich Juden, beteiligt war. Es bestand vornehmlich aus Männern mittleren Alters aus Hamburgs Arbeiterschicht, die zu 25% der NSDAP angehörten, ein überdurchschnittlicher Prozentsatz. Ann-Kathrin stellte Gedanken des Historikers C.R. Browning vor, der in dem Buch *Ordinary Men: Reserve Police Bataillon 101 and the Final Solution in Poland* (1992, erw. Neuauflage 1998) darüber reflektiert, warum viele dieser *ganz normalen Männer* zu oftmals willfährigen Mördern wurden. Neben der NS-Propaganda, die das Ermorden von als *minderwertig* angesehenen Menschen als nichts Schlimmes, ja sogar als eine Notwendigkeit ansah, verweist er auf Faktoren wie Indoktrination und relativ regelmäßige Besuche von SS-Leuten oder Parteiangehörigen. Allerdings schätzt er deren Rolle ebenso als eher gering ein wie etwa Sadismus. Wichtiger erscheint ihm die in Kriegszeiten übliche Brutalisierung, den Gewohnheitsfaktor, vor allem jedoch gefühlter bzw. objektiv bestehender Gruppen- und Konformitätsdruck, also klar psychologische Motive. Laut dem Autor verweigerten sich viele Männer deshalb nicht Mordaktionen, weil sie glaubten, ihre Kameraden würden sie im gegenteiligen Fall als unehrenhaft oder als *zu schwach* und *nicht männlich genug* ansehen. Ein *Nein* hätte als moralischer Vorwurf angesehen werden können, kaum einer wollte aber zum Außenseiter werden. Dies wog oft schwerer als der gut zu belegende Umstand, dass diejenigen, die doch verweigerten, keinerlei Nachteile befürchten mussten (und dies wohl auch wussten), wie etwa Degradierung, Strafversetzung oder ähnliches mehr.

In der Diskussion wurde übereinstimmend betont, dass Browning insgesamt sehr differenziert und vergleichsweise behutsam argumentiert, was ihn etwa wohltuend von Sombart unterscheidet. Insofern erschien uns auch seine abschließende These mehr als interessant: „*Wenn die Männer des Reserve-Polizeibataillons 101 unter solchen Umständen zu Mördern werden konnten, für welche Gruppe von Menschen ließe sich dann noch Ähnliches ausschließen?*“ Demnach war der Versuch der systematischen Ermordung von Juden als Juden ein Vorgang, der auch von *Nicht-Deutschen* hätte begangen werden können. Besonders sagte uns sein für Historiker eher ungewöhnlicher interdisziplinärer Zugriff zu. Er zieht zur Untermauerung seiner These von der Wirkung des Gruppenzwangs und des Konformitätsdrucks nämlich experimentelle Erkenntnisse der Verhaltenspsychologie heran, und zwar das *Zimbardo-* (erstmal 1971) und das *Milgramexperiment* (erstmal 1962). Allerdings wurde angemerkt, dass insbesondere seine Rezeption des Milgramexperiments bzw. die Durchführung des Experiments selbst nicht unumstritten ist.

### 6.11 Adolf Hitler, „sein“ Volk und dessen Verbrechen II

Laura de Molière

Betreuer: Georg Christoph Berger Waldenegg

In dieser, nochmals zweigeteilten Sitzung ging es um Thesen von D. J. Goldhagen (*Hitler's Willing Executioners. Ordinary Germans and the Holocaust*, 1996). Wie Browning geht auch dieser Politologe (der aber *auch* stark historisch argumentiert) den Motiven für den systematischen Ermordungsversuch von Juden als Juden nach. Schon der Buchtitel verdeutlicht, dass er zu einem diametral entgegengesetzten Ergebnis wie Browning kommt, nota bene *nach* teilweiser Auswertung desselben Quellenmaterials: Die Ermordung von Juden als Juden war eine spezifisch nichtjüdisch-deutsche Tat, die bspw. Amerikaner nicht hätten begehen können. Zunächst hat uns Laura in ihrem Referat gezeigt, wie Goldhagen diese Auffassung begründet, auf Basis des einleitenden Kapitels seines Werks. Während Browning darzulegen versucht, warum viele Deutsche gewissermaßen *gegen* ihren eigentlichen Willen handelten, will Goldhagen zeigen, warum die *allermeisten* Deutschen die mörderischen Taten für *legitim* erachteten bzw. für legitim erachtet *hätten*, wenn sie von ihnen gewusst hätten. Sie erachteten sie demnach für legitim, weil sie spätestens seit Ende des 19. Jahrhunderts aufgrund eines tief verankerten, nicht hinterfragten und oftmals nicht einmal bewusst gemachten kognitiven Modells der Überzeugung waren, dass Juden *als Juden* nicht nur ein *Symbol* des Teufels waren (traditionelle radikale Judengegnerschaft), sondern *der* Teufel selbst waren. Entsprechend huldigten sie einem exterminatorischen Antisemitismus, das heißt: *Sämtliche* Juden *mussten* von der Erde verschwinden. Damit einhergehend, versucht Goldhagen, bis dahin gängige Thesen über die Motivationen zum Mord, und damit also auch Brownings Thesen, ein für allemal zu widerlegen. Nochmals: Nicht ganz normale *Männer*, sondern *nur* ganz normale *Deutsche* konnten die Ermordung planen und ausführen. Dabei differenziert er vier Handlungstypen: (1) Auf Befehl ausgeführte Taten ohne Grausamkeit, die im Zuge der systematischen Ermordung der Juden einen großen Anteil hatten. Hier differenziert er weiter zwischen „*halbherzigem*“ und „*eifrigem*“ Handeln, wobei Deutsche im letzteren Fall alles taten, um Juden zu finden und zu ermorden; (2) Taten auf Befehl, mit angeordneter Grausamkeit: Da die Deutschen nicht einmal hier Widerstand leisteten, sei davon auszugehen, dass sie dieselben befürworteten; (3 und 4) Hier spielt die innere Haltung eine Rolle. Sie erklärt, dass sogar ohne konkrete Befehle gemordet wurde, wobei Goldhagen auch hier zwischen Eigeninitiative mit oder ohne Grausamkeit unterscheidet.

Es hat uns nicht verwundert, dass sein Werk auf starken Widerspruch gestoßen ist. Hierüber hat uns Felicia informiert, nach Auswertung von Reaktionen auf das Buch, enthalten in einem Sammelband (*Ein Volk von Mördern? Die Dokumentation zur Goldhagen-Kontroverse um die Rolle der Deutschen im Holocaust*, hrsg. v. Julius H. Schoeps, 1996). Vorgeworfen wurde ihm etwa seine jüdische Herkunft: Er habe sich nachträglich an den Deutschen dafür rächen wollen, was Juden und speziell seiner Familie während der NS-Zeit geschehen ist. Solche Argumente lehnten wir ab, weil sie höchst spekulativ und überdies *ad-hominem*-Argumente sind, die in einer wissenschaftlichen Debatte nichts zu suchen haben. Bedenkenswert fanden wir hingegen den Einwand, dass es ja auch viele willfähige *nicht*-deutsche Helfershelfer gab, wie etwa Letten und Litauer. Huldigten also auch sie exterminatorischer Judengegnerschaft, und wenn ja, worin liegt dann noch das Besondere des vermeintlich *spezifisch* deutschen kognitiven antijüdischen Modells? Hier lag dann auch die Frage nahe, ob exterminatorische Judengegnerschaft nicht auch anderswo existierte. Wir konnten dies bejahen und Felicia bestätigte, dass dies auch an Goldhagens Werk kritisiert wurde. Wahrscheinlich hätte er sich so gegen diese Kritik gewehrt: Deutschland sei insofern einen *Sonderweg* gegangen, als hier exterminatorische Judengegnerschaft besonders weit verbreitet gewesen sei. Patrik gab noch etwas zu bedenken: Wenn

Goldhagen recht habe, wie sei es dann zu erklären, dass ihm selbst zufolge sich *nach* 1945 dieses kognitive Modell bei den Deutschen weitgehend gewandelt habe? Goldhagen begründet dies mit deren Umerziehung, aber war diese wirklich so tiefgreifend, um besagtes Modell gewissermaßen zu zerstören?

### 6.12 Nationale Mentalitäten I und

Referent: Georg Christoph Berger Waldenegg

### 6.13 Nationale Mentalitäten II

In diesen zwei Sitzungen ging es um so genannte *Nationale Mentalitäten*, anders (und veraltet) gesagt, um *Nationalcharaktere*! Hierbei geht es also um Einstellungen einerseits und Verhaltensweisen andererseits, eine Thematik, die unserem eigentlichen Kursthema mindestens verwandt ist. Aus Platzgründen sei im Folgenden nur kurz die Struktur der beiden Sitzungen skizziert: Zunächst betrieben wir erneut Quellenanalyse, indem wir den unveröffentlichten, also nur im Archiv einsehbaren, auf italienisch verfassten und von Christoph ins Deutsche übersetzten Bericht eines italienischen Generalstabsoffiziers (Gaetano Caccialupi) über eine Anfang 1869 unternommene Reise nach Bayern, Württemberg und Baden lasen, gemäß der *W-Fragen-Methode* in Gruppenarbeit analysierten und anschließend im Plenum diskutierten. Interessant war dieser Bericht für uns deshalb, weil Caccialupi *den* Deutschen bestimmte Charaktereigenschaften zuschreibt, die im Übrigen auch heute noch das *Fremd-*, aber auch das *Selbstbild* mitbestimmen: Genauigkeit, Ordentlichkeit und anderes mehr. Wie kommt er zu solchen Zuschreibungen? Inwiefern trafen sie zu damaligen Zeiten zu usw. Anschließend hielt Christoph ein Referat mit dem Titel: *Nationale Mentalitäten. Are we what history has made us?* Darin erörterte er u. a. die praktischen methodischen und konzeptionellen Schwierigkeiten, die sich einer Erforschung nationaler Mentalitäten in den Weg stellen

### 6.14 Abschlußsitzung

In dieser Sitzung zogen wir ein Resümee unserer Arbeit. Dabei orientierten wir uns nicht zuletzt an einigen von Christoph aufgestellten Thesen (die nicht unbedingt seine eigene Meinung wiedergegeben haben): 1) Erforschen Historiker vergangenes Geschehen, so ist die Nichtberücksichtigung psychologischer bzw. psychoanalytischer Kenntnisse nur dann sinnvoll, wenn sie nicht nach den Motiven für Handlungen von Individuen fragen; 2) Die in Sitzung 1 angeführte These Mazohl-Wallnigs ist zwar legitim: Doch erforschen Historiker eben oft Motive für Handlungen und müssen also zwangsweise versuchen, Motive mehr als nur *erahnen* zu können; 3) Hierzu gibt es grundsätzlich drei Instrumente: Alltagspsychologie, Psychologie als Wissenschaft sowie Psychoanalyse. Lediglich das erste scheidet bei einer seriös durchgeführten Forschung von vornherein als Hilfsinstrument aus; 4) Am ehesten ist die Psychologie ein Hilfsinstrument, da sie ihre Ergebnisse mit Hilfe traditioneller wissenschaftlicher und damit allgemein nachvollziehbarer Methoden gewinnt (Hypothesenbildung, Theoriebildung; jeweils mit Hilfe von Experimenten, Reihenanalysen usw.); 5) Psychoanalyse ist nur dann ein sinnvolles Hilfsinstrument, wenn *entweder* über das zu erforschende Individuum (beziehungsweise die zu erforschende Gruppe) ausreichende aussagekräftige Quellen existieren, die eine psychoanalytische Deutung erlauben (wie Aufzeichnungen über Träume, Tagebücher über Vater-Sohn-Konflikt); 6) Röhl und Radkau haben die überzeugendsten Analysen vorgelegt. Ihre Darlegungen genügen weit(est)gehend dem Kriterium der wissenschaftlichen Nachprüfbarkeit, sie argumentieren differenziert, beziehen unterschiedlichste Quellen und Forschungen in ihre Analyse mit ein, wenigstens teilweise sogar Erkenntnisse von Psychologen und Psychoanalytikern. Sie gehen also bis zu einem gewissen Grade interdisziplinär vor, was in diesem Fall auch unumgänglich ist (vgl. These 3); 7) Peter Gay hat also



*beinahe* recht: In der Tat ist *jeder Historiker fast immer schon Amateurpsychologe!* Grund genug für Historiker, sich bei Erforschung von Motiven Erkenntnisse aus der Psychologie, gegebenenfalls auch der Psychoanalyse zu berücksichtigen. Ob sie deshalb Psychologie studieren und sich sogar - wie Gay - einer Selbstanalyse unterziehen müssen, steht auf einem anderen Blatt. Über diese Thesen entspann sich eine lebhafte und partiell sehr kontroverse Diskussion. Ganz am Ende haben wir dann unsere Zettel hervorgeholt, auf denen in Sitzung 1 jeder seine ganz persönlichen Erwartungen an den Kurs festgehalten hat und die bis zur letzten Sitzung gleichsam weggesperrt worden sind. Würde ich als Kursleiter nun schreiben, sie seien wenigstens weitestgehend erfüllt worden, könnte dies als Arroganz gedeutet werden. Insofern sei dies offen gelassen!



## 7 Politikkurs

### Was ist Politik und was leistet die Wissenschaft der Politik?

In einer demokratischen Gesellschaft sind wir alle- sei es als Wählerin oder Wähler, sei als Regierende- für die Politik dieser Gesellschaft verantwortlich. Aber was ist eigentlich Politik, warum geht sie uns alle an, warum handeln auch die von Politik Enttäuschten politisch? Kann uns die dafür zuständige Politikwissenschaft sinnvolle Antworten geben?

Ausgehend von der im Kurstitel genannten doppelten Fragestellung haben wir zunächst damit begonnen, uns ein Verständnis für die Logik des Politischen, die sich aus bestimmten gesellschaftlichen, kulturellen und wirtschaftlichen Funktionszwecken ergibt, zu erarbeiten. Anschließend beschäftigten wir uns grundsätzlich der Frage, was ist eigentlich Wissenschaft sowie mit den Unterschieden und Abgrenzungskriterien zwischen Natur- und Sozialwissenschaften. Darauf aufbauend sind wir im einzelnen auf die wichtigsten Gegenstandsbereiche der Politikwissenschaft wie Politische Theorie und Ideengeschichte, die Funktionsweise des Staates, den Vergleich politischer Systeme, den Unterschied zwischen Innen- und Außenpolitik sowie den Internationalen Beziehungen eingegangen.

Zur vorbereitenden Lektüre empfehlen wir das von Herfried Münkler herausgegebene Buch *Politikwissenschaft – Ein Grundkurs*, Reinbek bei Hamburg 2003. Außerdem noch die *Einführung in die Politikwissenschaft*, herausgegeben von D. Berg-Schlosser und T. Stammen (München 1995).

**Kursleitung:** Dr. Josef Esser, Professor für Politikwissenschaft und Politische Soziologie an der Johann Wolfgang Goethe-Universität/Frankfurt mit dem Schwerpunkt Staats- und Planungstheorie.

Sven J. Weiß-Kirtskhalia (Dipl. Pol.), wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Staats- und Planungstheorie.

### 7.1 Die zwei Kulturen

Sebastian Peters  
Betreuer: Sven J. Weiß-Kirtskhalia

In seinem Werk „Die zwei Kulturen“ stellt Snow erstmals die Kluft zwischen Natur- und Sozialwissenschaften dar, die sich in unserer heutigen Zeit gefährlich auszuweiten scheint. Während es vor sechzig Jahren durchaus noch möglich gewesen wäre, dass der Premierminister Lord Salisbury ein Laboratorium in Hartfield hatte oder John Anderson auf dem Gebiet der anorganischen Chemie forschte, ständen sich die beiden Kulturen heute beinahe feindlich gegenüber. Zwar wäre an dieser Stelle der Begriff der Dekadenz maßlos übertrieben, doch haben die Differenzen zwischen beiden Wissenschaftsbereichen ernsthaft zugenommen. Bisweilen ließe sich gar eine gewisse wechselseitige Polemik erkennen.

„Die Lager“ beider Kulturen sind wahrlich gut besetzt: Auf der einen Seite die Germanisten, Anglisten und Amerikanisten, die Geschichts- und Politikwissenschaftler, die Philologen und Sprachwissenschaftler. Diesen stehen auf der anderen Seite die Physiker, Chemiker, Mathematiker, Maschinenbauer und Ingenieurwissenschaftler gegenüber. Beide haben ihre Traditionen; beide ihre Argumente. Der Streit beginne bereits mit der Interpretation der sozialen Lage der Menschheit: Nach Snows Aussage vertreten die Geisteswissenschaftler ein eher pessimistisches Weltbild; die Naturwissenschaftler dagegen seien „seichte Optimisten“, wie Snow sie bezeichnet. Die Naturwissenschaftler leben in dem Glauben, dass sich alles noch ein wenig verbessern lässt. Das alleine ist ihre Motivation.

Dass die Naturwissenschaften grundlegenden Einfluss auf die Demographie und die politischen Gegebenheiten eines Landes haben, das zeigt das Beispiel der industriellen Revolution zur Genüge: England war bekanntlich das Ausgangsland dieser revolutionären Bewegung. Der Absolutismus, die Grundherrschaft und der Zunftzwang wurden in England schon relativ früh überwunden; früher als in anderen Ländern folgte der Parlamentarismus. 1712 wurde die Dampfmaschine erfunden und schließlich 1769 entscheidend durch James Watt verbessert. Spinnmaschinen und Webstühle wurden fortan maschinell betrieben. Dazu kam, dass durch das „British Empire“ die Infrastruktur, Absatzmärkte und Exportmöglichkeiten sehr stark ausgebaut worden sind. Die Technik befand sich auf dem Vormarsch.

Von der Seite der Geisteswissenschaftler allerdings gab es enormen Protest. Snow betont in besonderer Weise, dass die Literaten und Sprachwissenschaftler geradezu „Maschinenstürmer“ gewesen seien und vor allem die soziale Unverträglichkeit der industriellen Revolution betonten. Interessant aber ist die Beobachtung, dass eine derartige Einstellung ebenfalls von einigen theoretischen Wissenschaftlern vertreten worden ist. Der Autor zieht den Schluss, dass die industrielle Revolution nicht als eine akademische Leistung zu verstehen ist, sondern alleine auf handwerklichem und technischem Fortschritt beruhe. Diese Vermutung liegt nahe, wenn man sich den enormen Anstieg der Patentanträge in England während der Jahre der industriellen Revolution vor Augen hält. Patente aber waren zumeist das Resultat handwerklicher Raffinesse, sodass sich sagen lässt, dass die industrielle Revolution vor allem aus den angewandten Wissenschaften hervorgegangen ist. Erstaunlich ist nun, wie sich die Tätigkeit der damaligen Ingenieure auf die Demographie des Landes England und schließlich auch auf jene des gesamten Planeten niederschlagen sollte. Betrachtet man die Bevölkerungsentwicklung Englands analog zur Technisierung, so lässt sich mindestens eine Korrelation zwischen beiden feststellen. Noch deutlicher wird dieser Zusammenhang, wenn man ihn weltweit betrachtet, denn die globale Bevölkerung, die über Jahrtausende nicht einmal eine Milliarde Menschen zählte, stieg nun sprunghaft innerhalb von nur gut hundert Jahren auf das Sechsfache an. Der Zusammenhang zur industriellen Revolution liegt da sehr nahe.

Snow betont, dass sich unter den Geisteswissenschaftlern viele derjenigen Menschen befinden, die die industrielle Revolution aus sozialen Gründen ablehnen. Im Folgenden aber besteht er darauf, sie als unsere einzige soziale Hoffnung für die Zukunft anzuerkennen. Ersichtlich wird diese Tatsache, wenn man sich die Lebenserwartungen der Menschen im westlichen Europa im Laufe der Industrialisierung näher betrachtet. Als Beispiel sei hier Deutschland genannt, in dem sich die industrielle Revolution erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts voll entfaltete, und wo gleichzeitig die Lebenserwartung stark stieg. Die Industrialisierung hatte nach Snow durchaus sehr viele positive Aspekte und sei weniger als Fluch, sondern vielmehr als ein Segen zu betrachten.

Nach Snow ist es unabdingbar, die Kluft zwischen den Kulturen zu schließen, denn wenn diese beiden Extreme „keinerlei Verbindung miteinander haben, wird keine Gesellschaft imstande sein, einsichtig zu bleiben“.

Der Autor C.P. Snow führt dieses Problem primär auf ein Fehler in unseren heutigen Bildungssystemen zurück. Denn es ist gerade der hohe Grad der Spezialisierung in unserem Schulwesen, der die Zersplitterung der heutigen Wissenschaften derart begünstigt. Wir haben den Vorteil, dass unsere Kinder bereits in jungen Jahren mit der Technik konfrontiert werden: Sie spielen heute mit allerlei Spielzeug, das stark an die „technische“ Welt erinnert, mit der sie später einmal konfrontiert werden sollen. Dennoch vermögen wir es anscheinend nicht, diesen Bezug zu den Naturwissenschaften aufrecht zu halten, was die Zahlen der Absolventen bestens beweisen. Snow fordert einen intensiveren und qualitativ anspruchsvolleren Unterricht. Denn eine Tatsache ist wohl kaum zu bestreiten: Die Welt und gerade die Entwicklungsländer benötigen dringend Ingenieure, die über eine grundlegende wissenschaftliche Ausbildung verfügen und ebenfalls in der Lage sind, sprachliche und kulturelle Barrieren zu überwinden (also den Geisteswissenschaftlern nicht vollkommen feindlich gegenüber-

stehen). Unsere einzige Hoffnung ist es, die naturwissenschaftlichen Revolutionen unserer Zeit global voranzutreiben. „Ingenieure als Entwicklungshelfer“ könnte ein solches Motto sein, denn die angewandten Wissenschaftler müssten durchaus bereit sein, lange Zeit ihres Lebens der Entwicklung eines fremden Landes zu widmen.

„Wir haben nur sehr wenig Zeit. So wenig, dass ich dazu gar keine Vermutung auszusprechen wage“.

**Literatur:** Charles P. Snow, *Die zwei Kulturen*, in: C.P. Snows These in der Diskussion, hrsg. von Helmut Kreuzer, Stuttgart 1987, S. 19-58

## 7.2 Was ist Wissenschaft?

Laurens Roggenbuck

Betreuer: Sven J. Weiß-Kirtskhalia

### Wissenschaft – Eine Definition

- I. Grunddefinition: Wissenschaft ist jenes menschliche Handeln, das auf die Herstellung solcher Aussagen abzielt, die jenen Aussagen an empirischen und logischem Wahrheitsgehalt überlegen sind, welche schon mittels des „gesunden Menschenverstandes“ formuliert werden können.
  - Dies ist eine scheinbar bescheidene Definition, da weder gefordert wird, dass wissenschaftliche Aussagen wahr, begründbar oder beweisbar sein müssen.
- II. Wissenschaft ist etwas, was Menschen betreiben; sie ist menschliches Handeln zu bestimmten Zwecken gemäß einer Reihe von Regeln, welche das Erreichen jener Zwecke gewährleisten sollen.
  - Da Wissenschaft von Menschen betrieben wird, ist sie möglicherweise fehlerbehaftet durch deren
    - Weltanschauungen
    - Wertvorstellungen
    - Interessen
  - Regeln sollen dies möglichst verhindern
  - Wissenschaft ist nicht nur die unmittelbar mit der Herstellung von wissenschaftlichen Aussagen verbundenen Tätigkeiten, sondern auch jene, die wissenschaftliche Aussagen vorbereiten, absichern, weitergeben und auf Dauer stellen.
- III. Der Zweck von Wissenschaft besteht darin, ein bestimmtes Gut zu produzieren – nämlich Aussagen.
  - Nicht nur irgendwelche Aussagen sollen produziert werden
  - sondern Aussagen mit bestimmten Eigenschaften, die sie jenen überlegen machen, die bereits mithilfe des „gesunden Menschenverstandes“ erzeugt werden können
    - (a) Wissenschaft zielt auf empirisch wahre Aussagen.
      - Die Aussage behauptet keine andere Beschaffenheit des Sachverhaltes auf den sie sich bezieht („empirischer Referent“) als dieser tatsächlich aufweist
    - (b) Wissenschaft zielt auf logisch wahre Aussagen.
      - Die Aussage enthält keine Denk- und Ableitungsfehler oder Widersprüche
  - Unwissenschaftlich sind Aussagen nur dann, wenn nicht auf empirisch und logisch wahre Aussagen gezielt wurde.

IV. Wissenschaft ist der Versuch einer Emanzipation aus den Fesseln des „gesunden Menschenverstand“, ist der Versuch, über dessen Grenzen dort hinauszugehen, wo einen Alltagswissen und Alltagsdenken im Stich lassen.

- Der „gesunde Menschenverstand“ ist beschränkt in Bezug auf seine Perzeptionswirklichkeit

Durch folgende drei Eigenschaften des Alltagsdenkens können wichtige Eigenschaften des zu betrachtenden Gegenstandes herausgefiltert werden:

- (a) Niemand kann alles wahrnehmen, was es jeweils gibt und was wichtig wäre.
- (b) Niemand nimmt alles wahr, was er im Prinzip wahrnehmen könnte.
- (c) Von dem, was er jemals wahrgenommen hat, vergisst er das meiste wieder.

- Das Alltagsdenken ist *unreflektiert perspektivisch*

Das Alltagsdenken ist seinem Benutzer fast immer *selbstverständlich*.

Treten Widersprüche auf, zweifelt er eher an seinen Informationsgrundlagen als an seiner Wahrnehmung

- Der „gesunde Menschenverstand“ kann z.B. in folgenden Fällen keine zufriedenstellenden Aussagen treffen:
  - Man beschäftigt sich mit Sachverhalten, für den sich der „gesunde Menschenverstand“ ohnehin nicht interessiert z.B. „Welche Argumente sprechen für, welche gegen die Annahme, es gäbe vorstaatliche Menschenrechte?“
  - Es gibt ohne besondere Bemühungen einfach keine Informationen, um eine Frage zu beantworten, z.B. folgende: „Welche Stimmanteile würden die einzelnen politischen Parteien bekommen, wenn nächsten Sonntag Bundestagswahl wäre?“
  - Der „gesunde Menschenverstand“ reicht nicht aus, um eine bestimmte Frage hier und jetzt zu beantworten, etwa diese: „Mit welcher Priorität müssten in Russland welche Maßnahmen ergriffen werden, um die Stabilität des Regierungssystems zu verbessern?“
  - Der fragliche Sachverhalt ist so komplex, dass zwar erste, annäherungsweise wohl empirisch wahre Aussagen auf der Grundlage des „gesunden Menschenverstandes“ zu formulieren sind, dennoch aber tiefer greifende oder besser abgestützte Aussagen erwünscht wären z.B.: „Wie lässt sich im Staat X eine Inflation vermeiden?“
  - Der Sachverhalt, über den man zutreffende Aussagen benötigt, ist einfach zu kompliziert, als dass innerhalb der Kompetenzen des „gesunden Menschenverstandes“ Aussagen mit dem Anspruch, empirisch wahr zu sein, erarbeitet werden könnten, etwa: „Wie hängt die Besteuerung von Zinserträgen mit der Wettbewerbsfähigkeit einer Volkswirtschaft zusammen“

Folgende wissenschaftlichen Regeln müssen im Forschungsprozess beachtet werden:

- Kontrolliere und korrigiere die Perspektive deiner Betrachtungsweise
- Kontrolliere die Selektivität deiner Informationsgrundlagen
- Übernimm und formuliere keine eigenen Aussagen, wenn bezweifelt werden kann, dass sie empirisch oder logisch wahr sind
- Formuliere deine Aussagen so, dass man sie gut verstehen und leicht auf empirische und logische Wahrheit prüfen kann
- Korrigiere falsche Aussagen

**Literatur:** Werner J. Patzelt, *Einführung in die Politikwissenschaft*, Passau 2003, S. 69-79

### 7.3 Was ist Politik?

Kyrill Messing

Betreuer: Sven J. Weiss-Kirtskhalia

#### Begriff und Gegenstand der Politik

Als Einstiegsdefinition für den Begriff Politik ist der Satz „*Politik ist die Gesamtheit der Aktivitäten zur Vorbereitung und zur Herstellung gesamtgesellschaftlich verbindlicher und/oder am Gemeinwohl orientierter und der ganzen Gesellschaft zugute kommender Entscheidungen*“ gut geeignet. Der offene Charakter politischer Entscheidungen ist charakteristisch für die Politik. Immer gibt es Alternativen und einen großen Handlungsspielraum. Die endgültige Entscheidung schließlich soll sich auf möglichst viele Personen beziehen. Dies ist eine der Eigenarten der Politik im Unterschied zu den anderen zentralen gesellschaftlichen Teilfunktionen: im Entscheidungsprozess Alternativen offen lassen und in der Ausführung dann verbindlich für alle sein.

In verschiedenen Definitionen der Politik fallen immer wieder besonders die Begriffe *Macht* und *Gemeinwohl* auf. Bei beiden Begriffen geht es um die Vorstellung oder um die Durchsetzung von Handlungen, die für jedes Mitglied der Gesellschaft, verbindlich sind. Es geht um die Gültigkeit von Entscheidungen für alle Gesellschaftsmitglieder.

#### Grundfunktionen einer Gesellschaft

Vier Grundfunktionen werden nach dem amerikanischen Soziologen *Talcott Parsons* unterschieden, die in jeder Gesellschaft vorhanden sein müssen, damit diese überhaupt bestehen kann: Wirtschaft, Kultur, Solidarität und Politik. Keine kann durch eine andere ersetzt werden und sie sind in ihrer Rolle gleichrangig.

Politik ist ein gesellschaftlicher Handlungstyp mit bestimmten regelmäßigen Handlungsfolgen, aber nicht notwendigerweise ein Handeln, das allein im Rahmen eigens zu diesem Zwecke eingerichtete politische Institutionen, wie Parlamente, Regierungen oder Parteien, stattfinden muss.

*Politik ist demnach ein gesellschaftlicher Handlungstyp, der in erster Linie an seinen Zwecken und Wirkungen und nicht an den Formen seiner Organisation und Institutionalisierung zu bemessen ist.*

Politik ist unvermeidlich öffentlich, nämlich durch die Regelungen, die sie hervorbringt und die Form ihrer Durchsetzung.

#### Vier historische Modelle Politik zu verstehen

Der Politikwissenschaftler Dolf Sternberger hat den Versuch unternommen, die Spielarten und die Sichtweisen des Politischen anhand von drei historischen Modellen aus der politischen Philosophie dreier unterschiedlicher Epochen zu erklären.

Das kybernetische Modell von Karl W. Deutsch wird in diese Betrachtung miteinbezogen, da in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts prägende öffentliche Debatten zur Veränderung des Politischen in der Wissens- und Informationsgesellschaft geführt wurden. Dieses vierte Modell unterscheidet sich erheblich von den anderen dreien.

Kurz zusammengefasst:

Vier Politik-Modelle

5. Jhdt. v. Chr., Antike: Aristoteles: Ziele: Moralische Praxis, Glück. Weg: Verständigung zwischen Gleichen (nur Männer)

4./5. Jhdt. n. Chr., Übergang zum Mittelalter: Aurelius Augustinus: Ziele: Erlösung, Befriedigung. Weg: Heils-Politik, religiös geleiteter Staat

15./16. Jhdt., Übergang zur Moderne: Niccolò Machiavelli: Ziele: Ordnung. Weg: Macht-Technik

20. Jhdt., Moderne: Karl W. Deutsch: Ziele: Lernendes System. Weg: Freier Informationsfluss

Bilanz:

Diese Politikmodelle antworten auf Probleme und Hoffnungen ihrer Epoche in einer Weise, die ihnen über sie hinaus Bedeutung und fortwirkendes Interesse vermittelt. Sie geben ihre eigene Antwort, was Politik ist.

### **Das Politische und die Politik**

Unterschied zwischen „der Politik“ und „dem Politischen“:

Politik ist der Prozess, in dem aus der ursprünglichen Vielheit freier und gleicher Menschen mit unterschiedlichen Meinungen, Interessen und Lebensweisen durch Verständigung Übereinstimmung in den Grundfragen entsteht, die allen gemeinsam sind.

Eigentliches Charakteristikum des Politischen ist die Umwandlung ursprünglicher Vielheit von Interessen und Meinungen in die Einheit des verbindlichen Handelns auf dem Wege der Verständigung. Es gibt unterschiedliche Varianten der Entpolitisierung politischer Sachverhalte durch bestimmte Umgehungsstrategien. Sie beanspruchen ein vor dem politischen Prozess feststehendes „Gemeinwohl“ oder eine einzige „richtige“ Problemlösung zu kennen.

Systematisch und historisch lassen sich drei solcher entpolitisierender Umgehungsstrategien unterscheiden, die auch in der Gegenwart noch immer oder wieder aufs neue häufig anzutreffen sind: Traditionalismus, Technokratie, oder Fundamentalismus und der Markt-Fundamentalismus.

### **Die Logik des Politischen**

Politik vollzieht sich stets in den drei Dimensionen der *Polity*, der *Policy* und der *Politics*.

Kennzeichnende Faktoren für die Polity (die Form) sind: die Verfassung, die Menschenrechte, der Staat, die politische Kultur und das politische System.

Für die Policy (den Inhalt): das Problem, das Programm und der Erfolg.

Und Faktoren für die Politics (den Prozess) sind: das Interesse, der Akteur, der Konflikt, der Konsens und die Macht.

*Politik findet im gleichzeitigen Wirksamwerden dieser drei Dimensionen statt.*

Die Gesamtheit dieser drei Dimensionen mit den von ihnen beschriebenen Faktoren und spezifischen Formen ihres Zusammenwirkens kann im Unterschied etwa zur Logik ökonomischer Prozesse oder zur Logik kultureller Prozesse als Logik der Politik bezeichnet werden.

Der Prozess der unvermeidlichen Wechselwirkung formt die kennzeichnende Logik des Politischen. In der Dimension der Form des Politischen (Polity) bilden die geschriebene und die ungeschriebene Verfassung den Handlungsrahmen der Politik. In der geschriebenen Verfassung zumindest der Demokratien sind die Menschenrechte als Grundlage des Handelns, Institutionen und Verfahren als Struktur des politischen Prozesses festgelegt. Die Gesamtheit der am politischen Prozess beteiligten Institutionen, Organisationen und sonstigen Akteure bilden das *politische System*.

**Literatur:** Thomas Meyer, *Was ist Politik?*, Opladen 2000, S. 13-61

## **7.4 „Politische Theorie und Ideengeschichte“**

Ann-Kathrin Benner  
Betreuer: Oliver Schmidt

### **basierend auf einem Text von Jürgen Hartmann**

I Begriffsklärung, Unterscheidung der Begriffe politische Theorie und Ideengeschichte

a) Politische Theorie ist ein Teilbereich der Politikwissenschaft, der gesellschaftliche Ordnungsentwürfe in den Mittelpunkt stellt, sie reflektiert und kritisiert. Handlungsstrategien und Argumentationsmuster werden in ihrem historischen Kontext und unter den Aspekten der Herrschaft, Macht, Gerechtigkeit, Legitimität und Freiheit beurteilt. Dies geschieht subjektiv und normativ. Die politische Theorie

leistet Selbstreflexion der Politikwissenschaft und dient mit der Bereithaltung von seit Jahrhunderten reflektierten Großtheorien als Inspiration für zeitgenössische Forschung. Dabei kann sie in Konflikt mit der herrschenden gesellschaftlichen Ordnung geraten.

b) Die Ideengeschichte ist eine Unterdisziplin der politischen Theorie und behandelt politische Ideen der Vergangenheit. Sie bietet einen Fundus von Ansätzen, um aktuelle Fragestellungen aus einem anderen Blickwinkel beleuchten zu können. Die Ideengeschichte zeigt dabei die Aktualität historischer Problemlagen auf und bereichert bei der Suche nach Lösungen für zeitgenössische Probleme die Reflexion. Dabei spielt die Herausarbeitung gewisser Grundannahmen über die Moralfähigkeit der Menschen eine entscheidende Rolle. Viele moderne politische Theorien, die den Anspruch erheben, komplexe gesellschaftliche Zusammenhänge zu erklären, weisen starke Übergänge zu klassischen politischen Ideengebäuden auf. Des Weiteren bietet die Beschäftigung mit Ideengeschichte die Möglichkeit, sich mit der wirkungsgeschichtlichen Analyse politischer Ideen auseinander zu setzen.

## II Klassische Ansätze

### a) Eigenschaften

Klassische Ansätze zeichnen sich durch zwei Eigenschaften besonders aus: Erstens enthalten sie immer einen Aspekt, der über seine Zeit hinaus Gültigkeit besitzt und generelle Aussagen über das menschliche Zusammenleben trifft und unabhängig vom historischen Hintergrund der Idee für sich stehen kann. Zweitens beinhalten Werke, die man als klassisch bezeichnet einen Aspekt, der besonders deutlich hervortritt, was damit zusammenhängt, dass er zum Entstehungszeitpunkt der entsprechenden Politischen Idee bedroht ist und seine Unentbehrlichkeit somit besonders betont wird.

### b) Liberales Denken

Schlüsselbegriffe des Liberalismus, der in seinen Grundzügen auf Ideen der englischen Vertragsdenker des 17. Jahrhunderts beruht, sind Interesse und Freiheit. Er geht von einem rational egoistischen Menschenbild aus. Vordenker wie Hobbes und Locke konstruieren einen vorstaatlichen Naturzustand, in dem der Mensch nicht in der Lage ist, sich und sein Eigentum im ausreichenden Maße zu schützen. Auch wirtschaftliche und zivilisatorische Errungenschaften leiden darunter. Hobbes entwickelt darauf basierend den Herrschaftsvertrag, in dem alle Menschen ihren ursprünglich freien Willen, sowie die exekutive Gewalt des Naturzustands in einem Vertrag auf einen Souverän übertragen, der fortan Entscheidungen für sie trifft, die sie akzeptieren wie die eigenen. Zwar kann der Souverän den Vertrag nicht brechen (denn er ist kein Vertragspartner), dennoch formuliert Hobbes unveräußerliche Rechte, die er nicht antasten kann. Dazu gehören das Recht auf körperliche Unversehrtheit sowie der Schutz der Freiheit vor Folter und Gefängnis. Bei Hobbes sind alle Menschen vor dem Gesetz des Marktes gleich, die Legitimität des Staates erfolgt nicht mehr über religiöse Begründungen, sondern ist rational erklärt.

Locke argumentiert ähnlich wie Hobbes, führt den Gedanken jedoch weiter, indem er nicht den Schutz aller, sondern vor allem den der Tüchtigen zur Hauptaufgabe eines Staates macht. Er führt in seinem Modell einer konstitutionellen Monarchie eine Gewaltenteilung ein, die den Untertanen trotz vielfacher Abtretung seiner Rechte vor Tyrannei und Willkür schützen soll und betont die Bedeutung eines unabhängigen, durchsetzungsfähigen Gerichtswesens für einen funktionierenden Staat.

Montesquieu schließlich schafft mit seinem Modell der Gewaltenteilung einen noch heute gültigen Standard (Einteilung in Legislative, Judikative, Exekutive).

Die Federalist Papers, entstanden im 18. Jahrhundert im Rahmen der amerikanischen Verfassungsdebatte, verbinden Montesquieu und Locke. Sie enthalten aber auch einen weiterführenden Gedanken bezüglich der Parteienbildung im Staat und sehen die Aufgabe des Staates nicht allein im Schutz der Tüchtigen, sondern in der Regulierung der aus der Gemeinschaft natürlicherweise entstehenden Interessenkonflikte.

John Stuart Mill, der letzte von Hartmann angesprochene Denker des Liberalismus, problematisiert



den Zusammenhang zwischen Freiheit und Eigentum dahingehend, dass Freiheit im Zweifel immer Vorrang habe vor Eigentum. Auch führt er aus, ererbter Reichtum habe nicht den gleichen Stellenwert wie selbst erarbeitetes Geld. Sein Modell der intergenerationellen Umverteilung soll dem vorbeugen, was er als größtes Hindernis der Freiheit ansieht: Der Klassenbildung. Mill steht damit nicht mehr völlig in der Tradition seiner Vordenker, jedoch ist er vermutlich der erste dieser Strömung, auf den sich heutige liberale Organisationen und Parteien beziehen könnten.

#### c) Konservatives Denken

Der Begriff „konservativ“ drückt bereits aus, worum es dem, der ihn vertritt, geht. Bewährtes soll erhalten bleiben, eine gewisse Skepsis gegenüber neuen, vordergründig zweckrationalen Veränderungen ist Grundannahme des Konservativen. Ihren Ursprung hat diese Bewegung in der Zeit der Französischen Revolution. Edward Burke ist einer der Begründer der Tradition derer, die sich für behutsame Reformen aussprechen und die Dinge erst an ihren Wirkungen messen. Zentrales Moment des Konservatismus ist dabei das Motiv der Ordnung, die letztendlich göttliche Legitimation besitzen soll, da nur das, was von einer göttlichen Autorität gewollt ist, sich über einen längeren Zeitraum erhalten kann.

Beim Konservatismus handelt es sich um eine reaktive Denkrichtung. Sie ist bereits als Gegenbewegung (damals: zur Aufklärung, zum Liberalismus) entstanden, hat jedoch im Laufe der Jahrhunderte den Kern dessen, was er bewahrt, verändert (Bsp. Soziale Marktwirtschaft, Kapitalismus, Demokratie). Somit sind Konservative keine generellen Veränderungsfeinde. Sie sind lediglich nicht bereit, Altes einfach über Bord zu werfen um Neuem, scheinbar Besserem Platz zu machen.

Konservativ meint eine eher diffuse politische Attitüde. Das heißt auch, dass man bei einer Generalisierung der historischen Herleitung und Übertragung auf heutige konservative Strömungen, wenn überhaupt, sehr vorsichtig sein sollte.

#### d) Sozialismus

Karl Marx ist der Begründer einer politischen Idee, die sich mit der Weltgeschichte, ihrem Antrieb (den Klassenkämpfen) und ihrem Ausgang (dem Kommunismus) auseinandersetzt. Marx stellt sich die Weltgeschichte als linearen Prozess vor, in dem die Sklavenhaltergesellschaft durch den Feudalismus und der Feudalismus durch den Kapitalismus abgelöst wurden. Seine politische Utopie fußt auf der Idee, dass der von ihm konstruierte Sozialismus aufgrund der Schwächen des Kapitalismus und aus diesen Schwächen resultierende Klassenkämpfe diesen ablösen müsse. Das Vorgehen des agierenden Elements der Gesellschaft (des unterdrückten Proletariats) gestaltet sich wie folgt: Vergesellschaftete Produktionsmittel werden in Staatseigentum verwandelt. Der Staat wird dadurch überflüssig, denn nach Marx dient er lediglich den unterdrückenden Gruppen in der Gesellschaft dazu, die jeweiligen unterdrückten Gruppen klein-, ihr Humankapital dagegen groß zu halten, um den Produktionsfaktor Arbeit zu sichern. Gibt es keine Klassenkämpfe mehr aufgrund der Herrschaft des Proletariats, so sind die Aufgaben des Staates in seiner bisherigen Form hinfällig und die Weltgeschichte erreicht aufgrund des mangelnden Antriebs ihre Vollendung im Kommunismus.

Die Ideen Marx stießen in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts auf große Zustimmung seitens der frühen sozialistischen und sozialdemokratischen Bewegungen. Doch schon früh konnte man sich nicht mehr über ihre Ausführung einigen. Während Marx und auch Engels eine gewaltsame Umstürzung in einer Revolution für unvermeidlich hielten, folgten viele dem parlamentarischen Wege der Umsetzung, eine pragmatische Lösung, die unter anderem eine Demokratisierung des Wahlrechts zur Folge hatte. Die sozialistische Bewegung wurde dadurch jedoch langfristig gespalten. Prominentester Vertreter des außerparlamentarischen Weges ist dabei vermutlich Lenin, der vor allem im Zusammenhang mit der Russischen Revolution bekannt wurde.

### III Demokratietheorien

Die erste neuzeitliche demokratische Theorie geht auf Jean-Jacques Rousseau zurück. Sein Konzept verwirft das Repräsentationsprinzip völlig, indem es davon ausgeht, dass jede Instanz, die zwischen

Volk und Staat steht, den Volkswillen, der – ist er erst mal aufgeklärt – das für das Gemeinwohl Beste will, verfälscht. Rousseau stellt sich gegen konstitutionelle Schranken für den Gesetzgeber und sieht die Regierung in der Rolle eines exekutiven Instruments des Volkswillens. Man wirft der sog. „Identitätstheorie“ von Rousseau vor allem eins vor: Mangelnden Realismus.

So argumentiert Robert Michels dagegen mit dem „Gesetz der Oligarchie“. Parteien sind in sich strukturiert wie kleine Staaten. Sobald sie an die Macht kämen, würden sie selbst konservativ. Deshalb ist Demokratie bereits in gesellschaftlichen Großorganisationen ihm zufolge nicht mehr möglich.

Joseph Schumpeter führt weiter, indem er bewusst die Repräsentation des Volkes durch Eliten in den Vordergrund stellt. Dabei vergleicht er die moderne Demokratie mit einem Markt, indem es mehr um Wettbewerb, Werbung und Mehrheitskonsens als um Inhalte geht. Die Kandidaten und Parteien sind aktiv damit beschäftigt, den Volkswillen zu formen und den Wählern kommt lediglich die passive Aufgabe des Wählens und abwählens von Ideen und Programmen zu.

Der allgemeinen realistischen Demokratie untergeordnet gibt es als ein weiteres Beispiel für Demokratietheorien auch noch die Proporz- oder Konkordanzdemokratie. Sie wenden sich gegen das von Schumpeter geprägte wirtschaftliche Moment und gehen von einem Verhältniswahl in einem Vielparteiensystem aus. Dieses System ist vor allem in Ländern anzutreffen, in denen es viele verschiedene Gruppen, Regionen und Subkulturen gibt, die dabei lediglich über die Eliten kommunizieren. Die Interessenvertretung des Volkes wird dabei eher von Institutionen überparteilicher Art erwartet. Dieses Prinzip der Mäßigung und des Pragmatismus soll vor allem dazu dienen, Konflikte nicht öffentlich ausbrechen zu lassen und Störungen des innenpolitischen Friedens zu vermeiden. Natürlich handelt es sich bei den angesprochenen Demokratieformen und –theorien nur um Ausschnitte. In der Realität gibt es meist Mischformen der genannten Ansätze.

In der abschließenden Diskussion ging es um die Frage, was von den in den klassischen Ansätzen angesprochenen Richtungen noch heute in der deutschen Parteienlandschaft bemerkbar ist. Gibt es *die* liberale oder konservative Partei? Wie hat sich der Kern dessen, was Konservative bewahren wollen im Laufe der Zeit verändert und welche Werte gelten ihm heute als bewahrenswert?

**Literatur:** „*Politische Theorie und Ideengeschichte*“, in: Jürgen Hartmann, „Politikwissenschaft“, Amsterdam 1995, S. 51-106

## 7.5 Politische Ideengeschichte

Christian Umbach  
Betreuer: Oliver Schmidt

### Die Stellung der Politischen Ideengeschichte im Fach Politikwissenschaft

Die Politische Ideengeschichte bildet das eigentliche Zentrum des Bereiches Politikwissenschaft. Herfried Münkler beschreibt sie in seinem Werk „Politikwissenschaft – Ein Grundkurs“ sowohl als Archiv, also als den Ort, an dem Vergangenes und Erfahrungen festgehalten werden, als auch als Laboratorium, wo mit dem vorhandenen Wissen experimentiert wird, um möglicherweise zu neuen (bahnbrechenden) Ergebnissen zu gelangen.

Politikwissenschaft wird interdisziplinär betrieben: Die *Geschichtswissenschaft* befasst sich mit den historischen Entstehungsbedingungen einer Theorie, die *Philosophie* untersucht den Argumentationszusammenhang und die *Rechtswissenschaft* überprüft die Formalien und die Umsetzbarkeit von Lösungsansätzen. Die Ideengeschichte ist der eigentliche Motor in diesem Gefüge, da sie die Quelle für die Erkenntnis bildet. Aufgabe der Politikwissenschaft ist es, die Resultate der drei Disziplinen zusammenzuführen und zu integrieren. Dabei greift man vielfach auf die Ideen der großen Denker der Politischen Ideengeschichte wie Platon, Aristoteles, Machiavelli, Rousseau, Tocqueville, Kant, Hegel, Marx u.a. zurück und konvertiert ihre Praktiken auf die Herausforderungen der aktuellen Zeit

– allein dies lässt schon erachten welche Epochen übergreifende Relevanz die Theorien, die z.T. aus dem alten Griechenland stammen, auch heute noch haben.

In Bezug auf die Didaktik ist das Problem der Kanonbildung ein Phänomen innerhalb der Politischen Ideengeschichte. Zwischen den verschiedenen Schulen wird bisher um einen Konsens über die Texte der Ideengeschichte gerungen, woraus Unterschiedlichkeiten in den Interpretationen und Akzentuierung der identischen Vorlage resultieren – so berufen sich beispielsweise sowohl die Anhänger der Sozialdemokraten als auch der Republikaner auf Aristoteles Theorie, was auf eine unterschiedliche Auslegung und Akzentuierung der Theorie zurückzuführen ist. Münkler betitelt dieses Phänomen als ein Problem der Politikwissenschaft, das sie auch in ihrer Effizienz eindämmt.

### **Methoden und Schulen der Politischen Ideengeschichte**

So unterschiedlich die Geschichte ist, ebenso verschieden sind oft auch die politischen Ideen die eine Zeit prägen und ggf. daraufhin lange Bestand haben. Allgemein lässt sich hier als Faustformel festhalten: „Je stärker eine politische Theorie durch die Probleme und Herausforderungen ihrer Zeit geprägt ist, desto geringer ist ihre Halbwertszeit – ruhige Zeiten bedeuten eine eher archivarische Ideengeschichtsschreibung, in bewegten Zeiten ist sie dagegen von der Fragestellung stark eingenommen.“ Der deutsche Historiker Friedrich Meinecke beschrieb die Ideengeschichte als das, was der denkende Mensch aus dem, was er geschichtlich erlebt hat, gemacht hat, wie er es geistig bewältigte und welche ideellen Konsequenzen er schließlich daraus schloss.

Dabei ist für die Politikwissenschaft die Epoche zwischen dem 15. und 17. Jahrhundert von enormer Bedeutung, da hier Theorien entwickelt und durchdacht wurden, die bis zum heutigen Tage ihre Spuren im Alltag hinterlassen haben. Bei dem Umgang mit den angesammelten Ideen unterscheidet man zwei Konzepte: Zum einen eine chronologisch angelegte Darstellung der Staatsräsontheorien und zum anderen eine zusammenführende, alles umfassende Idee, wie es Meinecke verfolgt. Das Prinzip das er dabei verfolgt ist die Verdichtung und Bündelung der Wahrnehmung von Konflikten und Lösungsansätzen. Maßgeblich beeinflusst von den Errungenschaften der großen Denker entsteht so aus einer Vielzahl von politischen Vorstellungen eine politische Idee. Aufgegriffen und weiterentwickelt wurde diese Herangehensweise dann durch Karl Mannheim. Er veränderte die Methodik dahingehend, dass er die soziale Lage des Ideenproduzenten besonders betonte, im Gegenzug die Bedeutung der bewertenden Arbeit der großen Denker abschwächte. Die Folge war eine Konkurrenz der Ideenentwürfe, was mit der Problematik verbunden war, dass Wahrheit und Nutzen der verschiedenen Ideen durch die jeweilige Instanz, die ihre Vorstellungen durchsetzen wollte, gewissermaßen ignoriert wurden.

Ein Grund für Mannheims Veränderung der Methodik ist, dass er die Lehren aus der Dependenztheorie von Marx und Engels in seine Herangehensweise mit aufgenommen hat. Die beiden Väter des Marxismus haben auch die Politische Idee als Teil dieser Dependenztheorie erachtet, was – wenig anregend für spätere Ideengeschichte – es zur Hauptaufgabe der politischen Ideengeschichte machte, die Geschehnisse und Entwicklungen auf der politischen Ebene und der Ordnung der Machtverhältnisse nachzuvollziehen.

Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts präsentierte Carl Schmitt seinen Gegenentwurf zur Marxschen Position, die sehr von den zeitbedingten politischen Positionen und sozioökonomischen Umständen des ausgehenden 19. Jahrhunderts vereinnahmt war. Die Theologie sei es, so Schmitt, die das politische Denken inspiriere. Dabei zog er nicht nur Parallelen zwischen Gott und dem Gesetzgeber im Staat, sondern schlussfolgerte weiterhin, dass die Klarheit und Eindeutigkeit politischer Begriffe im Rahmen einer zunehmenden Politikverdrossenheit mit einem zu beachtenden Verfall der Theologie verloren gehe.

Zu einer weiteren Methodik sollten am Ende des 20. Jahrhunderts die beiden Wissenschaftler Kosolleck und Ritter gelangen, als sie Schmitts Theorie nachgegangen sind: Nicht mehr die Idee wie noch bei Meineckes Vorstellungen war der bestimmende Motor für das politische Denken, sondern vielmehr der Begriff, weshalb man auch von der *Begriffssoziologie* spricht.

### **Thomas Hobbes – ein exemplarischer Fall**

Die verstärkte Aufmerksamkeit für Thomas Hobbes im zwanzigsten Jahrhundert lässt sich an verschiedenen Elementen und Entwicklungen festmachen: So stellte der Amerikaner John Rawls im Rahmen einer Renaissance der Gesellschaftsvertragstheorien in den USA die Gerechtigkeitsdimension und die faktischen gesellschaftlichen Verhältnisse gegenüber. Nozick und Buchanan befassten sich mit den Ansprüchen des Staates gegenüber dem Individuum – Aspekte mit denen sich der englische Philosoph bereits 200 Jahre vorher auseinandergesetzt und nach den Eindrücken aus dem Englischen Bürgerkrieg *Leviathan* als Abbild des Staates geschaffen hatte. Hennis kritisierte Hobbes Szientifizierung der Politik (*poiesis* statt *praxis*), d.h. die Einordnung in die Ideale der Mathematik und der Geometrie, wodurch er zu seiner eigenen Theorie gelangte. Er ist nur ein Beispiel von vielen, die über die Kritik eines bedeutenden Denkers zu seiner individuellen Idee gelangten.

**Literatur:** Herfried Münkler (Hg.), *Politikwissenschaft – Ein Grundkurs*, Reinbek bei Hamburg, 2003, S. 103-131

## **7.6 Systemtheorie und Politik**

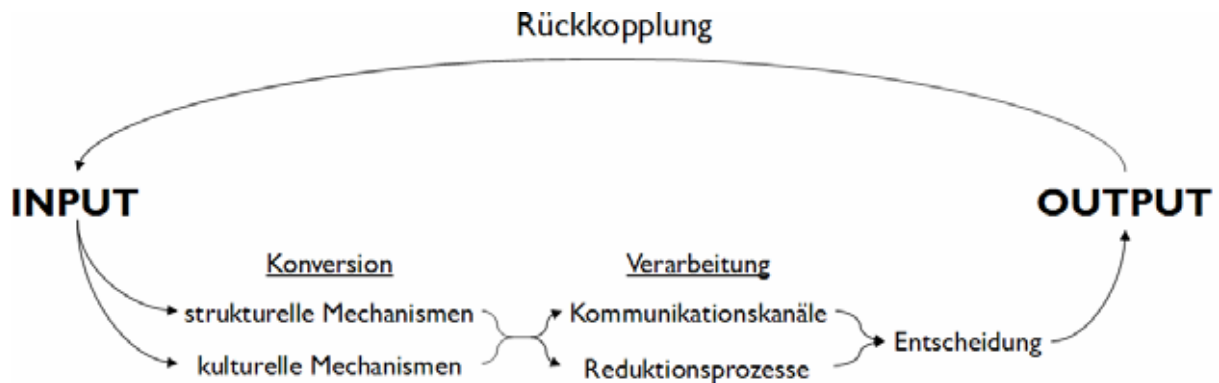
Fabian Angeloni  
Betreuer: Julian Goede

Die Systemtheorie unterteilt, einfach gesagt, die gesamte Welt in Systeme und analysiert diese. „Systemtheorie“ ist zuerst einmal ein allgemeiner Begriff. Solche Theorien gibt es in Informatik, Physik, Elektrotechnik, Pädagogik, Chemie, Biologie, Geographie, Mathematik, Soziologie, Psychologie, Ethnologie, Literaturwissenschaft und Philosophie. Die Ursprünge liegen in den Jahren um 1960: Norbert Wiener brachte die Kybernetik, die Mathematische Theorie der Kommunikation und Kontrolle von sozialen Systemen durch Rückkopplungsschleifen in die Diskussion. Um 1971 dann formulierte der Biologe Ludwig von Bertalanffy seine allgemeine Systemtheorie. In die Politikwissenschaft importiert wurde sie um 1965 von Karl Deutsch und David Easton.

- I. Ein System ist begrenzt und abgrenzbar. Alles außerhalb der Systemgrenze Liegende ist nicht Teil des Systems, sondern Teil der Umwelt.
- II. Ein System ist eine Menge von Elementen, die in einem abgegrenzten oder abgrenzbaren Bereich so zusammenwirken, dass dabei ein vollständiges, sinnvolles, zweck- und zielgerichtetes Zusammenwirken in einem funktionellen Sinne erzielbar wird.
- III. Aufbau und Funktionsweise eines Systems hängen von dem Standpunkt des Betrachters ab.

Im Folgenden möchte ich zwei Beispiele für Systemtheorien nennen:

## I. Die Input- Output-Theorie nach EASTON.



Die Input- Output-Theorie nach EASTON setzt an mit dem Modell eines politischen Systems. Es ist durch In- und Output mit der Umwelt verknüpft. Der Output besteht aus Entscheidungen und Handlung. Je besser der Output, desto mehr Input in Form von Unterstützung kommt in das politische System. Doch Input besteht nicht nur aus Unterstützung, sondern auch aus Interessen, Wünschen, Präferenzen und Meinungen, welche inner- oder außerhalb des politischen Systems artikuliert werden können.

Um verarbeitet werden zu können müssen diese jedoch in Forderungen konvertiert werden. Zur Konversion Wunsch-Forderung unterscheiden wir zwei Mechanismen:

- I. Strukturelle Mechanismen: Strukturen, wie Parteien, Verbände, Interessengemeinschaften und Bürgerinitiativen.
- II. Kulturelle Mechanismen: institutionalisierte Werte und Normen.

Beispielsweise artikulieren Schüler im System Schule den Wunsch nach besseren Arbeitsmöglichkeiten. In der Interessengemeinschaft „Schülervertretung“ wird der Wunsch in die konkrete Forderung nach fünf neuen Computern für die Schule konvertiert. Zur Verarbeitung von Forderungen gibt es ebenfalls zwei Mechanismen:

- I. Kommunikationskanäle entscheiden darüber, in welchem Umfang Forderungen im System zur Sprache gebracht werden können. (Beispiel: Medien)
- II. Reduktionsprozesse sortieren nicht entscheidbare Forderungen aus, bündeln Interessen und führen sie der Entscheidung zu.

Zur Unterstützung des Systems gibt es zwei Arten: spezifische und diffuse. Spezifische Unterstützung resultiert aus der Befriedigung von Wünschen durch Output.

Von diffuser Unterstützung gibt es vier Arten

- Solidarität (Beispielsweise ist die Solidarität aller Demokraten eine wichtige Voraussetzung für den Zusammenhalt unter ihnen.)
- Loyalität
- Legitimität
- gem. Interessen

## II. Die soziologische Systemtheorie nach LUHMANN.

Die soziologische Systemtheorie nach LUHMANN setzt an mit der Frage nach der Funktion der Systeme. LUHMANN beantwortet diese damit, dass sie Weltkomplexität reduzieren. Diese Betrachtung hat Konsequenzen für alle weiteren Theorieschritte.

Aus einer Vielzahl möglicher Ereignisse selektieren die Systeme eine überschaubare Zahl aus. Demnach ist die Differenzierung System-Umwelt Hauptaufgabe und Anfang aller Systeme. Die Umwelt ist stets komplexer als die Systeme. Diese Überkomplexität ist stets eine Gefahr für die Existenz des Systems.

Wir definieren: *autopoietische* (selbstreproduzierende) Systeme verstehen es, ihre Elemente immer wieder selbst zu reproduzieren, indem sie ihre Umwelt nach einem eigenem Code beobachten und als Ressourcen den eigenen reproduktiven Operationen zuführen. Alles, was nicht in den Code passt, bleibt vor den Toren des Systems. Als Beispiel sei hier das Wissenschaftssystem gebracht: Der Code ist die Entscheidung zwischen Wahrheit und Unwahrheit. Bringt ein Wissenschaftler als Forschungsergebnis, der Himmel sei grün-blau gepunktet, so ist dies nicht wahr, passt nicht zum Code und gehört folglich auch nicht zum System.

Systeme gewinnen ihre Einheit durch die Abgrenzung von anderen Systemen. Die Teilsysteme der modernen Gesellschaft werden als autopoietisch operierend verstanden.

Um ein System zu erfassen, muss man dreierlei Vorgänge definieren, was ich hier am Beispiel des politischen Systems tun möchte:

- Code: Innehaben oder Nicht-Innehaben von politischer Macht
- Programm („was im System abläuft“): Verfahrensregeln des politischen Entscheidens
- Medium (mit ihm findet Programm statt): politische Macht

Weitere Beispiele:

- Wirtschaft
  - Code: Unterscheidung zwischen Zahlen und nicht Zahlen
  - Programm: freies Eigentum
  - Medium: Geld
- Recht
  - Code: Unterscheidung von Recht und Unrecht
  - Programm: Rechtssprechung
  - Medium: Recht

Die Systeme verringern Weltkomplexität durch Spezialisierung auf bestimmte Funktionen:

- Das politische System produziert kollektiv bindende Entscheidungen,
- das Wirtschaftssystem bearbeitet Knappheit und
- das Rechtssystem reguliert Konflikte

Jedes Ereignis in der nichtpolitischen Umwelt des politischen Systems projiziert in das politische System nur auf die Frage des Innehabens oder Nicht-Innehabens politischer Macht.

**Literatur:** Richard Münch: *Systemtheorie und Politik*. In: Nohlen, Dieter, Schultze, Rainer-Olaf (Hrsg): Lexikon der Politik, Band 1, München 1995, S. 625-635

## 7.7 Das politische System der Bundesrepublik Deutschland

Björn Wolf  
Betreuer: Julian Goede

### Historischer Zusammenhang

Um ein politisches System analysieren zu können, muss man die historisch vorgegebenen Ausgangsbedingungen kennen, denn sie haben großen Einfluss auf das System (*path-dependency*). Wichtige Faktoren in der jüngeren Geschichte der Bundesrepublik sind die Weimarer Republik, eine erste, gescheiterte demokratische Ordnung; der Nationalsozialismus, eine Diktatur; die darauf folgende Gründung der BRD; die Spaltung Deutschlands und schließlich die Neugründung und Wiedervereinigung 1989/90.

### Das Grundgesetz, die Verfassung Deutschlands folgt folgenden Leitprinzipien:

- dem republikanischen Prinzip
- dem Bundesstaatsprinzip
- dem Rechtsstaatsprinzip
- dem Demokratieprinzip
- dem Sozialstaatsprinzip
- dem Prinzip des partiellen Souveränitätsverzichts

### Der Bundestag

Der Bundestag hat eine Schlüsselstellung in der Gesetzgebung. Dabei ist die Kontrolle der politischen Richtung des Regierungshandelns besonders wichtig. Allerdings haben die Länder über den Bundesrat als zweiten wichtigen Teil der Legislative Einfluss auf die Bundesgesetzgebung.

### Die Regierung

Die Regierung stellt einen wichtigen Teil der Exekutive dar. Die meisten Gesetze werden auf Vorschlag der Regierung umgesetzt. Genau hier setzt aber auch die Kritik Glaesners an. Er kritisiert, dass durch Fraktionszwänge die eigentliche Kontrollfunktion verloren geht. Die Regierungsfractionen würden dadurch eine Kontrolle durch das Parlament unmöglich machen. Deswegen seien auch die Parlamentsdebatten nur auf Außenwirkung gerichtet, Inhalte werden schon vorher in nichtöffentlichen Sitzungen entschieden.

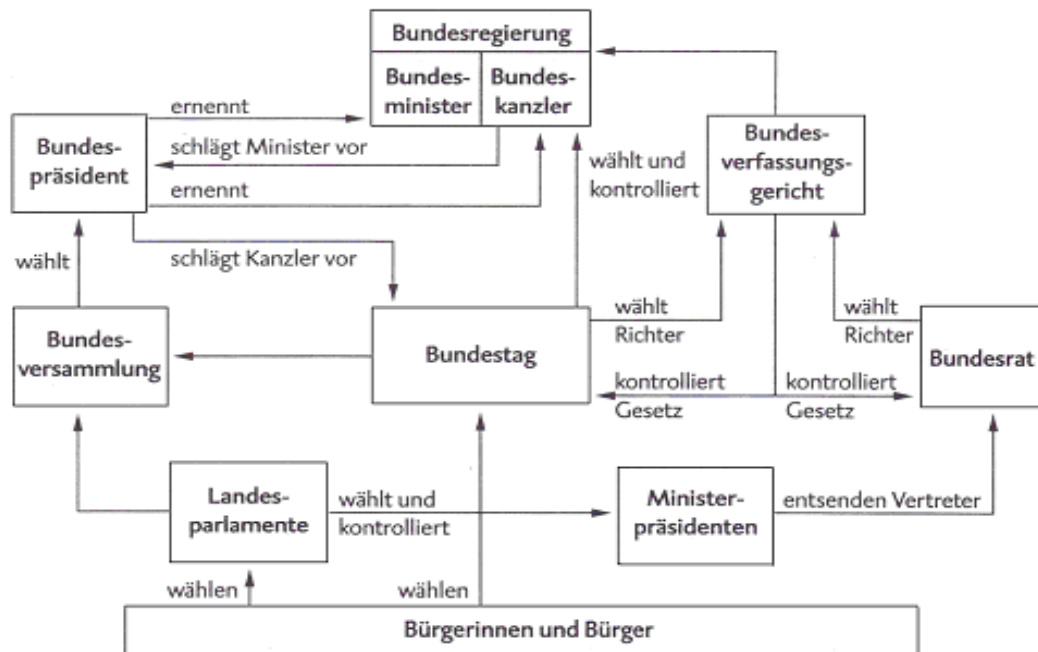
### Die öffentliche Verwaltung

Die öffentliche Verwaltung hat in erster Linie eine Steuerungs- und Umsetzungsfunktion. Deshalb ist sie von einer ausgiebigen Gesetzgebung abhängig, aber aus ihr kommt auch die Mehrzahl der Gesetzesinitiativen. Wichtig ist, dass die Verwaltung nicht zentral organisiert wird, sondern weitestgehend föderal. Die meisten Aufgaben der Verwaltung werden auf Länderebene abgewickelt und was den Kommunen überlassen werden kann, bleibt ihnen überlassen. Der Staat beauftragt lediglich die Länder mit der Verwaltung und übernimmt sie nur dann, wenn es unausweichlich ist.

### Das Bundesverfassungsgericht

Das Bundesverfassungsgericht ist die höchste Instanz der Judikative. Es entscheidet bei Organstreitigkeiten zwischen obersten Bundesorganen und anderen Beteiligten, z.B. von Individuen. Es entscheidet auf Grundlage des Grundgesetzes, hat aber in vielen Fällen auf Grund offener Formulierungen des Grundgesetzes einen großen Interpretationsspielraum. Glaesner wirft kritisch die Frage auf, ob sich das Bundesverfassungsgericht nicht in einigen Punkten zu stark einmischt und neben einer Auslegung des Grundgesetzes auch eigene politische Vorstellungen einfließen lässt.

Die Verfassungsorgane der Bundesrepublik Deutschland



### Parteien

Parteien sind Mischformen zwischen gesellschaftlichen und politischen Institutionen, da sie einerseits in der Gesellschaft verankert sind, aber auf der anderen Seite verfassungsrechtlich anerkannte Bestandteile der Staatsorganisation.

### Verbände und organisierte Interessen:

Verbände streben keine unmittelbare Machtübernahme an, vertreten aber die Interessen ihrer Mitglieder. Oft haben Verbände großen politischen Einfluss (z.B.: Arbeitnehmer-, Arbeitgeberverbände).

### Andere politische Partizipation:

Neben Parteien und Verbänden gibt es auch andere Formen der Mitwirkung. Besonders hervorzuheben sind hierbei die Bürgerinitiativen, die Bürgerbeteiligungen auf kommunaler Ebene sowie der politische Protest. Insgesamt gibt es jedoch vergleichsweise wenige plebiszitäre Elemente in Deutschland.

**Literatur:** Gert-Joachim Glaeßner – „*Das politische System der Bundesrepublik Deutschland*“. In: „Politikwissenschaft. Ein Grundkurs“. Hamburg 2003, S. 245-284; Manfred Bormann – Demokratie - Grundformen und politisches System in Deutschland

## 7.8 Das Verhältnis: Wirtschaft-Politik

Julia Gunkel

Betreuer: Julian Goede

### „Die privilegierte Position der Wirtschaft“

#### Die öffentliche Funktion der Wirtschaftsmanager

Arbeitsplätze, Preise, Löhne und Kosten sind Entscheidungsbereiche, die die gesamte Gesellschaft betreffen, da sich die Konsequenzen der Entscheidungen über selbige auf alle auswirken. Diese



Eigenschaft räumt wirtschaftlichen Entscheidungen eine große Bedeutung ein und verleiht ihnen auf Grund seiner Bestimmung der allgemeinen Wohlfahrt einen *öffentlichen Charakter*.

So folgenreich diese Entscheidungen sind, so groß ist der Entscheidungsspielraum, den sie bieten, obwohl sie der Kontrolle durch den Konsumenten unterstehen, die jedoch nicht ausreicht, um diese zu lenken. Aus diesem Grund sind es *autonome Entscheidungen*, die getroffen werden.

All diese Entscheidungen werden nicht von der Regierung, sondern von Wirtschaftsmanagern getroffen, weshalb ein Großteil der die Öffentlichkeit betreffenden Entscheidungsprozesse der Regierung entzogen ist. Auf Grund dieser Aufgabe nimmt der Manager eine *öffentliche Funktion* wahr.

### **Die privilegierte Position der Wirtschaft in der Politik**

Gute wirtschaftliche Entwicklungen sind für die Regierung von größter Bedeutung, da Fehlentwicklungen, wie beispielsweise eine Inflation, die Regierung stürzen können. Doch da in demokratischen Systemen die Wirtschaft nicht direkt von der Regierung gesteuert werden kann, muss die gewünschte Entwicklung durch *Anreize*, wie z.B. Subventionen oder Vergünstigungen hervorgerufen und durch *rechtliche Privilegien* geschützt werden, da Wirtschaftswachstum nicht nur durch Nachfrage gewährleistet werden kann. Nur durch diese indirekte Beeinflussung kann die gewünschte Entwicklung erzielt werden. Um Wachstum zu gewährleisten gibt die Regierung nicht nur Anreize, sie muss auch die „Rahmenbedingungen“ schaffen, da eine positive Entwicklung nur im geeigneten Umfeld zu realisieren ist. Zu diesen gehören u.a. eine entsprechende Infrastruktur und geeignete rechtliche Bedingungen, wie der Schutz und die Gewährleistung des Privateigentums.

Da die Regierung die Forderungen der Wirtschaft im Sinne des Wachstums und des allgemeinen Wohlstandes erfüllen muss, nehmen die Wirtschaft und ihre Entscheidungsträger eine *privilegierte Position* ein. Somit entsteht der so genannte *Führungsdualismus* von Wirtschaft und Regierung im demokratischen System.

### **Wandel der Privilegien**

So notwendig diese Privilegien für das Wachstum auch sind, können auch sie sich wandeln. Je nach Ort und Zeit ändern sich Art und Ausmaß selbiger, z.B. was die Höhe der Besteuerung angeht.

Meist werden von der Wirtschaft mehr Privilegien und Zugeständnisse als für eine gute Entwicklung nötig verlangt, weshalb die wirtschaftliche Leistung nicht gleich zusammenbricht, wenn man diese verändert oder reduziert. Es gibt jedoch auch Situationen, in denen eine *Abschaffung von Zugeständnissen* nur möglich ist, wenn neue hinzugefügt werden, um die positive Entwicklung weiterhin zu gewährleisten.

Wegen dieser unterschiedlichen Privilegien gibt es zwischen verschiedenen Gruppen der Wirtschaft auch *Konflikte*. Unterschiedliche Gruppen sind an verschiedenen Privilegien interessiert, was Meinungsverschiedenheiten hervorruft, die der Wirtschaft jedoch nicht ihre privilegierte Position nehmen. Leider kann die Bevorzugung einer Gruppe den Nachteil einer anderen mit sich bringen, was der zu erst genannten einen *Wettbewerbsvorteil* verschafft. Auf diese Schieflage reagiert die Regierung jedoch mit einer *Ausgleichsregelung* für die benachteiligte Gruppe, beispielsweise eine Entschädigung.

### **Prozesse gegenseitiger Anpassung**

Da Wirtschaft und Politik sich die Führungsposition teilen, finden auch Prozesse gegenseitiger Anpassung statt:

Die Regierung hat einen großen *Einfluss auf die Wirtschaft*, welcher jedoch durch die Rücksichtnahme auf nicht tragbare Fehlentwicklungen eingeschränkt wird. Auch die politische Macht selbst wird durch diese Rücksichtnahme gemildert. Auf Grund der Bemühungen des Staates, die gewünschte Entwicklung zu erzielen und da die Wirtschaftsmanager auch an politischen Beratungen der Regierung teilnehmen, nimmt diese Gruppe eine *privilegierte Position* ein.

Jedoch hat die Regierung auch die Möglichkeit, bei Unzufriedenheit die Vergünstigungen zu verweigern oder eine Branche zu verstaatlichen. Dieser Weg wird jedoch nur äußerst selten eingeschlagen.

In dieser *symbiotischen Beziehung* findet ein offener Austausch statt:

Die Industrie bietet wirtschaftlichen Aufschwung, im Gegenzug dazu erhält sie politische Vergünstigungen wie Steuersenkungen oder Kredite. Bei diesem Austausch hat jedoch die Wirtschaft die stärkere Position, da sie bei der Verweigerung von Privilegien harte Sanierungspläne, die z.B. die Entlassung von Beschäftigten beinhalten, durchsetzen könnte, um ein Unternehmen zu retten, was durch die zusätzliche Belastung der Staatskasse durch Arbeitslose verheerende Folgen für die Regierung hätte.

In weniger entwickelten Ländern wird das Wirtschaftswachstum dadurch behindert, dass die Regierung nicht die erforderlichen Anreize und Unterstützungen bieten kann.

### **Positive und negative Aspekte dieser privilegierten Position**

Einerseits könnte die Macht der Wirtschaft missbraucht werden, wenn unnötige Privilegien durch Vorhersage unrealistischer Entwicklungen gefordert werden und sich dadurch einzelne dadurch und auf Kosten der Steuerzahler bereichern und den Staat unnötigerweise noch zusätzlich belasten.

Andererseits ist diese Position eine große Unterstützung für die Wirtschaft, ein Anreiz, mehr Menschen einzustellen und Innovationen zu entwickeln. Somit gewährt der Staat dem Volk mehr wirtschaftliche Sicherheit. Ohne diese Unterstützung könnten kleine oder wirtschaftlich schwache Unternehmen gar nicht bestehen.

Leider besteht auch noch das Problem der Ausgleichsregelung, wobei entschieden werden muss, welche und vor allem wie viele Privilegien jede einzelne Branche braucht. Diese müssen möglichst gerecht und im Rahmen der Möglichkeiten verteilt werden.

Trotz der Nachteile ist diese geteilte Führungsrolle ein wichtiges und vor allem effektives Element der demokratischen Staatsordnung.

## **7.9 Vergleichende Politikwissenschaft**

Kristian Knauff  
Betreuer: Sven J. Weiß

### **Was bedeutet "Vergleichende Politikwissenschaft"?**

Das Aufgabenfeld der Vergleichenden Politikwissenschaft besteht darin, die Gemeinsamkeiten und Unterschiede politischer Systeme zu erkunden, zu beschreiben und zu bewerten. Schon in der Antike war es Ziel vieler Staatstheoretiker, die "richtigen" Staatsformen von den ihrer Meinung nach despotischen zu trennen. Diese Art der Forschung hat sich allerdings bis zum heutigen Zeitpunkt beträchtlich entwickelt und wurde auch in ihrem Inhalt ausgebaut. Die heutigen Wissenschaftler untersuchen alle drei Dimensionen des Politischen, die Institutionen, also die Form, die politischen Vorgänge und Abläufe, den Prozess und das politische Leistungsprofil, den Inhalt. Hinzu kommt in der neueren Entwicklung die Betrachtung des Politikumfelds, also der kulturellen Begebenheiten und die Tradition und Geschichte eines politischen Systems. Der Vergleich findet meistens anhand mehrerer Fälle statt, dies kann ein oder zwei Systeme im Direktvergleich betreffen allerdings auch große Untersuchungen wie zum Beispiel den für die vergleichende Politikwissenschaft elementaren Vergleich aller Demokratieformen und auch den Vergleich von Demokratie und Diktatur.

### **Die Anfänge und älteren Entwicklungen in der vergleichenden Politikwissenschaft**

**Aristoteles** Das Kernelement der Forschung des Aristoteles war die Suche nach der richtigen Staatsform. Er trennte die verschiedenen Regierungssysteme seiner Zeit in despotische und richtige Herrschaftsformen. Die Staatsverfassungen werden zuerst zu sechs Hauptgruppen gebündelt und anschließend in eine Hausgemeinschaft eingeordnet. Dabei kamen zwei Kriterien zum Tragen, die Zahl

der Regierenden und die Regierungspraxis, die er damit beschreibt, ob die Regierenden in eigenem oder allgemeinem Nutzen handeln. Denn nur ein Handeln im Nutzen aller war für ihn ein richtiges Handeln. Hierbei fällt auf, dass er die Demokratie als die despotische Form der Herrschaft der vielen einordnet. Dies begründet er damit, dass die armen Freien, die Herrschaft haben, und diese zu ihrem Vorteil nutzen. Allerdings ist hierbei wichtig, dass er die Demokratie nicht als schlechteste Form der Herrschaft einstufte. Im zweiten Teil seiner Staatsformenlehre machte er darauf aufmerksam, dass es auf die Mäßigung der Demokratie ankommt, dass heißt in seinen Augen, je gemäßigter, also kontrollierter die Demokratie ist um so besser ist sie.

**Hobbes** Die Theorie von Hobbes ist von seiner Einstellung geprägt, dass der Mensch und das Gemeinwesen Mängelgebilde sind, die straffer Führung bedürfen. Er legt das Axiom zugrunde, dass der Mensch rational sei und vordergründig nach der Erhaltung seiner selbst und seiner Nächsten strebe, und dass dieses Streben in einem Kampf aller gegen alle enden werde. Doch genau dieser Kampf kann in seinen Augen nur dadurch verhindert werden, dass das Volk geleitet, also geführt wird und dieser Führungsperson muss nach seinem bestreben die vollständige Souveränität erteilt werden. Hobbes bezeichnet den Mensch als ein Mängelgebilde, dass Führung bedarf, allerdings wird dieses Mängelgebilde wieder durch einen Menschen, also ein weiteres Mängelgebilde geführt. Dies ist ein wichtiger Punkt in der Diskussion über ein autoritäres Staatssystem, denn in dieser Form liegt alle Macht in einer Person gebündelt und kann so leicht in eine falsche Richtung gelenkt werden.

**Federalist Papers** Die Federalist Papers wurden 1787 von Alexander Hamilton, James Madison sowie von John Jay veröffentlicht. Sie sollten für die Annahme der neuen Verfassung in den USA werben, enthielten allerdings auch einen impliziten Vergleich politischer Systeme. Die Verfasser warben für eine Republik mit bundesstaatlicher Gliederung, also einer vertikalen Machtverteilung zwischen Zentralstaat und Gliedstaaten. Ferner befürworteten sie eine Repräsentationsverfassung und sprachen sich gegen eine Direktdemokratie aus. Ein weiterer wichtiger Punkt war daraus resultierend auch die Gewaltenteilung. Ihrer Meinung nach konnte es ohne Aufteilung der öffentlichen Gewalten keine Freiheit geben. Dies sollte durch die gegenseitige Kontrolle der Gewalten jedoch gewährleistet werden. Die Legislative sollte in zwei Kammern aufgeteilt werden, die unterschiedlich gewählt wurden und daher auch unterschiedliche Gruppen vertraten. In den USA wird dies durch den Senat und das Repräsentantenhaus umgesetzt. Die daraus entstandene Stärke der Exekutive wurde durch eine Gewaltenteilung zwischen Landes- und Zentralregierung abgeschwächt. Die Judikative sollte eigenständig bleiben und eine Schiedsrichterfunktion übernehmen. Sie überwacht die Gesetzgebung und den Schutz der Verfassung. Diese Kontrolle einer Demokratie stellte auch schon einen wichtigen Punkt in der Lehre Aristoteles', wie auch Montesquieus dar.

**Tocqueville** Tocqueville stellt vor allem einen Vergleich Frankreichs seiner Zeit und Amerikas an, er sieht in der amerikanischen Form der Demokratie die einzig richtige. Seiner Meinung nach hat Amerika die Mängel der Demokratie durch das gegenseitige Kontrollprinzip gebannt. Diese Mängel bestehen seiner Meinung nach in der Übermacht des Volkes, wie dies auch schon der Ansatz des Aristoteles war.

## **Die vergleichende Politikwissenschaft im 20. und zu Beginn des 21. Jahrhunderts**

**Vergleichende Regierungslehre** Die vergleichende Regierungslehre stellt vor allem die Institutionenforschung in den Vordergrund. Sie führte die genauere Analyse der politischen Vorgänge und Abläufe im Regierungssystem ein. Besonderes Augenmerk lag auf dem neuzeitlichen Verfassungsstaat in Europa und Nordamerika und seinen verschiedenen Ausprägungen, wie z.B. dem parlamentarischen Regierungssystem, der politischen Repräsentation durch Wahlen, Parteien und Verbänden

aber auch auf dem Gegenteil des Verfassungsstaates, der autoritären und totalitären Staaten. In der vergleichenden Regierungslehre wurden vor allem Studien über einzelne Länder aufgestellt, aber auch Analysen, aber nur mit geringer Fallzahl.

**Demokratieformen im Vergleich** Diese frühere vergleichende Regierungslehre wird heute durch die Vergleichende Analyse politischer Systeme ergänzt. Hierbei wird vor allem die Differenz zwischen Demokratie und Autokratie beleuchtet und zwar nicht nur nach dem politischen Prozess sondern auch nach der Staatstätigkeit und dem politischen Umfeld, was auch den Unterschied zur vergleichenden Regierungslehre bildet. Diese genauere Betrachtung des demokratischen Systems und seiner Untertypen ist es was die heutige vergleichende Politikwissenschaft bestimmt. Es steht nicht mehr die Suche nach der richtigen Staatsform im Vordergrund, wie dies in früheren Studien der Fall war. In der heutigen Zeit wird allgemein die Demokratie als richtige Staatsform angesehen, deshalb ist es Gegenstand der Forschung die richtige Art der Demokratie zu finden. Dies ist die Hauptaufgabe des Demokratieformenvergleichs. Einer der großen Demokratievergleiche ist der Vergleich zwischen einer Mehrheitsdemokratie, wie sie z.B. in Großbritannien praktiziert wird, und einer Konkordanzdemokratie, wie sie in der Schweiz ausgeführt wird. Die Konkordanzdemokratie zeichnet sich durch einige Merkmale aus:

- Es findet eine Machtverteilung statt, die vor allem bei die Allgemeinheit betreffenden Entscheidungen zum Tragen kommt und Mitglieder aus allen Klassen und Konfessionen umfasst
- Autonomie der Segmente in allen anderen Bereichen
- Vetorechte für die Vertretungen der politischen Segmente

Daher ist der Vorteil dieser Demokratieform, dass alle Minderheiten an den Entscheidungsprozessen beteiligt werden. Dies geschieht beispielsweise durch Einbindung oppositioneller Parteien in die Regierung durch eine Allparteienkoalition und durch Vetorechte. Auch in dem politischen System der Bundesrepublik Deutschland kommen Konkordanzdemokratische Praktiken wie z.B. die Selbstständigkeit der Länder in bildungspolitischen Fragen oder die Beteiligung der Länder an der Gesetzgebung im Bundesrat. Aber auch die Mehrheitsdemokratie hat entscheidende Vorteile, wie z.B. die klare Trennung zwischen Regierung und Opposition. Die Mehrheitsdemokratien sind in sich stabiler als die Konkordanzdemokratien, können aber weniger auf Minderheitengruppen eingehen. Die Bundesrepublik Deutschland ist ein Mischtyp von beiden Formen.

**Die Differenz von Demokratie und Autokratie sowie von Totalitarismus und Autoritarismus** Der Inhalt dieses Forschungsbereiches besteht darin die genauen Unterschiede zwischen der Demokratie, der unserer Auffassung nach einzig richtigen Staatsform, und der Autokratie, sowie des Totalitarismus und des Autoritarismus zu erforschen.

**Politische Systeme, Politikumfeld und Staatstätigkeit im Vergleich** Die Forschung nach dem Politikumfeld sowie der Staatstätigkeit sind Entwicklungen, die erst etwa in den 1970`er Jahren eingeführt wurden, seit dieser Zeit versucht die vergleichende Politikwissenschaft tiefer zu gehen als in früheren Zeiten. Sie beobachtet auch das kulturelle Umfeld einer politischen Entwicklung, denn nur so läßt sich die Handlungsweise verschiedener Systeme erklären. In diesem Forschungsbereich ist vor allem die Trennung zwischen Industriestaaten wie den USA, sich entwickelnden Staaten wie China und Indien und schlecht entwickelten Staaten wie beispielsweise Nigeria, Ägypten oder dem Sudan in Betracht zu ziehen. Dies ist gerade für die Entwicklung der Globalisierung wichtig, denn diese Einstufungen haben schwerwiegende finanzielle Auswirkungen für die einzelnen Länder. z.B. im Klimaschutz haben Schwellenländer und Entwicklungsländer schwerwiegende Vorteile.

### Die gegenwärtigen Tendenzen und zukünftigen Entwicklungen

In der vergleichenden Politikwissenschaft wird die internationale Zusammenarbeit immer wichtiger werden, die Länder müssen zusammenarbeiten und sich verständigen, so kann die Forschung weiterentwickelt werden. Die vergleichende Forschung in der Politikwissenschaft wird in Zukunft im Zuge der Globalisierung einen wichtigen Platz einnehmen. Sie wird helfen, Länder, die sich im Wandel befinden, auf den richtigen Weg zu bringen und schon den etablierten politischen Systemen Anstöße zur Weiterentwicklung zu geben.

### 7.10 Der kooperative Nationalstaat im Zeitalter der „Globalisierung“ Nadja Harraschain Betreuer: Julian Goede

Wie sehen die Möglichkeiten und Grenzen staatlichen Handelns aus?

Ist die Globalisierung unausweichlich?

Ist der Nationalstaat gar am Ende?

Um diese Fragen beantworten zu können, sind ein Verständnis für die aktuellen ideologischen Kräfte, die Dimensionen moderner Staatlichkeit (die Herrschafts- und Handlungsdimension) sowie die Erkennung der Form- und Funktionsweise des Staates nötig.

Allgemein hielt man den Staat bis in die 70er Jahre für steuerungsfähig. Dank der in den 50er bis 70er Jahren erlittenen Enttäuschungen und Rückschlägen sowie den populären Theorien zweier politischer Bewegungen wich der Steuerungsoptimismus einem Steuerungspessimismus, der den Staat bis heute der Steuerungsunfähigkeit bezichtigt.

Um Einfluss auf die Globalisierung nehmen zu können, wurden drei bekanntere Theorien entwickelt: die marktliberale Theorie, die den Markt als zentrales Steuerungssystem sieht, die autopoetische Systemtheorie, die auf eine Selbstorganisation sozialer Teilsysteme setzt, und die neo-institutionale Theorie, die für eine Umstrukturierung des Staates hin zu institutioneller Kooperation plädiert.

J. Esser bezieht sich hauptsächlich auf die neo-institutionale Theorie, da die anderen beiden sich mehr oder weniger an diese angleichen, oder sich empirisch als unbrauchbar erwiesen haben. Diese entstand aus einer Identifizierung von sechs Problembereichen und entwickelte einen gemäßigten Steuerungsoptimismus. Zum einen geht sie davon aus, dass Steuerung nicht allein anhand von Theorien als (un)möglich erklärt werden kann, zum anderen glaubt sie an eine mögliche Beeinflussung der Wirtschaft durch Kooperation zwischen Staat und gesellschaftlichen Akteuren. Somit wird der Staat als „kooperativer Staat“ definiert und erhält die Funktion eines Moderators zwischen strategisch relevanten Akteuren.

Löst sich der Staat demnach auf? Befürworter argumentieren, dass der Staat in seine institutionellen Teilwesen zerfiele, ohne als einheitlich Handelnder aufzutreten. Gegner dieser Theorie bestreiten dies, da ihrer Meinung nach der Kern der staatlichen Macht (z.B. rechtlicher Zwang, legale Form, Verbindlichkeit, Zwang zur Entscheidung) erhalten bliebe. Esser schließt sich hier der letzteren Position an.

Der Herrschaftsanspruch des Staates bleibt laut Esser ebenfalls bestehen, da aufgrund des allgemeinen, legitimen Herrschaftsanspruchs, basierend auf dem staatlichem Gewaltmonopol und der Herrschaft des allgemeinen Gesetzes, die Souveränität des Staates erhalten bliebe.

Um die Globalisierung strategisch beeinflussen zu können, hält Esser es für notwendig, die Globalisierung nach Aspekten der zeitlichen Dimension, der räumlichen Dimension, der sachlichen Dimension und der politisch-sozialen Dimension zu analysieren. Diese Analyse führt zu der Annahme,

dass die Globalisierung von relativ wenigen Unternehmen aus der Triade Japan/Pazifischer Raum, Westeuropa und Nordamerika strategisch angetrieben wird. Da für diese Unternehmen Strategien bestimmend sind, lassen sich Gegenstrategien entwickeln. Die Globalisierung ist demnach beeinflussbar und nicht unausweichlich. Staaten können also gemäßigt steuern, müssen dazu allerdings ihre eigene Form und Funktion verändern. Aus dem früheren Wohlfahrtsstaat sei somit ein nationaler Wettbewerbsstaat geworden, der auch weiterhin von anderen Staaten unabhängige Wege beschreiten kann.

Die Form- und Funktionsweisen des Staates verändern sich wie folgt: Eine Entnationalisierung des Nationalstaats findet statt, ebenso eine Entstaatlichung und eine Internationalisierung. Die innere Souveränität bleibt weiterhin Bedingung für internationale Arrangements und bleibt somit bestehen. Die äußere dagegen wird „ausgehöhlt“, da internationale europäische Institutionen zunehmend an Einfluss gewinnen. Insgesamt behält der Staat seine Souveränität also bei.

Um gezielten Einfluss auf die Globalisierung nehmen zu können, erachtet Esser vermehrte Analysen über gesellschaftliche Kraftverhältnisse und Machtungleichgewichte sowie eine Aktivierung des demokratischen Potentials für Politisierungsprozesse für wichtig. Außerdem dürfe der Staat, entgegen der Meinung der Neo-Institutionalisten, nicht nur als Moderator fungieren, da dies der Regierung als willkommener Vorwand, sich aus der Führerposition zurückzuziehen, diene.

**Literatur:** Josef Esser: „Der kooperative Nationalstaat im Zeitalter der >Globalisierung<“ in: Dieter Döring (Hrsg.), Sozialstaat in der Globalisierung, Frankfurt am Main 1999 S. 117-144

## 7.11 Internationale Beziehungen

Tobias Streibel  
Betreuer: Oliver Schmidt

In dem Vortrag über die Disziplin „Internationale Beziehungen“ der Politikwissenschaften wird sich diesem Politikfeld schrittweise angenähert, um einen ersten Einblick zu verschaffen.

Zunächst wird die Problematik der Begriffsdefinition eingegangen, es wird versucht zu vermitteln, was das Themengebiet überhaupt umfasst. Hierbei werden vier unterschiedliche Herangehensweisen der Politikwissenschaftler BROCK, DEUTSCH, MORGENTHAU, und CZEMPIEL vorgestellt.

Anschließend werden verschiedene **Zusammenhänge** und Konstellationen der internationalen Politik vorgestellt und erläutert.

Danach wird versucht, einen Zugang zu den verschiedenen Großtheorien zu eröffnen. Dies ist der Schwerpunkt des Referats. Hier wird der **Institutionalismus**, der **Realismus** sowie die **Klassentheorie** vorgestellt, um weiterführend noch auf einen Syntheseansatz zu stoßen: die **Regimetheorie**.

### I. Begriffsdefinition

Der Begriff „Internationale Beziehungen“ bezeichnet in erster Linie das Verhältnis zwischen souveränen Staaten. Es herrscht jedoch kein Konsens über die genaue inhaltliche Definition des Politikfeldes.

**Lothar Brock** Der deutsche Politikwissenschaftler Lothar Brock sieht die Regierungen als Hauptakteure der internationalen Politik. Neben den Regierungen agieren supranationale und auch internationale Organisationen. Des Weiteren lassen sich verschiedenste gesellschaftliche und gouvernementale Akteure anführen. Diese Akteure internationaler Politik können vier Transaktionsmustern zugeordnet werden: supranationale, internationale, transgouvernementale sowie transnationale Politik. Der Nachteil besteht darin, dass durch diese Ausdifferenzierung die Gemeinsamkeiten dieser Politikebenen nicht hinreichend beschrieben werden.

**Karl W. Deutsch** Karl W. Deutsch versucht, die Internationalen Beziehungen zu ergründen, indem er 10 grundlegende Forschungsfragen stellt, zum Beispiel die Frage nach der Einkommens- und Besitzverteilung der Staaten. Jedes dieser Themenkomplexe dient als individueller Ausgangspunkt für einen Forschungsansatz. Für ihn ist Politik die Wechselbeziehung zwischen Macht und Herrschaft. Nur im Bezug auf andere Staaten existiert kein Herrschaftsverhältnis, weshalb er seine Umwelt nicht kontrollieren kann und sich in einem permanenten Anpassungs-, Koordinations- und Kontrollprozess befindet. Diese Notwendigkeit folgt aus dem Streben nach Frieden, Freiheit und Wohlstand.

**J. Morgenthau** Für Morgenthau ist Politik ein ständiger Machtkampf, getrieben von dem Drang souveräner Staaten nach Macht. Die Macht definiert er als Beherrschung von Menschen durch Menschen. Die Kritik, die ihm gegenübergestellt wird, bezieht sich auf ebendiese einseitige Konzentration auf den Machtaspekt, wobei die Gefahr von Kriegen als Hauptargument auftritt.

**Ernst-Otto Czempiel** Ernst-Otto Czempiel sieht die Aufgabe der Politik darin, verbindliche Wertzuweisungen zu treffen. Er trennt die Innen- und die Außenpolitik, indem er sagt, innenpolitisch herrsche ein autoritativer Entscheidungsraum und da im internationalen Politikraum kein Entscheidungszentrum mit anerkanntem Gewaltmonopol existiere, sei diese Ebene herrschaftsfrei. Diese Trennung muss kritisch betrachtet werden, da sie idealtypisch ist und sich eigentlich Herrschaft und Macht im außenpolitischen wie auch im innenpolitischen Raum nur durch ihre Verteilung unterscheiden.

## II. Zusammenhänge internationaler Politik

Staat und Gesellschaft, Politik und Ökonomie sind zwei getrennte autonome Systeme. Doch durch die Transnationalisierung der Wirtschaft entstehen Probleme. Die Wirtschaft wird zunehmend verflochten, wohingegen die einzelnen Staaten weiterhin nationalstaatlich bleiben. Es bleibt festzuhalten, dass trotz der Trennung von Politik und Wirtschaft, diese zwei Systeme eng miteinander verwoben sind. Die Hauptprobleme internationaler Politik sind zum einen das grundlegende Sicherheitsproblem. Hinzu kommen Verteilungsprobleme sowie die Ordnungsänderungen und neuen Staatenkonstellationen durch zerfallende bzw. neu gegründete Staaten. Ein weiteres Problem besteht darin, dass die Staaten sich stets den Entwicklungen anzupassen haben. Als letzter Punkt kann aufgeführt werden, dass die Folgen der Modernität eine Herausforderung für jeden einzelnen Staat darstellen.

## III. Großtheorien

**Institutionalismus** Der Institutionalismus (in der Tradition des Idealismus) findet zum ersten Mal bedeutenden Einzug Mitte des 20. Jahrhunderts im Europa der Nachkriegszeit. Er basiert auf der Moralphilosophie David Humes, auf der Aufklärungsphilosophie Immanuel Kants und dem Liberalismus Adam Smith's. Das Ziel war es, durch wissenschaftliche Erkenntnis zur friedlichen Konfliktlösung beizutragen und eine stabile Friedensordnung zu etablieren. Es entstanden zwei unterschiedliche Integrationstheorien, die auf die Entwicklung integrativer Strukturen zwischen Völkern und Staaten abzielten. Zum einen der Funktionalismus, welcher davon ausging, dass zunächst einzelne Funktionsbereiche verbunden werden müssten, um anschließend einen Intergrationsimpuls („spill over“) zu erzeugen. Der Konstitutionalismus hingegen besagte, dass zunächst internationale politische Organisationen geschaffen werden müssten, wodurch (nach dem Motto „function follows form“) eine gesellschaftliche Integration folgen würde.

**Realismus** Im Realismus, dessen Begründer Niccolò Machiavelli und Thomas Hobbes auf eine lange Tradition verwiesen, griff man auf das Modell rationalen Handelns zurück. Staaten wurden in ihrer Politik durch rational choice geleitet. Auch hierbei wurde Politik hauptsächlich als Machtpolitik bezeichnet.

**Klassentheorie** Die Begründer der Klassentheorie waren Karl Marx und der englische Ökonom Hobson. Sie kritisierten die damalige Politik des Hochimperialismus, bei welchem ökonomische Interessen mit Außenpolitischen verschmolzen. Der marxistische Ansatz sieht Geschichte als die Geschichte von Klassenkämpfen und sieht als Hauptursache von Krieg und Armut den Kapitalismus. Die im Neo-Marxismus entstandene Dependenztheorie verweist auf den starken Nord/Süd-Kontrast hinsichtlich Einkommens- und Vermögensverhältnissen. Der Grund hierfür sei die Integration der südlichen Länder in das kapitalistische Weltwirtschaftssystem. Die strukturelle ökonomische Abhängigkeit dieser Länder beruhe zudem auf den politischen Eliten der südlichen Länder, die als Brückenköpfe für die Machteliten des Nordens dienen.

**Regimetheorie** Eine Synthese aus dem Realismus und dem liberalen Institutionalismus besteht in der Regimetheorie. Sie versucht internationale Organisationen zu analysieren und fragt, ob die internationalen Kooperationsmechanismen eine Hegemoniemacht im Hintergrund benötigen, um ausreichend zu funktionieren. Sie führt den Begriff der „regulierten Anarchie“ ein, welcher durch die zwischenstaatliche Drohpolitik zu stets friedlichen Konfliktlösungen führe.

**Literatur:** Martin List u.a., *Internationale Politik. Probleme und Grundbegriffe*, Opladen 1995, S. 12-59





## 8 Kursübergreifende Angebote

### 8.1 Chor

Leitung: Wolfgang Metzler  
Bericht: Ingrid Baumann-Metzler, Simon Frydrych

An den ersten beiden Akademietagen war der Chor für alle obligatorisch. Unter der Leitung von Wolfgang Metzler sangen wir gemeinsam den Kanon "Rock my soul", einen Geburtstagskanon und ein israelisches Abendlied. Vom dritten Tag an bildeten zwölf Personen (acht Frauen und vier Männer) den Akademiechor. Wir vertieften die Arbeit an dem Abendlied, übten den Akademieschlager "Good night sweetheart", und trotz teils schlechter Witterung herrschte eine nette Sommerstimmung durch Uli Führes Lied "Sommerfarben". Ein irischer Segen, ein Kanon von Hindemith (beide mit Instrumentalbegleitung) und ein italienisches Liebeslied rundeten das Programm ab. Darüber hinaus bildeten die acht Frauen gelegentlich einen eigenen Frauenchor, der mit Ingrid Baumann-Metzler ein Quodlibet, einen geistlichen Satz über "Alta Trinita" sowie ein zweistimmiges Lied aus einem französischen Film einstudierte. Insgesamt ergaben sich so für den vorletzten Abend und den Gästenachmittag etliche musikalische Beiträge.

### 8.2 Kammermusik

Leitung: Wolfgang Metzler  
Bericht: Birthe Anne Wiegand

Zu dem reichhaltigen musikalischen Angebot der Hessischen Schülerakademie zählte neben Chor und Improvisationswerkstatt auch ein Kammermusik-Workshop. Hierbei konnten junge MusikerInnen in den verschiedensten Instrumentenzusammenstellungen nach selbst mitgebrachten oder ausgeliehenen Noten spielen. Es ergaben sich verschiedene Gruppen, von denen einige auch Beiträge zum allmorgentlichen Plenum beisteuern konnten, darunter ein Gitarrentrio und ein Querflötenduo. Ebenfalls zu hören waren Kontrabass und Cello, viele Klavierspieler, diverse Percussionsinstrumente, Saxophon und, mit gesanglicher Untermalung, sogar ein Akkordeon. Doch dabei wurde nicht im stillen Kämmerlein vor sich hin geprobt, ganz im Gegenteil: Die Musik wurde in gesellige Abende integriert, wo jeder auch mal etwas Neues ausprobieren oder eigene Erfahrungen weitergeben konnte. Wie auch in den vergangenen Jahren war die Kammermusik also für alle Teilnehmer der Schülerakademie eine große Bereicherung.

### 8.3 Improvisation

Leitung: Wolfgang Metzler  
Bericht: Patrick Eser und Stefan Thoß

In der Improvisationswerkstatt wurden unter Leitung von Wolfgang Metzler zahlreiche "neue" Wege der Musik ergründet. So wurden durch die Teilnehmer auf verschiedenen Instrumenten völlig neuartige "Klangspiele" vollführt - mal mit Metrum, mal ohne. Nach einer Einführungsphase teilte sich die große 14-köpfige Gruppe in kleinere Gruppen. In diesen wurden tiefgehendere Improvisationen eingeübt, neben spontan entstandenen Melodien auch solche zu bekannten wie "Summertime".

Hierbei waren der Kreativität keine Grenzen gesetzt. In den Gruppen wurden nicht immer Melodieinstrumente von Rhythmusinstrumenten begleitet. Häufig entstanden neuartige Facetten, wenn Rhythmusinstrumente Soli spielten und Melodieinstrumente wie das Saxophon den Rhythmus verstärkten. Zur Übung wurden auch Aufgaben gestellt, die die Gruppe erfüllen musste (z.B. besondere Rhythmus-elemente). Zu solch einer Aufgabe zählte auch die vokale Improvisation, bei der nur mit Stimme völlig andere Klänge erzeugt wurden. Schwierigkeiten in Takt und Koordination wurden schnell überwunden, sodass die Gruppe während der Akademie nennenswerte Erfolge erzielen konnte.

#### 8.4 Englisch Theater

Leitung: Ingrid Baumann-Metzler  
Bericht: Ann-Kathrin Ruf

This year our English Theatre worked on J.B. Priestley "An Inspector Calls" which I. Baumann-Metzler had re-written and not only given it a new name, that is "Inspectors call" but also had managed an easier access for the students.

We had rehearsals every day: in the first week from 11:30 to 12:30 and in the second week from 16:30 to 18:30.

The rehearsals brought us a lot of fun. We enjoyed watching each other getting better from day to day. Problems arose and in solving them it showed us what can be done with a bit of imagination and good will. Actresses and actors improved very much in that short period of time. We soon learnt our parts by heart and filled the characters with our lives.

The players were:

|           |   |
|-----------|---|
| Sybil     | Lena Walter   |
| Arthur    | Max Bieri   |
| Sheila    | Daria Hinz (Wednesday) and Ann-Kathrin Ruf (Thursday)     |
| Eric      | Kristian Knauff   |
| Gerald    | Patrick Lahr  |
| Edgar     | Fabian Angeloni   |
| Inspector | Malte Mathern (Wednesday) and Constanze Thomas (Thursday) |

We worked hard and had two really successful presentations.

We had performances on Wednesday night and on Thursday night.

We won't forget our painters and technicians who worked busily in the background painting wonderful sets of pictures and helped us with the sounds and the light. These were:

David Nase, Ji-Heon Park, Ulla Schweitzer, Florian Thoß, Birthe Anne Wiegand.

As there had been a tremendous number of actresses and actors the group split up in sub-groups that had their own plays.

One sub-group with Julia Gunkel and David Nase had mastered a sketch with the title "The dead parrot" from Monty Python. They had even made their own parrot and cage out of material. That was really good.

The other sub-group with Christian Lohaus, Kyrill Messing, Patrik Schmidt, Tobias Streibel, Christian Umbach, Björn Wolf as actors produced a historical film on their own about "Rommel's waiter" and hoped to be getting a film prize like at least "The Golden Castle Filmprize of Hessen" (GCPH) in the near future. The film was excellent.

And, of course, we thank our great directors Ingrid Baumann-Metzler and Cynthia Hog-Angeloni who helped us discover the characters!

## 8.5 Kontratanz

Leitung: Benjamin Bechtold, Hanns Thiemann  
Bericht: Ann Kathrin Benner

Die Angebote für die kursübergreifenden Aktivitäten stehen, und während sich jeder unter Jonglage und Kammermusik etwas vorstellen kann, bilden sich in den Köpfen vieler Fragezeichen, als es um den "Kontratanz" geht. "Kontratanz, was soll das sein? Eine Art... Sitzstreik?"

Wie sich bei einer kurzen Einführung mit der ganzen Gruppe jedoch herausstellte, stimmt das, was die Beschreibung des Angebots versprach: Ein hoher Gemeinschafts- und Spaßfaktor, Vorkenntnisse nicht erforderlich, was uns motivierte, den betörenden Klängen der Querflöte in dem Webraum zu folgen.

Die Grundprinzipien des Kontratanz hat man schnell verinnerlicht: Es handelt sich um einen symmetrischen Tanz bezogen auf die Konstellation der Tanzpaare. Diese stehen am Anfang zusammen, verlieren sich im Laufe des Tanzes und finden am Ende in der Grundposition zueinander zurück. Die meisten Tänze haben drei Teile, die Lieder also drei Strophen. Was zählt, ist der Blickkontakt der Tänzer, möglichst geschmeidige, schreitende Bewegungen halten die Spannung zwischen den Tanzpartnern, die idealerweise unterschiedlichen Geschlechts sind. Dies spielt aber keine besonders große Rolle, da beide Tanzpartner völlig gleichberechtigt sind und ihre Figuren sich nur minimal unterscheiden, auch etwas, was den besonderen Reiz des Spiels unterstreicht.

Was wir in lockerer Atmosphäre in Grundzügen auf Burg Fürsteneck kennen gelernt haben, hat eine lange Tradition, mit Ursprung im England des 17. Jahrhunderts. Die Erstauflage des Buches von Herrn Playford, der im Jahre 1650 ein Buch mit 100 Kontratänzen vorstellt, erfreut sich einer solchen Beliebtheit, dass in den folgenden zweihundert Jahren über zwanzig Neuauflagen folgen. Der Kontratanz verkörpert einen gewissen gesellschaftlichen Status, vor dem Hintergrund, dass die einfache, arbeitende Bevölkerung schon allein aufgrund der mangelnden Lesefähigkeit keinen Zugang zu ihnen hat.

Auf das europäische Festland gelangen die Tänze Anfang des 18. Jahrhunderts. Sie unterliegen dabei gewissen Modifikationen und Einflüssen der Länder, in die sie übertragen werden. Die Namen werden dabei teilweise willkürlich verändert. Aus *Dull Sir John* wurde der *Urwald*; den wir auch im Rahmen unserer Präsentation eingeübt haben. Vielfach sind die Namen beliebter Tänze abenteuerlich. So wunderten wir uns über den Titel *Die Unvergleichlichen* für einen Tanz mit vier Paaren nicht wenig. Auch die einzelnen Figuren tragen Bezeichnungen, die man sich nur mit viel Phantasie noch herleiten kann, so z.B. *Hecke*, *Maulwurf* etc.

Erst um 1830 - 1870 wird der Gruppentanz dann in der gehobenen Gesellschaft abgelöst von Paartänzen, die sich zunehmender Beliebtheit erfreuen.

Ein Herr Sharp entdeckt schließlich über Umwege Ende des 19. Jahrhunderts die Tänze von Playford in den Volkstanzkreisen der ländlichen Bevölkerung. In Deutschland wieder populär wird es durch Rolf Gardiner, der Kontratänze um 1920 einführt.

Für uns war der Kurs eine Möglichkeit, uns in ungezwungener Atmosphäre besser kennen zu lernen und an etwas zu erproben, was für uns alle neu war, ganz im Sinne der Idee der Schülerakademie, die auch in den Hauptkursen nicht von Vorkenntnissen der Teilnehmer ausgeht, sondern von ihrem besonderen Interesse und Engagement. Zwar kann man lange an Blickkontakt und gekonnten Drehungen feilen, doch was in der ersten halben Stunde erst mal wie ein *Pinguinwalzer* aussieht, nimmt meist

schon nach kurzer Zeit Konturen an. Schnelle Fortschritte motivieren und so bleibt abschließend zu sagen, dass der Kontratanz eine rundum gelungene Erfahrung für die Kursteilnehmer darstellte.

”Was der Tango für den Argentinier ist, ist der Kontratanz für den Engländer.”

## 8.6 Zeitungswerkstatt

Leitung und Bericht: Marie Cuno

Schon im vergangenen Jahr war täglich eine Akademiezeitung erschienen, bestückt mit zahlreichen von SchülerInnen geschriebenen Artikeln. Sie wurde in diesem Jahr sogar in Größe und Auflage übertroffen. Dabei war es den SchülerInnen freigestellt, wie sie ihre Themen auswählten, so dass eine breite Mischung entstand. Neben Artikeln über das aktuelle Geschehen auf der Burg oder Kommentaren zu den abendlichen Referaten prägten gesellschaftskritische und wissenschaftliche Texte die ”Fürstenecker Zeitungslandschaft”. Auch Satire fand ihren Platz in den Ausgaben. Besonders hervorzuheben war das Engagement von ”freien” Mitarbeitern, die neben ihren sonstigen Aktivitäten Artikel für die Redaktion geschrieben haben. So konnte in allen Ausgaben eine enorme Frische und Abwechslung gewährleistet werden. Ihrem humoristischen Talent ließ die Redaktion vor allem auch in der gelegentlichen Präsentation der Zeitung am Abend freien Lauf. Die stets unterschiedlich gestalteten Programme zeichneten sich nicht zuletzt durch ihren Hang zur Selbstironie aus und unterstrichen, dass bei aller Ernsthaftigkeit der Arbeit Spaß eine wesentliche Triebfeder des gemeinschaftlichen Schaffens gewesen war.

Die Mitglieder unserer Redaktion waren:

Fabian Angeloni, Max Bieri, Marie Cuno, Tobias Dera, Daria Hinz, Patrick Lahr, Moritz Nocher, Karolin Rau, Cordula Rudek, Patrik Schmidt, Florian Thoß und Stefan Thoß.

Großer Dank gilt natürlich auch den freien Mitarbeitern.

## 8.7 Filmkritik

Leitung und Bericht: Julian Goede

Bereits bei der letzten Hessischen Schülerakademie gab es eine AG, die sich kritisch mit Filmen auseinandersetzte. Dieses Jahr war sie zunächst nicht vorgesehen, doch auf Wunsch einiger Schüler und nach Absprache mit der Akademieleitung übernahm ich mit großer Freude die Leitung der AG.

Andreas Bär, der Leiter des Vorjahres, stellte uns freundlicherweise eine geeignete Auswahl an Material zur Verfügung.

Nach jedem Film folgten angeregte Diskussionen über Inhalte und Interpretation, aber auch über Stilmittel und Darstellung.

Leider mussten die Filme aufgrund von Zeitmangel auf mehrere Sitzungen aufgeteilt werden; ebenso musste aus diesem Grund manche Diskussion abgebrochen werden.

Ziel war es herauszufinden, welche Spielarten das Medium Film bietet, und auf welche Art und Weise sich Inhalte und Stimmungen transportieren lassen. Die Auswahl fiel daher auf sehr unterschiedliche Werke.

## 8.8 Jonglage

Leitung und Bericht: Felix Schossau

Nachdem wir aus Nylonstrumpfhosen, Luftballons und Reis die Jonglierbälle hergestellt hatten, prägten unzählige "Platsch"-Laute die Geräuschkulisse. Aller Anfang ist schwer, aber schon gleich zeichnete sich der eiserne Wille aller Teilnehmer ab. Nach eingängiger Videoanalyse russischer Profis wurden die Trainingsmethoden verschärft umgesetzt.

Dies führte umgehend zum Erfolg, so dass der dritte Ball ansatzweise in den Kampf integriert wurde. Nachdem einige langsamer, manche schneller, den Sieg errungen hatten, konnte neben der Kaskade mit drei Bällen endlich die Trickkiste geöffnet werden.



## 8.9 Naturerkundung

Leitung: Wolf Aßmus, Manuel Fischer  
Bericht: Roland Jung

Jeden Tag trafen wir uns - eine kleine Gruppe von Interessierten - im Burghof und sind von dort zu einer Wanderung durch die nähere Umgebung von Burg Fürsteneck aufgebrochen. Wir erkundeten sie mit allen kleinen und großen Bäumen, Pflanzen und Tieren. Da bei jeder "professionellen" Erkundung der Natur der lateinische Name der Lebewesen und Pflanzen nicht fehlen darf und manche Pflanzen erst identifiziert werden müssen, haben uns auch drei Bücher, allesamt vom Kosmos-Verlag, begleitet:

- *Was blüht denn da?*
- *Welcher Baum ist das?*
- *Der neue Kosmos Tier- und Pflanzenführer*

Die Sommerlinde vor dem Burgeingang war der erste Baum, den wir bestimmt haben, und zeigte schon zu Beginn der Erkundung, wie beeindruckend die Natur sein kann. Wir wanderten durch Wälder, Felder und auf Wanderwegen, bestimmten Bäume, Pflanzen und die dort lebenden Tiere, sofern man sie erblicken konnte.

Unter anderem sahen wir allseits bekannte Bäume wie Linden, Buchen, Eichen, Kastanien, Fichten und viele mehr.

Verschiedene Arten von Pflanzen gibt es natürlich auch entlang von Wanderwegen, auf Feldern oder in den nahe liegenden Wäldern, wie beispielsweise den Sonnentau, die echte Kamille, den eingriffeligen Weißdorn und Schneebeeren.

Am schwersten war es jedoch, Tiere aus kurzer Distanz auf ein Bild zu bekommen. Wir konnten aber trotzdem einige Vögel (z.B. Bussarde, Falken und Tauben), Schnecken (z.B. Weinbergschnecke), Frösche (z.B. Laubfrosch), Käfer (z.B. Mistkäfer), Spinnen (z.B. die Kreuzspinne, Zitterspinne) und einige mehr beobachten.

Am Sonntag den 12.07.07 besuchten wir das Schwarze Moor in der Rhön. Moore stellen natürlich eine ganz besondere Art von Natur mit ungewohnter Vegetation dar, was sich auch auf die Tierarten und ihren Bestand auswirkt.

Aufgrund des regnerischen Wetters zu Beginn der Akademie verlor die Naturerkundung einige ihrer anfänglichen Mitglieder, sodass wir am Ende nur noch vier Personen waren: Unser Leiter Manuel, der den Kurs übernommen hat, weil Wolf noch vor Ende der Akademie abreisen musste, Mathias, Oliver und Roland.

## 9 Abendveranstaltungen

### 9.1 Sind die USA (noch) eine Demokratie?

Prof. Dr. Kurt Shell  
Bericht: Sven J. Weiß-Kirtskhalia

Wie schon bei den vergangenen beiden Hessischen Schülerakademien von 2004 und 2006 hat sich Prof. Kurt Shell auch bei der diesjährigen Veranstaltung bereit erklärt, den anwesenden SchülerInnen, DozentInnen und BetreuerInnen einen Einblick in das amerikanische politische System zu vermitteln. Prof. Kurt Shell gilt als einer der tiefsten Kenner der amerikanischen Politik. Ausgangspunkt seiner Ausführungen war dabei die Frage, ob die USA heutzutage überhaupt noch als Demokratie bezeichnet werden können.

Den Maßstab, den Kurt Shell dabei als demokratischen Idealtyp anlegte, war die anspruchsvolle plebiszitäre Demokratiekonzeption von Jean Jaques Rousseau, welcher die Unmittelbarkeit und vor allem Unmittelbarkeit (etwa durch intermediäre Institutionen oder Formen der Repräsentation) des Volkswillens entwickelte. Heutzutage ist allerdings in allen real existierenden Demokratien die Partizipation des Volkes eben durch das Prinzip der Repräsentation, durch die Kanalisierung von Forderungen mittels Parteien, Verbänden u.v.m. eingeschränkt. In der Politikwissenschaft wird dies damit gerechtfertigt, daß die Funktionsfähigkeit und Effizienz politischer Systeme durch eine Ausweitung von Mitbestimmungsmöglichkeiten, etwa durch plebiszitäre Elemente, sinken könne. Umso mehr müssen die Volksparteien enorme Integrationsleistungen vollbringen (vor allem dann, wenn es sich nur um Zweiparteiensysteme handelt wie in den USA), um die unterschiedlichsten gesellschaftlichen Interessen zu bündeln und integrieren, ohne zu viel an Profil zu verlieren.

Im Entstehungsprozess der USA kann man aufgrund der damals noch bestehenden Sklaverei, dem eingeschränkten Wahlrecht und diversen anderen Ungleichbehandlungen, allenfalls von einer eingeschränkten Demokratie sprechen. Die zunehmende Demokratisierung und die schon in der US-Verfassung verankerten checks and balance Prinzipien, der ausgeprägte Föderalismus, unterschiedlich organisierte Legislaturen, das Vetorecht des Präsidenten und andere sog. Vetospieler im politische Prozess sind als Vorkehrungen gegen einseitige Mehrheiten zu interpretieren. Vor allem auch die schwachen, dezentral organisierten Parteien und die enge Kontrolle und Bindung des Wählers an seinen jeweiligen Kandidaten, sind weitere Gründe, weshalb, so Prof. Shell, dieses System zwar viel Beteiligung (input) zulasse, aber gravierende Nachteile in der effektiven Umsetzung von Politikfeldern (output) habe- die bis heute nicht realisierte Reform des Gesundheitswesens ist da nur eines unter mehreren markanten Beispielen. Am Ende seiner Analyse betonte Prof. Shell, daß nicht demokratische, sondern vielmehr rechtstaatliche Prinzipien unter der Administration Bush jr. erheblichen Schaden genommen hätten. Die Meinungsfreiheit und das Rechtsstaatsprinzip (due process) als Mindeststandard von Demokratie seien im Zeichen und unter Berufung auf die Abwehr terroristischer Gefahren erheblich eingeschränkt und beschädigt worden.

Die lebhafteste, durch die eindrucksvolle und eng mit den USA zusammenhängende Lebensgeschichte von Prof. Kurt Shell untermalte Darstellung seiner Ausführungen, hat uns Zuhörer, wie schon in den zurückliegenden Jahren, tief beeindruckt.

## 9.2 Individueller Vorteil und gemeinsamer Nutzen

Leo Kauter

### Wie entsteht Kooperation?

Gemeinsame Projekte haben dann Aussicht auf Erfolg, wenn die Beteiligten ihre (materiellen, ideellen oder sonstigen) Beiträge wie vereinbart leisten. Zugleich jedoch hat jeder einzelne den Anreiz, seine eigenen Bemühungen gegen Null tendieren zu lassen, wenn er die begründete Hoffnung hat, vom dadurch nicht in der Substanz gefährdeten Erfolg dennoch profitieren zu können. Überdies schützt er sich durch solch eigeninteressierte Zurückhaltung vor der Gefahr, als einziger sich bemüht zu haben, sollte das Projekt scheitern, weil auch die anderen gleichartige Überlegungen anstellen.

Wie kommt es, dass (frei entscheidende, informierte und selbstorientierte) Individuen sich trotz des angedeuteten Dilemmas zwanglos an Vereinbarungen halten? Was macht angesichts dieser Problematik Kooperation überhaupt möglich, wo es doch durchgängig in Natur, Gesellschaft und Ökonomie gerade die kooperationsfähigen Paare, Gruppen, Arten, Gesellschaften und Unternehmen sind, die Erfolg haben? Was (außer äußerer Gewalt) hindert uns daran, jeden kleinen Vorteil auszunutzen, den wir auf Kosten anderer gewinnen könnten? Und umgekehrt: wie viel solcher „Trittbrettfahrerei“ kann ein Gemeinwesen verkraften, ohne seine Stabilität einzubüßen?

Fragen dieser Art wurden abstrakt mit Methoden der Spieltheorie bearbeitet, die in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts als mathematische Disziplin entstanden ist und eine Fülle von Anwendungen in den Gesellschafts-, Wirtschafts- und Naturwissenschaften (vor allem in der Soziobiologie) bis hin zur Ethik gefunden hat.

In dem interaktiven Vortrag wurde - ohne genauer auf die mathematischen Grundlagen einzugehen - vor allem über wirtschaftsethische Anwendungsbeispiele reflektiert. Auch das zugrunde liegende Menschenbild des homo oeconomicus wurde diskutiert.



## 10 Gästenachmittag

### 10.1 Aus dem Grußwort

**OStR'n Ulrike Frontzek, Hessisches Kultusministerium**

Sehr geehrter Herr Professor Metzler, sehr geehrte Frau Dr. Hog-Angeloni, liebe Eltern, liebe Schülerinnen und Schüler, sehr geehrte Damen und Herren,

ich freue mich sehr, Ihnen die besten Grüße unserer Kultusministerin, Frau Wolff, überbringen zu können, die auch die Schirmherrin dieser Akademie ist. Leider ist sie terminlich schon gebunden, so dass sie heute hier nicht dabei sein kann. Als die Hessische Schülerakademie im Jahr 2004 zum ersten Mal tätig wurde, war ein weiteres Highlight für begabte, hochbegabte und besonders aktive und motivierte Schülerinnen und Schüler der Klassen 10 bis 13 allgemeinbildender Schulen geschaffen worden. Hier können Mädchen und Jungen, die mehr wollen, als der normale Schulalltag ihnen bietet, ihre Möglichkeiten erkennen und ausschöpfen. Gleichzeitig kann hier wissenschaftliches Arbeiten schon in der Schulzeit kennengelernt werden. Das verdanken wir Menschen wie Herrn Prof. Metzler und Frau Dr. Hog-Angeloni, die die Zeichen der Zeit erkannt haben und mit viel Eigeninitiative, Idealen, Geduld und Ausdauer den Mädchen und Jungen diese 14 erlebnisreichen Tage ermöglichen. Ihrer Eigeninitiative gebührt ausdrückliche Anerkennung und Dank der Landesregierung. Das Besondere an dieser Hessischen Schülerakademie ist die Tatsache, dass sie zugleich praktischer Baustein in der Lehrerausbildung L3 und als fachbezogenes Schulpraktikum anerkannt ist. So haben junge Menschen, die einmal als Lehrer tätig sein wollen, Gelegenheit, erste konkrete pädagogische Erfahrungen zu sammeln und die Besonderheiten jedes einzelnen Schülers kennen zu lernen. Das ist sicher in dem hier gegebenen Rahmen leichter möglich als im Getriebe großer Klassen und Schulen.

...

Und was mir besonders gefällt - die übergreifenden Angebote wie Musik, Theater, Tanz, Exkursionen und Vorträge sind nicht einfach nur Ergänzung oder Abwechslung - nein, gerade das musische Aktivwerden fördert den Blick für alles, was das Leben bereichert und was zur Bildung einer nicht nur fachlich spezialisierten Persönlichkeit gehört.

Ihr, liebe Mädchen und liebe Jungen, habt in anspruchsvollen Kursen Euren Interessen und Fähigkeiten entsprechend im Team gearbeitet und auf diese Weise das in der Schule Gelernte erweitert und aufgestockt, soziale Kompetenzen gezeigt und das eigene Selbstbewusstsein gestärkt. Damit weckt Ihr Hoffnungen auf junge Menschen, die ihre Leistungen in der Wissenschaft mit intellektueller Brillanz entfalten und dabei kritische Fragen nach Werten, Sinnhaftigkeit und Zukunftstauglichkeit nicht vernachlässigen.

Bei der heutigen Abschlusspräsentation habt Ihr, liebe Schülerinnen und Schüler Möglichkeiten, das bisher Erarbeitete darzustellen und Euren Eltern und uns Gästen vorzuführen. So können Eure Eltern und wir alle sehen und miterleben, womit Eure letzten 14 Tage ausgefüllt waren und wir werden so ein wenig in das Akademiegeschehen eingebunden.

Wir alle sind jedenfalls sehr gespannt auf die Präsentationen.

Die Förderung von besonders begabten bzw. hochbegabten und motivierten Schülerinnen und Schülern ist ein zentraler Bestandteil der hessischen Schulpolitik geworden, wobei sich die Hessische Schülerakademie nahtlos in das Arbeitsprogramm unseres Hauses zum Thema Hochbegabtenförderung einfügt.

Vielfältige Maßnahmen wurden ins Leben gerufen, um den betroffenen Eltern sowie Schülerinnen und Schülern ein breit gefächertes Angebot an sachgemäßen Beratungs- und Fördereinrichtungen zur Verfügung zu stellen.

...



Der bisher erreichte Stand bekräftigt unser Haus auf dem weiteren Weg, zumal Hessen damit innerhalb der Bundesländer einzigartig dasteht.

Das Kultusministerium ist auch künftig bemüht, die enge Partnerschaft mit der Hessischen Schülerakademie fortzusetzen und diese in der bisherigen Form mit Haushaltsmitteln zu unterstützen. Auch in diesem Jahr konnten wir diese Veranstaltung mit 5000 € bezuschussen.

Heute gilt mein besonderer Dank den beteiligten Schülerinnen und Schüler für die geleistete Arbeit und für das gezeigte Engagement.

Mein Dank gilt den Eltern für ihr Verständnis, ihre Mühe und für die hilfreiche Unterstützung.

Ein ganz großes Dankeschön spreche ich vor allem den Kursleiterinnen und Kursleitern aus, die den Jugendlichen nicht nur ihre Zeit schenken, die Ideen haben und diese umsetzen wollen und sich mit viel Motivation für unsere Kinder und Jugendlichen einsetzen, und das zusätzlich zu ihren beruflichen Aufgaben.

Für die großzügige finanzielle Unterstützung danken wir den Sponsoren und Partnern Hessischen Schülerakademie, insbesondere

I. dem Präsidium der Johann-Wolfgang-von-Goethe-Universität Frankfurt

II. dem Amt für Lehrerbildung sowie

III. der Hessischen Heimvolkshochschule und Akademie für berufliche und musisch-kulturelle Bildung Burg Fürsteneck.

...

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Metzler und Frau Dr. Hog-Angeloni, die mit großem Einsatz und viel Energie die Hessische Schülerakademie am Leben erhalten und diese Veranstaltung auf den Weg gebracht haben.

Ihnen und uns allen wünsche ich abwechslungsreiche Stunden und einen guten Verlauf der Veranstaltung.

## 10.2 Programm

15 Uhr

Gemeinsames Kaffeetrinken

16 Uhr

Begrüßung

Grußworte

Kanon

### **Präsentationen:**

Der Historiker als Psychologe

Gibt es eine Mathematik nach der Schule?

Was ist Politik und was leistet die Wissenschaft in der Politik?

Ähnlichkeiten in der Physik

\*\*\*

Chor

Kammermusik

Improvisation

Zeitung ist, was Ihr draus macht

Naturerkundung

Kontratanz

18:30 - 19:30 Uhr

Gemeinsames Abendessen

19:30 Uhr

English Theatre "Inspectors call" by John B. Priestly

Im Anschluss fand ein geselliger Ausklang  
des Tages statt.



## 11 Berichte

### Aus Rückäußerungen von TeilnehmerInnen:

... ich selbst und auch Moritz und Patrik haben bereits Interesse, das nächste Mal als Betreuer des Geschichtskurses teilzunehmen, wiewohl ich weiß, dass die Idee weitergegeben werden muss, damit die Dynamik erhalten bleibt, neue Kräfte begeistert werden können und dieses wunderbare Projekt zu größerer Bekanntheit gelangt ...

Auch die Vielfalt des kursübergreifenden Angebots ist hervorzuheben, wobei es sich m.E. lohnen würde, über eine zusätzliche sportliche Aktivität nachzudenken, eine Gelegenheit für die Schüler, sich auszutoben. ...

Ich habe so mit einem Konzept Bekanntschaft gemacht, das vorführt, wie Lernen Spaß machen kann - in kleinen Gruppen, entspannter Atmosphäre, mit einem gemeinsamen Ziel vor Augen, überwiegend eigeninitiativ. Muss eine solche Arbeitsweise auf die Förderung von Hochbegabten beschränkt bleiben?“ (Cordula)

... Die SchülerInnen waren erstaunlich selbstbewusst, aber keinesfalls arrogant, wenn auch gelegentlich ungeduldig ...

Nach Vorträgen folgten anregende Diskussionen - an denen sehr viele der Schüler teilnahmen - die bis in die späten Nachtstunden andauerten. Dies hat mich sehr beeindruckt, da es so gar nicht meiner Vorstellung von Schülern entsprach. ...

Ich denke, dass ich persönlich mich noch viel mit Mathematik beschäftigen muss. Das Lehramtstudium bietet meiner Meinung nach einen guten Einstieg, aber um wirklich gute Schüler betreuen zu können, muss man sich sicherlich darüber hinaus mit dem Fach beschäftigen. Die hessische Schülerakademie bietet einen sehr schönen und wertvollen Beitrag zu dieser Weiterbildung. Sie ermöglicht es den Studenten, begabte Schüler kennen zu lernen, sie einzuschätzen. Dieser intensive Umgang fördert meiner Meinung nach essentiell die Fähigkeiten, auf solche Schüler einzugehen und hilft uns zu erkennen, was ihnen Schwierigkeiten bereitet. “ (Mathias)

„Insgesamt war die Experimentierfreude der Schüler, gefolgt von ihrem Interesse an der dahinter stehenden Theorie die positivste Erfahrung auf der Akademie.

Umso erstaunlicher war es dann, dass die Schüler mit ihren Kursen keineswegs ausgelastet waren. Auch in den kursübergreifenden Aktivitäten zeigten sie vollen Einsatz. Gerade am Ende zeigte sich, was im stillen Kämmerlein erarbeitet worden war. Dabei begeisterten mich nicht nur die musikalischen Vorführungen, sondern auch die Eigeninitiative einiger Schüler.“ (Ulla)

„Ein Kommilitone empfahl einem Schüler der zehnten Jahrgangsstufe ein Lehrbuch für Lineare Algebra, welches eher in der Universität als in der Schule Gebrauch findet, nichtsahnend, dass ihm zwei Tage später die zur Abschlusspräsentation gekommenen Eltern das Buch mitbrachten, woraufhin er gleich eifrig zu lesen begann. Inzwischen nimmt dieser erst 14jährige Schüler an Lehrveranstaltungen der Universität Frankfurt im Fachbereich Mathematik teil und plant, entsprechende Leistungsscheine zu erwerben.“ (Manuel)

„Positiv werte ich die Tatsache, dass es im Kurs - auch von studentischer Seite aus - stets möglich war, Fragen zu stellen und Vermutungen zu äußern und nicht zuletzt aus falschen Ansätzen eine Menge zu lernen. So funktioniert Mathematik.“  
(Marie)

„Mein erster Eindruck war sehr positiv, die Schüler waren sehr nett und entsprachen ganz und gar nicht meinem damaligen Bild von Hochbegabten: introvertiert, Brille, Karohemd. Sogar ganz im Gegenteil, sie waren aufgeschlossen, kontaktfreudig und sahen aus wie ganz „normale“ Jugendliche“.  
(Anique)

„Letztendlich sind wir der Meinung, dass wir selten so spielerisch und ungezwungen lernen konnten wie auf der HSAKA. Wir haben dabei aber nicht nur viel gelernt, sondern hatten auch eine Menge Spaß mit Gleichaltrigen, eine unvergessliche Erfahrung, die jedem zu empfehlen ist“.  
(Constanze und Thomas)



## 12 Teilnehmende

### 12.1 Leitung

|           |                 |                  |                                |
|-----------|-----------------|------------------|--------------------------------|
| Prof. Dr. | Wolf            | Aßmus            | Physik                         |
|           | Ingrid          | Baumann-Metzler  | Musik/Theater                  |
|           | Benjamin        | Bechtold         | Kontratanz                     |
| Dr.       | Helmar          | Becker           | Physik                         |
| Prof. Dr. | Georg Christoph | Berger Waldenegg | Geschichtswissenschaft         |
| Prof. Dr. | Josef           | Esser            | Politikwissenschaft            |
| Dr.       | Cynthia         | Hog-Angeloni     | Gesamtleitung/Mathematik       |
| Dr.       | Hanns           | Thiemann         | Mathematik                     |
| Prof. Dr. | Wolfgang        | Metzler          | Gesamtleitung/Mathematik/Musik |
|           | Sven J.         | Weiß             | Politikwissenschaft            |

### 12.2 Lehramtsstudierende

|          |         |            |         |                |            |
|----------|---------|------------|---------|----------------|------------|
| Marie    | Cuno    | Mathematik | Anique  | Schellenberger | Mathematik |
| Manuel   | Fischer | Physik     | Oliver  | Schmidt        | Politik    |
| Stefanie | Ginaidi | Mathematik | Felix   | Schossau       | Physik     |
| Julian   | Goede   | Politik    | Ulla    | Schweitzer     | Physik     |
| Moritz   | Nocher  | Geschichte | Mathias | Trojanowski    | Mathematik |
| Cordula  | Rudek   | Geschichte |         |                |            |

### 12.3 Schülerinnen und Schüler

|             |             |            |             |              |            |
|-------------|-------------|------------|-------------|--------------|------------|
| Fabian      | Angeloni    | Politik    | Patrick     | Lahr         | Mathematik |
| Frederik    | Benirschke  | Mathematik | Julia Marie | Leichthammer | Geschichte |
| Ann-Kathrin | Benner      | Politik    | Christian   | Lohaus       | Physik     |
| Max         | Bieri       | Mathematik | Malte       | Mathern      | Geschichte |
| Felicia     | Brückner    | Geschichte | Kyrill      | Messing      | Politik    |
| Cornelia    | Bürkin      | Mathematik | David       | Nase         | Physik     |
| Alena       | Büttner     | Geschichte | Ji-Heon     | Park         | Mathematik |
| Laura       | de Molière  | Geschichte | Karolin     | Rau          | Geschichte |
| Tobias      | Dera        | Physik     | Laurens A.  | Roggenbuck   | Politik    |
| Patrick     | Eser        | Physik     | Ann-Kathrin | Ruf          | Geschichte |
| Simon       | Frydrych    | Physik     | Felicitas   | Schenk       | Geschichte |
| Julia       | Gunkel      | Politik    | Patrik      | Schmidt      | Geschichte |
| Nadja       | Harraschein | Politik    | Tobias      | Stohr        | Mathematik |
| Sophia      | Henneberg   | Physik     | Tobias      | Streibel     | Politik    |
| Daria       | Hinz        | Geschichte | Constanze   | Thomas       | Geschichte |
| Roland      | Jung        | Physik     | Florian     | Thoß         | Mathematik |
| Ann Katrin  | Kenzlers    | Mathematik | Stefan      | Thoß         | Mathematik |
| Kristian    | Knauff      | Politik    | Christian   | Umbach       | Politik    |
| Aaron       | Knickel     | Physik     | Lena        | Walter       | Physik     |
| Florian     | Kroh        | Physik     | Birthe Anne | Wiegand      | Mathematik |