# 4. Hessische Schülerakademie
# 20. Juli – 1. August 2008

– 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

**1 Vorwort** **4**

**2 Grußwort der HHVH BURG FÜRSTENECK** **5**

**3 Mathematikkurs** **7**

3.1 Reguläre und archimedische Zerlegungen der euklidischen Ebene . . . . . 7

3.2 Friesgruppen . . . . . 10

3.3 Zerlegungen des $\mathbb{R}^2$ und Isometrien . . . . . 12

3.4 Zerlegungen in der sphärischen Geometrie ($S^2$) . . . . . 14

3.5 Cayley-Graphen . . . . . 17

3.6 Erzeugung von Zerlegungen der euklidischen Ebene . . . . . 19

3.7 Zerlegungen der $H^2$, Geraden und Isometrien . . . . . 22

3.8 Höherdimensionale Würfel und Symmetrien . . . . . 24

3.9 Höherdimensionale Platonische Körper . . . . . 27

3.10 Das 15-Puzzle und allgemeine Spielgraphen . . . . . 29

**4 Physikkurs** **32**

4.1 Energie- und Impulserhaltung . . . . . 32

4.2 Verallgemeinerter Fluss und Exponentielle Prozesse . . . . . 35

4.3 Das allgegenwärtige kT . . . . . 38

4.4 Wärmestrahlung . . . . . 40

4.5 Festkörper und ihre Leitfähigkeit . . . . . 42

4.6 Interferometrie . . . . . 44

4.7 Die Fourieranalyse . . . . . 46

4.8 Transformatoren und Impedanzanpassung . . . . . 48

**5 Informatikkurs** **52**

5.1 Seam Carving . . . . . 52

5.2 Bildinterpolationen . . . . . 56

5.3 Einführung in GIMP . . . . . 58

5.4 Bildmanipulation durch GIMP . . . . . 60

5.5 Bildkompression . . . . . 61

5.6 Freistellungswerkzeuge . . . . . 63

**6 Geschichtskurs** **65**
6.1 Einleitende Sitzung . . . 65
6.2 Geschichtswissenschaft - eine Annäherung. . . . 66
6.3 Quellen – die Arbeitsgrundlage von Historikern (I) . . . 67
6.4 Quellen – die Arbeitsgrundlage von Historikern (II) . . . 69
6.5 Napoleon – ein „Sohn des Glücks“? . . . 71
6.6 Formen des Gedächtnisses bzw. der Erinnerung . . . 72
6.7 Erinnerung aus Sicht der Hirnforschung. . . . 74
6.8 Erinnerung aus Sicht eines Historikers. . . . 75
6.9 Erinnerung aus Sicht anderer Historiker. . . . 76
6.10 Erinnerung in der historiographischen Praxis. . . . 78
6.11 Menschen erinnern sich: Albert Speer. . . . 79
6.12 Menschen erinnern sich: Adolf Hitler. . . . 80
6.13 Menschen erinnern sich: Carl J. Burckhardt. . . . 81
6.14 Historiker erinnern sich. . . . 82
6.15 Abschließende Sitzung . . . 83

**7 Kursübergreifende Angebote** **84**
7.1 Chor . . . 84
7.2 Musikalische Improvisation . . . 84
7.3 Englisches Theater . . . 85
7.4 Bühnenbilder . . . 86
7.5 Zeitungswerkstatt . . . 86
7.6 Karate . . . 87
7.7 Drachenbau . . . 87
7.8 Experimentelle Archäologie . . . 88
7.9 Schachderivate . . . 88
7.10 Theaterimprovisation . . . 89
7.11 Naturerkundung . . . 89

**8 interdisziplinärer Abendvortrag** **91**
8.1 ‚Wenn die Erinnerung kommt . . .’ - Historiker und das Problem der Erinnerung . . . 91

**9 Gästenachmittag** **92**
9.1 Grußwort . . . 92
9.2 Programm . . . 94

**10 Auszüge aus studentischen Abschlussberichten** **95**

**11 Teilnehmende** **97**
11.1 Leitung . . . 97
11.2 Lehramtsstudierende . . . 97
11.3 Schülerinnen und Schüler . . . 97

# 1 Vorwort

Die vorliegende Dokumentation der 4. „Hessischen Schülerakademie - Schulpraktische Veranstaltung für Lehramtsstudierende" L3 hat wiederum eine ähnliche Gliederung wie die vorangegangenen: Hauptteile bilden die Dokumentation der Kursinhalte und Berichte über die kursübergreifenden (musisch - kulturellen) Aktivitäten. Es folgen u.a. exemplarisch Auszüge aus den von Studierenden verfassten Praktikumsberichten, welche auf Grund der neuen Praktikumsordnung jetzt Pflicht sind.

In diesem Vorwort sollen auch zwei für die Schülerakademie und Lehrerausbildung wichtige Entwicklungen erwähnt werden sowie einige grundsätzliche Bemerkungen. Besonders wichtig ist die verstärkte Absicherung durch die Goethe - Universität Frankfurt/Main. Sie drückt sich u. a. darin aus, dass die Universität Mitglied im Trägerverein der Heimvolkshochschule Fürsteneck geworden ist. Ferner ist es gelungen, für (eine beschränkte Anzahl von) schon im Dienst befindlichen LehrerInnen die Schülerakademie als Fortbildungsmöglichkeit mit dem Schwerpunkt Begabtenförderung zu öffnen. Das wird sich bei der kommenden Akademie auch im Untertitel des Prospektes für die Betreuer auswirken.

Zu den grundsätzlichen Zielen gehört in diesem Zusammenhang die Erinnerung daran, dass es bei der Hessischen Schülerakademie nicht so sehr darum geht, schulische Curricula intensiver und angereichert zu behandeln, sondern dass SchülerInnen und Lehrende lernen, gemeinsam zu entwickeln, was auch einmal in einem Lehrplan stehen könnte/sollte. Dass dafür eine hohe fachwissenschaftliche und fachdidaktische Kompetenz erforderlich ist, erfahren die „Lehrenden" direkt von ihren „Klienten." SchülerInnen mit sehr guten Schulnoten lernen umgekehrt, dass nicht jedes Referat sich unter Benutzung der neuen Medien in zwei Tagen vorbereiten lässt.

Den Unterzeichnenden ist es besonders wichtig, dass auch in Zeiten notwendig verstärkter Bemühungen um die berufliche Zukunft die Teilnehmenden einer Akademie zur Beschäftigung mit verantwortlichen Aufgaben in unserer demokratischen Gesellschaft geführt werden, d.h., dass Persönlichkeitsbildung nicht zu kurz kommt. Dies geschieht bei uns vornehmlich durch interdisziplinäre Gespräche und Abendveranstaltungen. In dieser Akademie haben die Physiker und Informatiker einmal gemeinsam getagt; und unser Kursleiter für Geschichte hat einen Abendvortrag gehalten, der insbesondere eine Brücke zur Informatik schlug.

In mehreren studentischen Berichten wird als Einschätzung vor dem Akademiebeginn die Sorge ausgedrückt, dass sie etwas für Kinder begüterter Familien sei. Durch praktische Gegenbeispiele unter SchülerInnen und Studierenden relativiert sich der Eindruck dann im Laufe der Akademien, insbesondere, weil wir für die SchülerInnen einen „Härtefonds" haben.

Die Prospekte für die Akademie 2009 (9. bis 21. August) gehen in diesen Tagen gerade in Druck. Eine Kurzübersicht über die vorgesehenen Inhalte und das Team kann bereits unter `http://www.hsaka.de` nachgelesen werden. Bei Prof. Dr. Georg Christoph Berger Waldenegg, der jetzt dreimal einen Geschichtskurs geleitet hat, bedanken wir uns für seine engagierte Mitwirkung, da er im kommenden Jahr pausieren möchte.

Allen Teilnehmenden an der Akademie 2008, unseren Förderern und allen, die zum Inhalt dieser Dokumentation beigetragen haben, danken wir abschließend ebenfalls herzlich.

Frankfurt/Main, im Nov. 2008 Cynthia Hog-Angeloni und Wolfgang Metzler

# 2 Grußwort der HHVH BURG FÜRSTENECK

BURG FÜRSTENECK

Akademie für berufliche und musisch-kulturelle Weiterbildung

BURG FÜRSTENECK · Postfach 20 · 36130 Eiterfeld

In diesem Jahr wird die 4. Hessische Schülerakademie mit nahezu 70 Teilnehmer/innen und mitwirkenden Dozentinnen und Dozenten durchgeführt. Das ist eine großartige Resonanz auf die Idee, für besonders aktive und interessierte Schülerinnen und Schüler Brücken zwischen Schule und Hochschule zu bilden. Angesichts der Erfolgsbilanz der letzten Jahren und der aktuellen Zustimmung können wir heute sagen, dass diese Unternehmung einen gesicherten Stammplatz im Bildungsprogramm der BURG FÜRSTENECK einnimmt und im jährlichen Regelrhythmus weitergeführt werden soll.

Inhaltlich anspruchsvolle Workshops in Mathematik, Physik, Informatik und Geschichte mit hochkarätiger Dozentenbesetzung, aber auch das integrierte kursübergreifende musisch-kulturelle Angebot mit Akademiechor, instrumentaler / vokaler Improvisation und englischsprachigem Theater versprechen eine lernintensive, ergebnis- und erlebnisreiche Schülerakademie 2008.

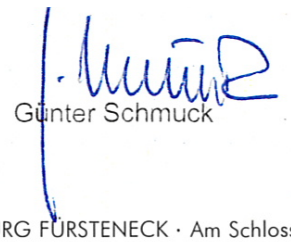
Wir sind dankbar, dass der Hessische Kultusminister als Schirmherr die Veranstaltung unterstützt und dass die gute, kollegiale Kooperation mit der Johann Wolfgang Goethe-Universität und dem Amt für Lehrerbildung, beide in Frankfurt am Main, ein starkes Fundament für die Güte und Weiterentwicklung der Veranstaltung darstellt. Solche Vernetzungen sind in bildungspolitischer Hinsicht Meilensteine in die Zukunft. Sie schaffen herausragende Qualitäten und belegen beispiel- und modellhaft gelungene Synergie und mögliche Gewinnpotentiale für alle Beteiligten.

Die Mitwirkung zukünftiger und bereits im Beruf stehender Lehrerinnen und Lehrer halte ich für eine bedeutsame Note der hessischen Schülerakademie. Erfahrungen in einem außergewöhnlichen Bildungsarrangement des gemeinsamen Lebens und Lernens unter einem Dach verknüpfen sich mit praxisorientiertem Handeln im Zusammenhang von Begabung und Förderung und notwendiger Reflexion. Dass bei der diesjährigen Akademie erstmals von der Universität den mitwirkenden Lehrer/innen bepunktete Zertifikate für die Vorbereitung, Akademiedurchführung und Nachbereitung ausgestellt werden können, ist ein wichtiger Schritt, um diese Akzentsetzung gezielt ausbauen zu können.

BURG FÜRSTENECK orientiert satzungsgemäß auf ein ganzheitliches Bildungsprofil, das durch die Integration politisch-sozialer, musisch-kultureller und beruflicher Weiterbildung Persönlichkeitsentwicklung ermöglichen und Türen für Potentiale und Begabungen öffnen will. Dabei ist der Kursaufenthalt in den historischen Gemäuern aus dem 13. Jahrhundert durch Respekt, Toleranz und Gemeinschaft geprägt. In diesem Sinne wünsche ich allen Schülerinnen und Schülern, den Dozentinnen und Dozenten und den übrigen Mitwirkenden eine kreative, ertragreiche und fröhliche Schülerakademie 2008. Ich finde es, lax formuliert, einfach klasse, dass junge Menschen sich so motiviert, neugierig und

freudig einer herausfordernden, sicherlich spannenden, aber auch aufwändigen Aufgabe in ihren Ferien stellen. Dafür gilt Ihnen, liebe Schülerinnen und Schüler, mein ausdrücklicher Dank. Für die Zeit in Fürsteneck und danach wünsche ich Ihnen gelingende „Schatzsuche“ und natürlich ebenso gelingende Findigkeit und Fündigkeit!

Das Akademie-Team grüße ich herzlich verbunden mit einem persönlichen Dankeschön. Sie alle investieren engagiert in diese Ferienunternehmung; das ist nicht selbstverständlich und verdient besondere Würdigung. Ich wünsche Ihnen viel Erfolg und Freude bei der Durchführung der 4. Hessischen Schülerakademie.



Günter Schmuck

BURG FÜRSTENECK · Am Schlossgarten 3 · 36132 Eiterfeld · Trägerverein Hessische Heimvolkshochschule Burg Fürsteneck e. V.
Telefon 06672/92 02-0 · Telefax 06672/92 02-30 · E-Mail: bildung@burg-fuersteneck.de · Internet: www.burg-fuersteneck.de
Sparkasse Fulda Kto.-Nr. 72 002 892 (BLZ 530 501 80) · IBAN: DE77 5305 0180 0072 0028 92, SWIFT-BIC.: HELADEF1FDS
VR-Bank NordRhön eG Eiterfeld Kto.-Nr. 4 510 127 (BLZ 530 612 30) · Amtsgericht Fulda VR 1847, USt-IdNr. DE237893083

# 3 Mathematikkurs

**Symmetrie und ihre Beschreibung durch Gruppen**

Wir starten mit Parkettierungen der Ebene durch Kacheln verschiedenster Formen. Das Symmetrieverhalten dieser Parkettierungen lässt algebraische Beschreibungen zu.

Muster wie sie beispielsweise in der Alhambra vorkommen, werden genauso algebraisch untersucht wie der Zauberwürfel und Varianten von ihm.

Zuweilen werden wir unsere gewohnte dreidimensionale Geometrie verlassen und andere Geometrien als die euklidische kennenlernen.

Auch in höheren Dimensionen als drei wollen wir uns tummeln.

Dabei wollen wir in das Arbeiten mit wissenschaftlicher mathematischer Literatur einführen. Als Auswahl seien hier nur zwei Beispiele genannt:

Stephan Rosebrock: *Geometrische Gruppentheorie* (Vieweg Verlag),

Erhard Quaisser: *Diskrete Geometrie. Einführung. Probleme. Übungen* (Spektrum Akad. Verlag).

**Kursleitung**:

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

Dr. Stephan Rosebrock, Akademischer Oberrat an der PH Karlsruhe, Lehrerausbildung Mathematik.

## 3.1 Reguläre und archimedische Zerlegungen der euklidischen Ebene

David Nase
Betreuerin: Birthe Anne Wiegand

Ob wir unser Badezimmer kacheln wollen, ein antikes Mosaik betrachten oder uns über die unregelmäßige Zusammensetzung eines Kopfsteinpflasters ärgern – überall im Leben begegnen uns Parkettierungen. Im ersten Abschnitt sollen ganz spezielle Arten dieser Zerlegungen, nämlich solche aus regulären n-Ecken, analysiert und mathematisch klassifiziert werden.

Wir setzten dabei generell eine euklidische Ebene voraus, Parkettierungen seien lückenlos und überlappungsfrei.

Zwei Beispiele für Parkette:

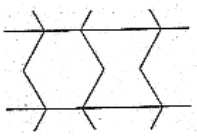


Abb.1

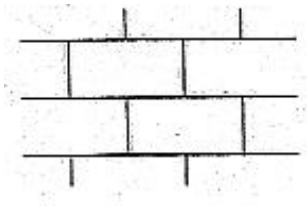


Abb. 2

In Abbildung 1 haben gewisse Polygone mehr als eine Seite gemeinsam, demnach gibt es Ecken, die nur zwei Fliesen angehören.

Das Gegenstück dazu sieht man in Abbildung 2: Hier gehören zu jeder Ecke drei Fliesen, doch ist auffällig, dass der Durchschnitt zweier Fliesen eine Strecke sein kann, ohne dass die Strecke eine komplette Seite einer der beteiligten Fliesen ist.

Aufgrund dieser Eigenschaften zählt man die beiden nicht zu den „*normalen*“ Parkettierungen. Kacheln „normaler“ Zerlegungen haben definitionsgemäß entweder keinen Punkt oder genau eine Ecke oder Seite gemeinsam.

**1. Reguläre Zerlegungen**

Eine Zerlegung in Polygone heißt *regulär*, wenn sie normal ist und wenn die Fliesen reguläre n-Ecke und zueinander kongruent sind.

Das kleinste reguläre n-Eck ist das Dreieck. Sechs Dreiecke ergänzen sich an einer Ecke zu 360°, desgleichen vier Vierecke (siehe Abb.3). Da die Innenwinkelsumme im Fünfeck 108° beträgt, ist es nicht möglich, mehrere Fünfecke zum Vollwinkel zusammenzulegen (drei Fünfecke $\rightarrow$ 324°; vier Fünfecke $\rightarrow$ 432°), mit drei Sechsecken funktioniert es wieder (Abb.3). Drei n-Ecke mit n > 6 ergänzen sich immer zu mehr als 360°, daher kann es keine weitere reguläre Zerlegung geben.

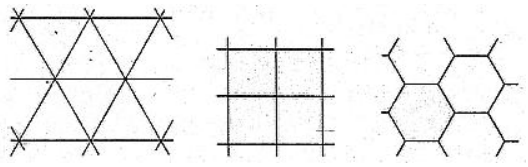


Abb.3

**2. Archimedische Zerlegungen**

Eine normale Zerlegung der Ebene heißt *archimedisch*, wenn die Fliesen reguläre n-Ecke (mit variablem n) und die Ecken äquivalent sind (also alle gleiches Muster haben), aber nicht regulär.

Es stellt sich die Frage, wie viele dieser Zerlegungen möglich sind. Dazu stellen wir einige Vorüberlegungen an: Es müssen mindestens zwei Arten verschiedener, nicht ähnlicher n-Ecke auftreten, denn sonst wäre die Zerlegung wieder regulär. Mit mehr als drei verschiedenen Sorten von Fliesen ist es aber auch nicht machbar, da sich bereits die kleinsten vier auftretenden Innenwinkel von 60°, 90°, 108° und 120° zu mehr als 360° addieren. Des Weiteren können höchstens fünf n-Ecke an einer Ecke zusammentreffen, da sechs n-Ecke mindestens die Summe von 360° besitzen (kleinster möglicher Innenwinkel: 60°, Dreieck), diese sechs aber eine reguläre Parkettierung ergeben würden.

Der Innenwinkel eines n-Ecks beträgt 180° - 360°/n (Winkelsumme im Dreieck aus dem Mittelpunkt des Polygons und zwei benachbarten Eckpunkten). Demnach muss in einer Parkettierung aus zwei Sorten von n-Ecken an jeder Ecke die Gleichung $m_1 \cdot (180° - \frac{360°}{n_1}) + m_2 \cdot (180° - \frac{360°}{n_2}) = 360°$ erfüllt sein ($m_{1,2}$ ist die Anzahl der $n_{1,2}$-Ecke, die zusammenstoßen). Durch gezieltes Ausprobieren aller Möglichkeiten erhält man folgende Tabelle für potentielle Kachelzusammensetzungen:

| $n_1$ | $n_2$ | $m_1$ | $m_2$ | |
|---|---|---|---|---|
| 3 | 4 | 3 | 2 | ** |
| 3 | 6 | 4 | 1 | * |
| 3 | 6 | 2 | 2 | * |
| 3 | 12 | 1 | 2 | * |
| 4 | 8 | 1 | 2 | * |
| 5 | 10 | 2 | 1 | - |

| $n_1$ | $n_2$ | $n_3$ | $m_1$ | $m_2$ | $m_3$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 4 | 6 | 1 | 2 | 1 | * |
| 3 | 4 | 12 | 2 | 1 | 1 | - |
| 3 | 7 | 42 | 1 | 1 | 1 | - |
| 3 | 8 | 24 | 1 | 1 | 1 | - |
| 3 | 9 | 18 | 1 | 1 | 1 | - |
| 3 | 10 | 15 | 1 | 1 | 1 | - |
| 4 | 5 | 20 | 1 | 1 | 1 | - |
| 4 | 6 | 12 | 1 | 1 | 1 | * |

Die zweite Tabelle ergibt sich aus der entsprechenden Gleichung für drei verschiedene Kacheltypen:
$m_1 \cdot (180° - \frac{360°}{n_1}) + m_2 \cdot (180° - \frac{360°}{n_2}) + m_3 \cdot (180° - \frac{360°}{n_3}) = 360°$
Das/die Sternchen in der jeweils letzten Spalte zeigt/zeigen an, ob die berechnete Kachelzusammensetzung zu einer/mehreren Parkettierung(en) führt.

**Es gibt also bis auf Ähnlichkeiten genau acht archimedische Parkettierungen.**

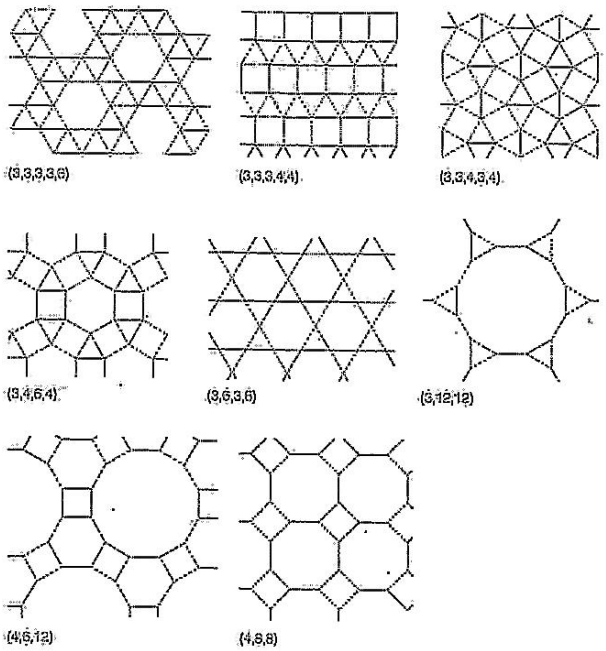



Abb.4: alle archimedischen Zerlegungen

Mit diesen neuen Anregungen und Erkenntnissen sind Sie nun sicherlich in der Lage, Ihrer Wohnung mit zahlreichen kreativen Parketten den letzten Schliff zu verpassen – ob regulär oder archimedisch, bleibt Ihnen überlassen.

**Literatur:**

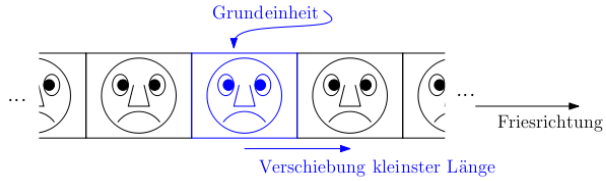
Erhard Quaisser: *Diskrete Geometrie*; Spektrum Akademischer Verlag; 1994

## 3.2 Friesgruppen

Florian Thoß
Betreuerin: Maja Leja

### 3.2.1 Friese

*Friese* (oder auch Bandornamente) sind Muster, die gebildet werden, indem man eine bestimmte kleinste Einheit (z.B. ein Muster oder eine Figur) entlang einer festen Richtung (der sogenannten Friesrichtung) immer wieder aneinander setzt.




### 3.2.2 Friesgruppen

Eine *Friesgruppe* $G$ ist die Symmetriegruppe eines Frieses. Sie enthält demnach alle Kongruenzabbildungen, die das Fries auf sich selbst abbilden. Sie enthält eine nichtidentische Translation $\tau_e$, die alle Elemente der Untergruppe der Translationen $T(G)$ erzeugt: $T(G) = \langle \tau_e \rangle$. Durch $\tau_e$ wird auch die sogenannte *Friesrichtung* $F_G$ bestimmt.

### 3.2.3 Bewegungsarten

In einer Friesgruppe sind natürlich noch weitere Bewegungen möglich, anhand deren Auftreten wir später die Friesgruppen klassifizieren werden, was das eigentliche Ziel dieses Referates ist. Grundsätzlich teilen wir sie dafür in zwei Untergruppen ein:

**Die Untergruppe $G^+$ der orientierungserhaltenden Bewegungen** besteht aus Translationen oder Drehungen.

**Die Teilmenge (Nebenklasse) $G^-$ der nicht orientierungserhaltendern Bewegungen** besteht aus Schubspiegelungen, zu denen auch die Geradenspiegelungen mit der Identität als Translationsanteil zählen.

### 3.2.4 Lemmata

In den folgenden Lemmata (bzw. Hilfssätzen) gehen wir genauer auf die einzelnen Bewegungsarten ein und zeigen auf, welche Einschränkungen mit ihrem Auftreten einhergehen.

**Lemma 1** Drehungen sind lediglich um 180° möglich (Punktspiegelungen). Enthält $G^+$ eine Punktspiegelung $\sigma_O$, so gilt $G^+ = \langle \tau_e, \sigma_O \rangle$.

**Lemma 2.1** Enthält $G$ eine Spiegelung $\sigma_g$, so gilt $g \in F_G$ oder $g \perp F_G$.

**Lemma 2.2** Enthält $G$ eine echte Schubspiegelung $\tau \circ \sigma_g$, so gilt $g \in F_G$.

**Lemma 2.3** Enthält $G$ zwei nicht notwendig echte Schubspiegelungen, deren Achsen in Friesrichtung liegen, so sind ihre Achsen identisch.

**Lemma 2.4** Enthält $G$ eine Punktspiegelung $\sigma_O$ und eine nicht notwendig echte Schubspiegelung $\tau \circ \sigma_f$ mit $f \in F_G$, so gilt $O \in f$. Ist $\tau = id$, so enthält $G$ die Spiegelung an der zu $f$ orthogonalen Geraden $g$ durch $O$.
Umgekehrt: Enthält $G$ die Spiegelung $\sigma_g$ mit $g \perp F_G$ und $O \in g$, dann enthält sie die Spiegelung $\sigma_f$ mit $f \in F_G$ und $O \in f$.

**Lemma 3.1** Ist $G^- \neq \emptyset$ und enthält keine Geradenspiegelungen, dann enthält $G^-$ eine echte Schubspiegelung $\varphi = \tau_o \circ \sigma_f$ mit $\tau_o \circ \tau_o = \tau_e$, so gibt es keine Punktspiegelung und es gilt $G = \langle \varphi \rangle$.

**Lemma 3.2** Enthält $G$ eine Punktspiegelung $\sigma_O$, eine Geradenspiegelung $\sigma_h$ mit $h \perp F_G$ und keine Spiegelung an einer Geraden in Friesrichtung, dann gibt es eine Gerade $g$, die nicht durch $O$ geht und für die $\sigma_g \in G$, $(\sigma_g \circ \sigma_o)^2 = \tau_e$ und $G = \langle \sigma_O, \sigma_g \rangle$ ist.

### 3.2.5 Klassifikation der Friesgruppen

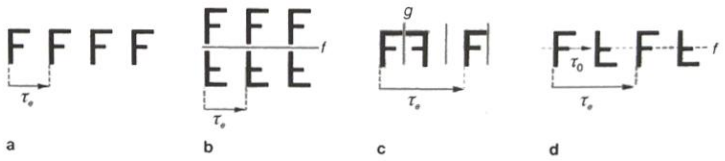
*Es sei $G^+ = T(G)$. Dann gibt es eine Translation $\tau_e \neq id$ mit $G^+ = \langle \tau_e \rangle$.*

**a** Es ist $G^- = \emptyset$. Dann ist $G = \langle \tau_e \rangle$.

**b** $G^-$ enthält eine Spiegelung $\sigma_f$, wobei gilt $f \in F_G$. Dann enthält $G$ keine weitere Geradenspiegelung, und es ist $G = \langle \tau_e, \sigma_f \rangle$.
$\sigma_f \circ \langle \tau_e \rangle$ bildet eine zu den Translationen gleichmächtige Menge von Schubspiegelungen mit der Achse $f$.

**c** $G^-$ enthält eine Spiegelung $\sigma_g$, wobei gilt $g \perp F_G$. Dann ist $G = \langle \tau_e, \sigma_g \rangle$ und $\sigma_g \circ \langle \tau_e \rangle$ bildet eine zu den Translationen gleichmächtige Menge von Spiegelungen an Geraden, die senkrecht zu $F_G$ sind.

**d** Es ist $G \neq \emptyset$ und $G$ enthält keine Geradenspiegelungen. Dann gibt es eine echte Schubspiegelung $\varphi = \tau_o \circ \sigma_f$ mit $\tau_o \circ \tau_o = \tau_e$ und es gilt $G = \langle \varphi \rangle$.

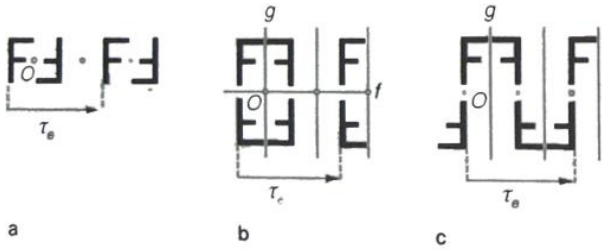



*Es sei $G^+ \neq T(G)$. Dann gibt es eine Translation $\tau_e \neq id$ und eine Punktspiegelung $\sigma_O$ mit $G^+ = \langle \tau_e, \sigma_O \rangle$.*

**a** Es ist $G^- = \emptyset$. Dann ist $G = \langle \tau_e, \sigma_O \rangle$.

**b** $G^-$ enthält eine Spiegelung $\sigma_f$, wobei gilt $f \in F_G$. Dann gilt $O \in f$, $G = \langle \tau_e, \sigma_O, \sigma_f \rangle$ und $G^- = \sigma_f \circ G^+$ besteht aus den Spiegelungen an den Senkrechten zu $f$ durch die Zentren der Punktspiegelungen sowie aus den Schubspiegelungen $\sigma_f \circ \tau_e$.

**c** $G^-$ enthält eine Spiegelung $\sigma_g$ an einer Geraden $g$ mit $g \perp F_G$ und $O \notin g$. Dann gilt $(\sigma_g \circ \sigma_O)^2 = \tau_e$ und $G = \langle \sigma_O, \sigma_g \rangle$.




**Literatur**

Erhard Quaisser: *Diskrete Geometrie*; Spektrum Akademischer Verlag; 1994

## 3.3 Zerlegungen des $\mathbb{R}^2$ und Isometrien

Bianca Löw
Betreuer: Benedikt Weygandt

**Euklidische Ebene $\mathbb{R}^2$ – Axiomatik und Isometrien:** Die euklidische Ebene ist die Menge aller Punkte von $\mathbb{R} \times \mathbb{R} = \{(x, y) | x, y \in \mathbb{R}\}$, in der sich Abstände nach Pythagoras messen lassen:

$P_1(x_1|y_1); P_2(x_2|y_2)$ haben den Abstand $d_e(P_1; P_2) = \sqrt{(x_1^2 - x_2^2) + (y_1^2 - y_2^2)}$.

Drei ausgewählte Axiome, die in der euklidischen Ebene gelten:

1) Verbindungsaxiom:

Zu $P, Q \in \mathbb{R}^2$ mit $P \neq Q$ gibt es genau eine Gerade $g$ mit $P \in g$ und $Q \in g$.

2) Parallelenaxiom:

Zu jeder Gerade $g$ und jedem Punkt $P$, für den $P \notin g$ gilt, gibt es genau eine Parallele $h$ durch $P$, für die gilt: $g \cap h = \emptyset$.

3) Reichhaltigkeitsaxiom:

Es gibt mehr als 3 nicht-kollineare Punkte, wobei jede Gerade mindestens einen Punkt enthält.

**Abbildungen:** Eine Abbildung $f$ aus einer Menge $M$ in eine Menge $N$ ordnet Elementen aus $M$ in eindeutiger Weise je ein Element in $N$ zu. Eine Abbildung ist somit eine Menge von geordneten Paaren $(x, y)$ mit $x \in M$ und $y \in N$.

1. $f : M \to N$ heißt *injektiv* (umkehrbar), wenn aus $f(x) = f(y)$ stets $x = y$ folgt. D.h. jeder Bildpunkt wird nur von einem Element der Menge $M$ getroffen.

2. $f : M \to N$ heißt *surjektiv,* wenn $f$ die Bildmenge $N$ komplett erzeugt wird, d.h. alle Bildpunkte werden von Elementen aus $M$ getroffen.

3. Eine injektive und surjektive Abbildung heißt *bijektiv.* Die Mengen $M$ und $N$ sind in diesem Fall gleichmächtig.

Bei einem *Homomorphismus* wird eine Gruppe produkttreu auf eine andere Gruppe abgebildet, d. h. die Gruppenverknüpfung wird in die der Bildgruppe überführt.

Ein *Isomorphismus* ist ein bijektiver Homomorphismus, bei dem insbesondere die beiden Gruppen gleichmächtig sind.

Ein *Automorphismus* ist ein Isomorphismus einer Gruppe auf sich.

Eine *Isometrie* ist eine längenerhaltende bijektive Abbildung der Ebene (und somit aller darin enthaltenen Figuren) auf sich.

Es gilt: Jede Isometrie der Ebene, die 3 nicht-kollineare Fixpunkte hat, ist die Identität.

Arten von Isometrien des $\mathbb{R}^2$ sind Spiegelungen, Drehungen, Translationen, Gleitspiegelungen

Unterscheidung der Isometrien:

1. Hat $f$ Fixpunkte, dann kann es sich nur um eine Drehung oder Spiegelung handeln. Ist $f$ orientierungserhaltend, liegt eine Drehung vor; ist $f$ orientierungsumkehrend, eine Spiegelung.

2. Hat $f$ keine Fixpunkte, liegt entweder eine Translation oder eine Gleitspiegelung vor. Dabei ist eine Translation orientierungserhaltend und eine Gleitspiegelung orientierungsumkehrend.

Eine Translation lässt sich durch Spiegelung an zwei parallelen Geraden erzeugen, eine Drehung (um den Schnittpunkt zweier Geraden) durch Spiegelung an den beiden Geraden. (Achtung: Hintereinanderausführung nicht kommutativ, wenn Drehwinkel $\alpha \neq 90°$)

**Diskontinuierliche Gruppen:** Eine Gruppe von Isometrien im $\mathbb{R}^2$ heißt *diskontinuierlich*, wenn es für jeden Punkt $P \in \mathbb{R}^2$ eine Scheibe $D$ mit Mittelpunkt $P$ gibt, die außer $P$ kein Bild von $P$ enthält.

Somit ist die Symmetriegruppe eines n-Ecks diskontinuierlich, wohingegen die Symmetriegruppe eines Kreises kontinuierlich ist, da es beliebig kleine Drehungen gibt, so dass in jeder noch so kleinen Scheibe $D$ ein Bildpunkt von $P$ liegen würde.

**Satz**: Die Translationsuntergruppe $T$ der Symmetriegruppe einer Zerlegung des $\mathbb{R}^2$ sei diskontinuierlich. Dann ist $T$ entweder die triviale Gruppe, isomorph zu $\mathbb{Z}$ oder isomorph zu $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$.

Aus Platzgründen kann hier nur die Beweisidee angegeben werden:

Man beweist, dass, wenn nicht die triviale Gruppe vorliegt, eine Gruppe von Translationen in eine Richtung durch die kleinstmögliche Translation um einen bestimmten Betrag erzeugt werden kann und diese Untergruppe somit isomorph zu $\mathbb{Z}$ ist. Liegen jedoch Translationen in mehrere Richtungen vor, kann man wiederum die kleinste Translation in eine weitere Richtung finden. Von dieser zeigt man, dass sie zusammen mit der ersten Translation die Gruppe erzeugt und $T$ als isomorph zu $\mathbb{Z} \times \mathbb{Z}$ erweist.

**$Aut\ \mathbb{R}^2$ (Automorphismengruppe der $\mathbb{R}^2$) und die orthogonale Gruppe:** $Aut\ \mathbb{R}^2$ ist die Symmetriegruppe der euklidischen Ebene und beinhaltet alle Deckabbildungen der Ebene auf sich. Es gilt:

$$Aut\ \mathbb{R}^2 = T \cdot O_2,$$

wobei $T$ die Gruppe der Translationen und $O_2$ die Gruppe aller euklidischen Bewegungen, die den Ursprung festlassen (d. h. nur Spiegelungen und Drehungen), bezeichnet. Durch Verknüpfung von Elementen aus $T$ und $O_2$ können also alle Elemente der $Aut\ \mathbb{R}^2$ erzeugt werden.

**Literatur:**

Rosebrock: *Geometrische Gruppentheorie – Ein Einstieg mit dem Computer. Basiswissen für Studium und Mathematikunterricht,* Vieweg+Teubner Verlag, Juni 2004.

`http://www.wikipedia.org/`

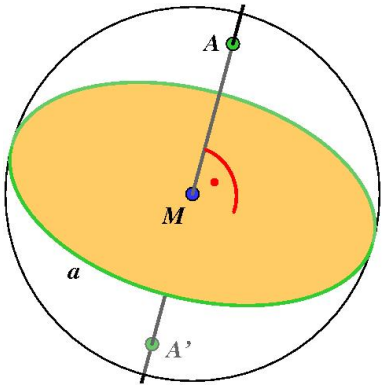
## 3.4 Zerlegungen in der sphärischen Geometrie ($S^2$)

Björn Wolf
Betreuer: Benedikt Weygandt

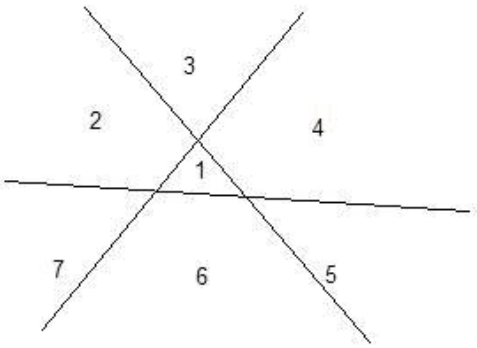
**Was ist die sphärische Geometrie?** In der sphärischen Geometrie gelten gegenüber der „normalen" euklidischen Geometrie eigenständige Gesetze. Als Modell kann man die Oberfläche einer Kugel nehmen; das Modell ist aber nur eine Veranschaulichung, definiert ist die euklidische Ebene über ihre Axiome. So gilt z.B. das Parallelenaxiom der euklidischen Geometrie nicht: Je zwei „Geraden" haben in der sphärischen Geometrie immer einen nichtleeren Schnitt.

**Geraden** Die Geraden entsprechen Großkreisen (das sind Schnittlinien euklidischer Ebenen durch den Mittelpunkt $M$ mit der Sphäre). Je zwei Punkte P und Q werden über einen Großkreisbogen am kürzesten verbunden. Jeder Punkt P besitzt einen Gegenpunkt P', der auf der gegenüberliegenden Seite der Sphäre liegt. Die Strecke von P nach P' wird erst durch einen weiteren Punkt Q ($Q \neq P$, $P; Q \in g$) als $PQ^+$ definiert, zuvor gab es unendlich viele. Der Abstand zweier Punkte $P$ und $Q$ entspricht dem Winkel <) PMQ im Bogenmaß.

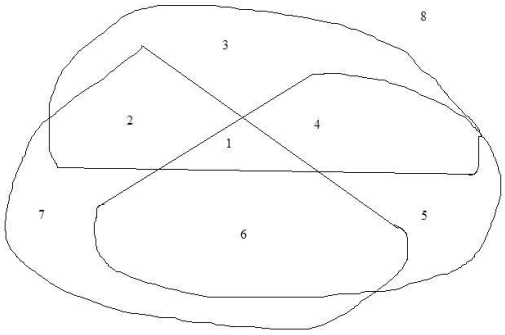
Ein Großkreis besitzt zwei Pole (A, A', Schnittpunkte eines Lots auf die Ebene des Großkreises durch M); wenn der Großkreis eine Orientierung besitzt, kann man den oberen Pol im mathematischen Drehsinn als *den* Pol bezeichnen.




**Flächen** Eine Gerade $g$ zerlegt die sphärische Ebene in zwei Halbebenen, analog zur euklidischen Ebene. Zwei Geraden zerteilen die Ebene in zwei Zweiecke, dies ist in der euklidischen Geometrie nicht möglich. Auch zerteilen drei nicht kopunktale Geraden die sphärische Ebene nicht in sieben Teile wie in der euklidischen Ebene, sondern in acht.




euklidische Ebene




sphärische Ebene (Draufsicht)
Fläche 8 ist das Gegenstück zu Fläche 1

Die Summe der Winkelgrößen im Dreieck ist aufgrund der Wölbung der Sphäre stets größer als 180°. So sind z.B. drei rechte Winkel möglich, was auf der Erde einem Dreieck zwischen Nordpol, und zwei um $\pi/2$ auseinander liegenden Äquatorpunkten entspricht. Die Dreiecksungleichung ( d(A,B) + d(B,C) $\geq$ d(A,C) ) gilt auch in der sphärischen Geometrie.

**Bewegungen** Die Bewegungen der $S^2$ lassen sich auf diejenigen des $\mathbb{R}^3$ übertragen, bei denen der Ursprung festgehalten wird, da die Punkte der Kugeloberfläche auch Punkte des sie umschließenden euklidischen Raumes sind.

Die möglichen Bewegungen der $S^2$ sind: eine Drehung um zwei Antipoden-Punkte mit einem Drehwinkel, eine Spiegelung an einem Punkt sowie eine Drehspiegelung, die eine Großkreisspiegelung mit einer Drehung (auch id) verknüpft.

Als endliche Untergruppen der Bewegungen um einen festen Punkt im $\mathbb{R}^3$ ergeben sich auf der $S^2$:

Drehungen um Vielfache eines Winkels $2\pi/n$, diese Drehungen und ihre Verknüpfungen mit einer Großkreisspiegelung sowie die Symmetriegruppen eines Tetra- Okta- und Ikosaeders. Würfel und Dodekaeder sind zu Okta- und Ikosaeder dual, haben also auch jeweils die gleiche Drehgruppe.

Translationen gibt es keine; auf der Kugeloberfläche kann jeder Punkt durch Drehung in jeden anderen überführt werden.

**Zerlegungen in Polygone** Ein *konvexes* Polygon ist ein Flächenstück, dessen Verbindungslinien zwischen allen Punkten des Polygons innerhalb des Polygons liegen. Es ist *regulär*, wenn seine Seitenlängen und Innenwinkel je gleich groß sind. Bei einer *normalen* Zerlegung dürfen zwei Polygone nur entweder an einer Ecke, einer Kante oder gar nicht zusammentreffen.

**Reguläre Zerlegungen** Eine wichtige Klasse von Zerlegungen sind die regulären Zerlegungen. Dabei wird die Kugeloberfläche in reguläre und zueinander kongruente Polygone normal zerteilt.

e ist die Anzahl der Ecken der Zerlegung, k die der Kanten, f die der Flächen, p die der Kanten eines Polygons und q die der Kanten an einer Ecke.

Weil bei regulären Zerlegungen jede Kante zu zwei Polygonen gehört und an zwei Ecken grenzt gilt:

$f \cdot p = 2k = e \cdot q$

Weiterhin gilt die Eulersche Polyederformel: $f - k + e = 2$

Wenn man die Formeln ineinander einsetzt, erhält man durch Termumformungen die Gleichung:

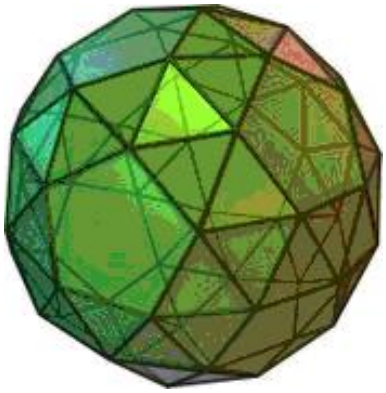
$1/p + 1/q = 1/k + \frac{1}{2}$

Als Lösung dieser Gleichung erhält man die Zerlegung in n Zweiecke sowie fünf weitere Zerlegungen. Diese Zerlegungen entsprechen genau den Platonischen Körpern. Da deren Eckpunkte alle den gleichen Abstand zum Mittelpunkt haben, lassen sie sich auf die Kugeloberfläche projizieren.

Diese Zerlegungen haben eine besonders hohe Symmetrie; sie sind sowohl bezüglich der Ecken als auch bezüglich der Polygone „gleich gebaut “.

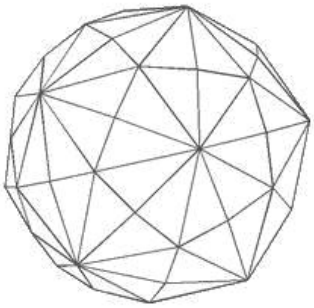
**Archimedische Zerlegungen** Es gibt weitere, halbreguläre Zerlegungen, die nur eines der beiden Kriterien erfüllen:

Die archimedischen Zerlegungen, die den Archimedischen Körpern entsprechen, weisen nur äquivalente Ecken auf, aber keine kongruenten Polygone. Von ihnen gibt es dreizehn sowie Prismen und Antiprismen.



Beispiel einer Archimedischen Zerlegung

**Dual-archimedische Zerlegungen** Schließlich gibt es noch die dual-archimedischen Zerlegungen, die aus regulären, kongruenten Polygonen bestehen, deren Ecken aber nicht äquivalent sind. Auch von ihnen gibt es dreizehn verschiedene.



Dual-archimedische Zerlegung (4,6,10)

**Literatur:**

Erhard Quaisser: *Diskrete Geometrie*; Spektrum Akademischer Verlag; 1994

**Bilder:** Wikipedia.de, eigene

## 3.5 Cayley-Graphen

Roland Jung
Betreuerin: Alke Stelling

Um sich endlich erzeugte Gruppen auch geometrisch vorstellen zu können, bedient man sich der so genannten Cayley-Graphen. Ein solcher entsteht, indem man jedem Element einer Gruppe $G =< g_1, \ldots, g_n >$ eine Ecke zuordnet. Zwei Ecken $h$ und $h'$ werden mit einer orientierten Kante verbunden, wenn $hg_i = h'$ gilt, wobei $h$ und $h'$ zwei Punkte des Graphen sind und $g_i \in \{g_1, \ldots, g_n\}$. $\Gamma_G(g_1, \ldots, g_n)$ heißt CAYLEY-*Graph* (oder: *Gruppenbild*) der Gruppe bezüglich des Erzeugendensystems $\{g_1, \ldots, g_n\}$. Wenn das Erzeugendensystem aus dem Kontext hervorgeht, schreibt man kurz $\Gamma_G$.

Ein Cayley-Graph wird wie folgt beschriftet: Jeder Punkt erhält als Beschriftung das zugehörige Gruppenelement und jede Kante erhält als Beschriftung diejenige Erzeugende, die das Gruppenelement $h$ in das Gruppenelement $h'$ überführt. Im Falle von $hg_i = h'$ würde man die Kante mit $g_i$ beschriften.

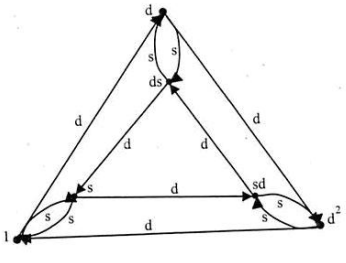



Abb. 1

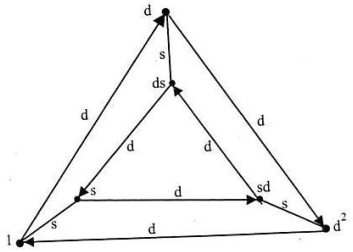



Abb. 2

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen den Cayley-Graphen der Symmetriegruppe $D_3$ des gleichseitigen Dreiecks. Sie wird erzeugt von einer Spiegelung s und der Drehung d um 120°. Hierbei ist zu beachten, dass $sd = d^2s$ und $ds = sd^2$ gilt (Abb. 1).

Die hin- und zurückführenden Kanten zur Spiegelung $s$ lassen sich auch durch eine nicht orientierte Kante darstellen (Abb. 2)

Eine sehr bedeutende Anwendung von Cayley-Graphen beruht auf der Erkenntnis, dass jede Gruppe auf ihrem Cayley-Graphen operiert. Dazu definiert man $g(x) = g \circ x$, wobei $\circ$ die Verknüpfung in der Gruppe $G$, $g \in G$ und $x$ Ecke von $\Gamma_G$ ist. Dies ist verträglich mit der Operation auf den Kanten, denn ist $k \in \Gamma_G$ die Kante von $h$ nach $h'$, welche mit $g_i$ beschriftet ist, so ist $g(k) \in \Gamma_G$ eine Kante vom Punkt $h \circ g$ zu $h' \circ g$, die mit $g_i$ beschriftet ist: Aus $hg_i = h'$ folgt dann $g \circ h \circ g_i = g \circ h'$.

**Eine Zerlegung der Ebene:**

Wir betrachten nun eine Zerlegung Z der Ebene in gleichseitige Dreiecke. G sei die Symmetriegruppe dieser Figur (Abb. 3):

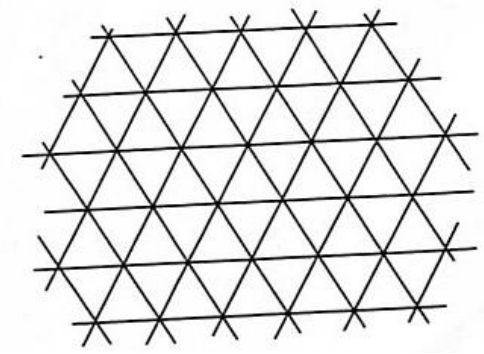


Abb. 3

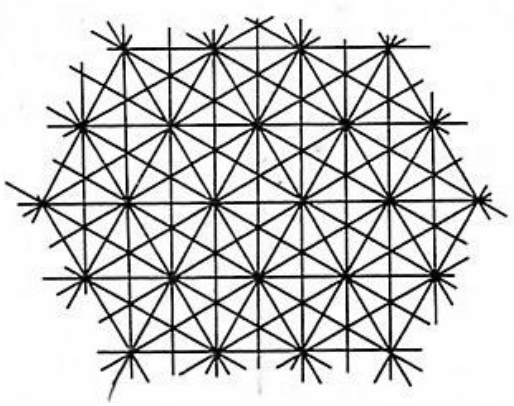


Abb. 4

Eine Operation heißt *frei*, wenn keine Kachel der Figur auf sich selbst abgebildet wird außer durch die Identität. Für die Zerlegung der Ebene in gleichseitige Dreiecke ist die Operation nicht frei, weil die Spiegelung an einer Spiegelachse, die ein Dreieck halbiert, dieses auf sich selbst abbildet. Zeichnet man alle Spiegelachsen in Z ein, so erhält man die Zerlegung Z' aus Abb. 4.

$G$ operiert frei auf Z', da nun keine Kachel mehr auf sich selbst abgebildet wird. Unser Ziel ist es nun, den Cayley-Graphen von $G$ in Z wiederzufinden. Hierzu legen wir einen *Fundamentalbereich* $f$ für $G$ fest.

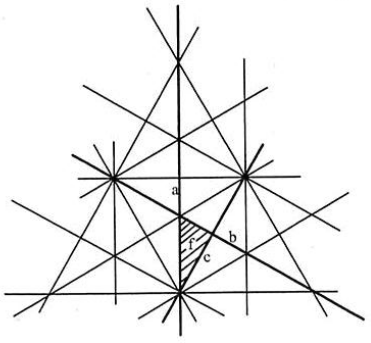



Abb. 5

Das ist eine beliebige Kachel von Z', ein rechtwinkliges Dreieck $f \in$ Z'; i.a.: eine Kachel $f$ einer Zerlegung, auf der $G$ frei operiert, so dass die Bilder von $f$ unter den Elementen von $G$ die ganze Ebene ohne Überlappung ausfüllen. Mit Spiegelungen würde es nun gelingen, alle gleichseitigen Dreiecke

aus Z aufeinander abzubilden. Die Symmetriegruppe wird von den 3 Spiegelungen erzeugt, die den Fundamentalbereich begrenzen.

Wir wollen nun $\{s_a, s_b, s_c\}$ den Cayley-Graphen zu dem Erzeugendensystem zeichnen. Hierzu dualisieren wir die Zerlegung Z', indem wir in den Mittelpunkt eines jeden Dreiecks einen Punkt zeichnen. Sofern die Dreiecke eine gemeinsame Kante haben, werden auch die Mittelpunkte mit einer Kante verbunden. Jetzt erhält jeder Punkt und jede Kante eine Beschriftung. Das neutrale Element 1 wird dem gewählten Fundamentalbereich $f$ zugeordnet. Abhängig davon, ob die originale Kante $s$ der Zerlegung Bild von $a, b$ oder $c$ ist, wird die Kante des dualisierten Graphen mit $s_a, s_b$ oder $s_c$ beschriftet. Der so entstehende Graph ist der Cayley-Graph $\Gamma_G(s_a, s_b, s_c)$ . Da es sich bei den Erzeugenden nur um Spiegelungen handelt, sind die Kanten nicht mit einer Orientierung versehen.

Die beiden Abbildungen stellen der Übersicht halber den Cayley-Graphen gestrichelt dar; bei dem ersten ist die Punktbeschriftung weggelassen und bei dem zweiten die Kantenbeschriftung.

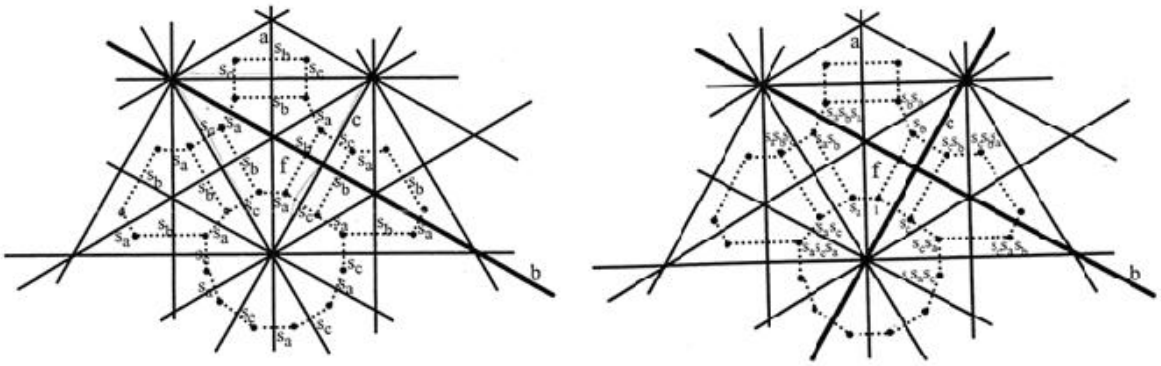



Abb. 6

Rosebrock: *Geometrische Gruppentheorie – Ein Einstieg mit dem Computer. Basiswissen für Studium und Mathematikunterricht,* Vieweg+Teubner Verlag, Juni 2004.

### 3.6 Erzeugung von Zerlegungen der euklidischen Ebene

Georg Bube
Betreuerin: Stefanie Ginaidi

*Def.: Eine Gruppe G wird* erzeugt *von den Elementen $E = \{g_1, \ldots, g_n\}$, wenn jedes Element von G durch Verknüpfung der Elemente aus E und deren Inversen dargestellt werden kann. Dabei heißt die Menge E* Erzeugendensystem *der Gruppe G.*

Der Fundamentalbereich 1 wird abgebildet unter allen möglichen Verknüpfungen, d.h. Hintereinanderausführung, der Isometrien:

$g_1(1), ..., g_n(1), {g_1}^2(1), g_1g_2(1), ..., g_1g_n(1), g_2g_1(1), ...$

Alle diese Bilder werden gezeichnet und dann beschriftet. Dabei fallen i.a. verschiedene Bilder des Fundamenalbereichs auf dasselbe Element der Figur (in den Beispielen fehlen manche Beschriftungen). In der Ebene erhält man entweder eine endliche Figur, ein Bandornament oder eine Zerlegung

#### Erzeugung von Mustern, Bedeckung der euklidischen Ebene durch Symmetrien

Eine *Figur* ist für uns eine Teilmenge der Ebene.

Abbildung 1 zeigt eine Grundkachel, den Fundamentalbereich, mit den erzeugenden Translationen v und w. Wir wenden die oben genannte Vorschrift an und erhalten eine Zerlegung der Ebene, von der Abbildung 2 einen Ausschnitt zeigt. Wir lesen immer von rechts nach links.

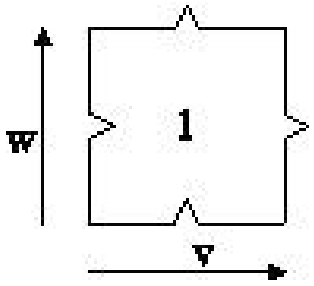



Abbildung 1: Grundkachel mit erzeugenden Translationen

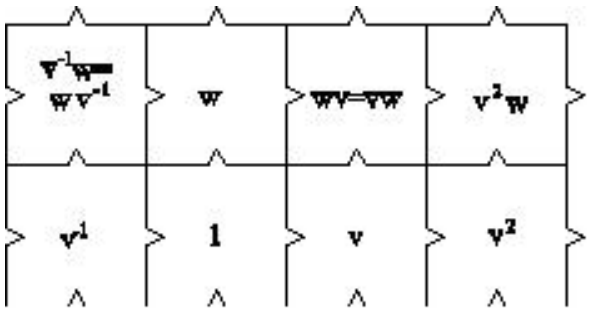



Abbildung 2: Die erzeugte Zerlegung

In diesem Fall ist es nicht von Bedeutung, in welcher Reihenfolge man die erzeugenden Isometrien hintereinander auf den Fundamentalbereich anwendet: vw = wv.

**Die endliche Figur F (am Beispiel des Quadrats)** Betrachten wir ein anderes Beispiel:

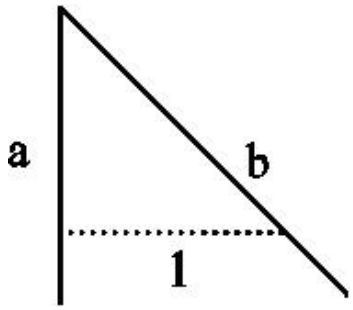



Abbildung 3: Fundamentalbereich 1 mit erzeugenden Spiegelungen

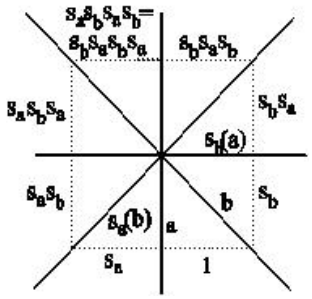



Abbildung 4: Erzeugen des Quadrats aus dem Fundamentalbereich

Spiegelt man den Fundamentalbereich 1 an a, so erhält man $s_a(1)$, spiegelt man ihn an b, so erhält man $s_b(1)$, oder kürzer $s_a$ und $s_b$. Spiegelt man jetzt $s_a(1)$ an b, so erhält man $s_b s_a(1)$ (oder $s_b s_a$) usw.

Es ist noch anzumerken, dass in diesem Fall die Operationen nicht kommutativ/abelsch sind, denn $s_b s_a$ ist ein anderes Dreieck als $s_a s_b$ es tut.

Beim Quadrat gibt es 8 kongruente Bilder des Fundamentalbereichs, das Quadrat hat aber auch 8 Isometrien, die es auf sich abbilden ($D_4 = \{d_{90}, d_{180}, d_{270}, d_{360}/d_0/id, s_a, s_b, s_e, s_f\}$). Allgemein gilt folgender Satz:

*Satz: Es gibt eine bijektive Beziehung zwischen der Menge der Isometrien der Figur F auf sich, die durch* $g_1, \ldots, g_n\}$ *erzeugt werden und deren Bildern des Fundamentalbereichs.*

Jedes der kongruenten Bilder f des Fundamentalbereichs gehört ein-eindeutig zu einer bestimmten Isometrie g, für die gilt: g (1) = f

Man kann $s_b s_a$ auch durch eine Drehung um 90° erreichen. Wendet man diese Operation vier Mal hintereinander an $((s_b s_a)^4)$, so erhält man eine 360°-Drehung und damit den Fundamentalbereich 1 zurück. $s_a$ und $s_b$ sind Spiegelungen, weshalb gilt $s_a^2 = 1, s_b^2 = 1$. Diese Erkenntnisse kann man verallgemeinern:

*Satz: Stellt man zwei Spiegel auf, ähnlich wie in Abbildung 4, wobei der Winkel zwischen den Spiegeln* 180°/n *beträgt mit* $n \geq 3$*, so wird von den Spiegeln ein reguläres n-Eck erzeugt. Sind* $s_a$ *und* $s_b$ *die den Spiegeln entsprechenden Erzeugende, so entspricht* $s_b s_a$ *einer Drehung um 360°/n gegen den Uhrzeigersinn und es gilt* $s_a^2 = s_b^2 = (s_b s_a)^n = 1$

**Bandornamente** Eine Möglichkeit, ein Bandornament zu erzeugen, besteht darin, eine Figur zu finden, die Translationen in eine Richtung (und deren Gegenrichtung) sowie Drehungen um 180° zulassen. Bei einem Bandornament ist kein Fundamentalbereich vorgegeben, sondern eine beliebige Figur, dann werden Drehpunkt und Translationsvektor festgelegt und man verfährt wie zuvor, so entsteht ein Bandornament, von dem ein Ausschnitt wie in Abbildung 5 aussehen könnte.

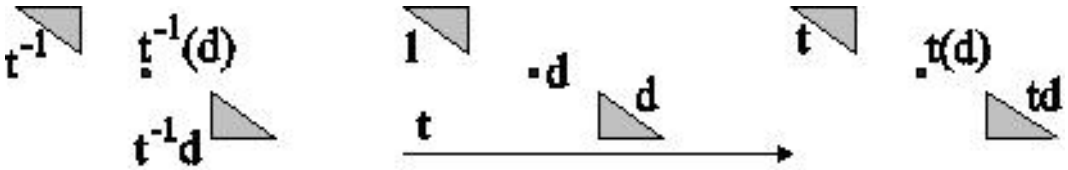



Abbildung 5: erzeugtes Bandornament

In Abbildung 5 lassen sich wieder Gleichungen finden: $dtd = t^{-1}$, daraus folgt nach Multiplikation mit t die Gleichung $(td)^2 = 1$. Außerdem gilt $d^2 = 1$, da $d$ eine 180°-Drehung ist.

**Zerlegung der Ebene**

In Abbildung 4 hatten wir ein einfaches Beispiel, im Prinzip ist jedoch jede Zerlegung vorstellbar. Je mehr Isometrien es gibt, um so interessanter wird der Erzeugungsprozess.

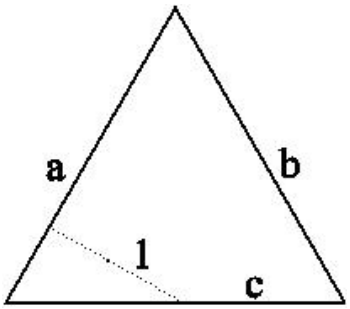



Abbildung 6: Gleichseitiges Dreieck aus Spiegeln

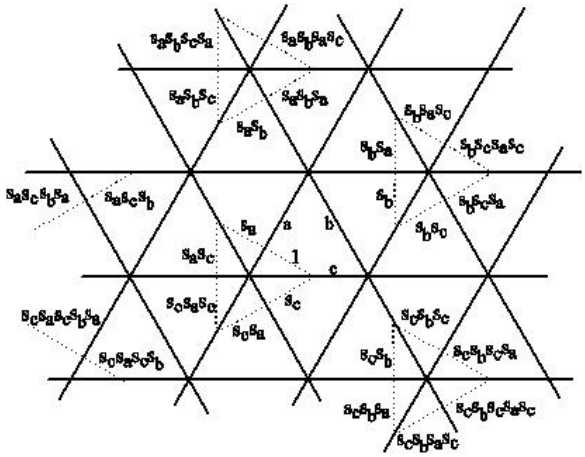


Abbildung 7:
Zerlegung der Ebene in gleichseitige Dreiecke

Aus Gründen der Lesbarkeit wurden hier nur das ursprüngliche Spiegeldreieck und die erzeugte Zerlegung beschriftet.

**Literatur:**

Rosebrock: *Geometrische Gruppentheorie – Ein Einstieg mit dem Computer. Basiswissen für Studium und Mathematikunterricht,* Vieweg+Teubner Verlag, Juni 2004.

Rosebrock: *Symmetrien erzeugen Muster und Zerlegungen*, MU 52, Heft 3, Juni 06

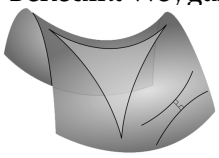
## 3.7 Zerlegungen der $H^2$, Geraden und Isometrien

Daniel Gerike
Betreuer: Benedikt Weygandt

**Überblick und Eigenschaften**

**Die hyperbolische Ebene**

Die hyperbolische Ebene kann man sich lokal als Sattelfläche vorstellen.



Sattelfläche

**Axiome**

In der hyperbolischen Ebene gelten alle Axiome der euklidischen Ebene bis auf das Parallelenaxiom, das dahingehend verändert ist, dass es zu einer Geraden g nicht nur eine Parallele durch einen Punkt P, der nicht auf der Geraden liegt, gibt, sondern unendlich viele.

Mehrere Parallelen zu einer Gerade durch einen festen Punkt im PK-Modell

**Modell**

Ein Modell, um die hyperbolische Ebene darzustellen, ist das POINCARÉsche Kreisscheibenodell (PK-Modell). In diesem wird die hyperbolische Ebene als offene Kreisscheibe dargestellt und eine Gerade wird als offener Kreisbogen dargestellt, der orthogonal zu der die Kreisscheibe umgebenden Kreislinie ist.

**Lagebeziehungen von Geraden** In der hyperbolischen Ebene gibt es zusätzlich zu den zwei bekannten Lagebeziehungen aus der euklidischen Ebene noch eine dritte: Zwei Geraden können parallel sein und kein gemeinsames Lot besitzen, sie werden dann *randparallel* oder *unverbindbar* genannt.

## Bewegungen und Innenwinkel von Dreiecken

**Bewegungsübersicht** Bewegungen im Modell sind Punkttransformationen von K (der offenen Kreisscheibe), die invariant unter Inzidenz, Anordnung und Abstand sind. Eine Spiegelung in der hyperbolischen Ebene wird analog einer in der euklidischen Ebene verstanden. Wie in der euklidischen Ebene lässt sich jede Bewegung als Produkt von zwei oder drei Geradenspiegelungen darstellen.

Hieraus ergibt sich folgende Übersicht über die Bewegungen der hyperbolischen Ebene:

1. Spiegelung an zwei sich schneidenden Geraden: Drehung um den Schnittpunkt mit doppeltem orientiertem Schnittwinkel. (Ein Fixpunkt)
2. Spiegelung an zwei Geraden mit gemeinsamem Lot f: Translation längs f. (Nur eine Fixgerade)
3. Spiegelung an zwei unverbindbaren Geraden: „Drehung“ um den „unendlich fernen Punkt“ U, in dem sich die Geraden treffen. (Keine Fixpunkte oder Fixgeraden)
4. Gleitspiegelungen: Produkt einer nichttrivialen Translation längs einer Geraden und nachfolgende Spiegelung an dieser Geraden.

**Innenwinkel von Dreiecken** In der hyperbolischen Geometrie ist die Innenwinkelsumme eines Dreiecks ABC stets kleiner als $\pi$. $\delta(\text{ABC}) := \pi - (\alpha + \beta + \gamma)$ wird als *Defekt* des Dreiecks ABC bezeichnet.

Es gilt: $0 < \delta(\text{ABC}) < \pi$.

Aufgrund dieser Winkeleigenschaften gibt es in der hyperbolischen Ebene keine echt ähnlichen Dreiecke. Zusätzlich zu den vier aus der euklidischen Geometrie bekannten Kongruenzsatzsätzen gibt es noch einen fünften: *Stimmen zwei Dreiecke in den Größen ihrer drei Innenwinkel überein, dann sind sie kongruent.*

## Reguläre Zerlegungen, Parkette und Ornamentgruppen

### Innenwinkel von n-Ecken

Aufgrund dieser Eigenschaften der hyperbolischen Ebene gibt es bis auf Kongruenz genau ein reguläres n-Eck zu jeder gegebenen Innenwinkelgröße $\gamma$, für die gilt: $0 < \gamma < \pi((n-2)/n)$.

### Reguläre Zerlegungen

Satz: *Zu jedem Paar (p, q) natürlicher Zahlen mit p, q $\geq$ 3 und 1/p + 1/q < $\frac{1}{2}$ gibt es bis auf Kongruenz genau eine reguläre Zerlegung der Ebene in p-Ecke, bei der von jeder Ecke q Kanten ausgehen.*

### Ornamentgruppen

Definition: *Eine* Ornamentgruppe *ist eine diskrete Bewegungsgruppe, die zwei Translationen in verschiedene Richtungen enthält.*

Satz: *Die Symmetriegruppe einer regulären Zerlegung ist stets eine Ornamentgruppe.*

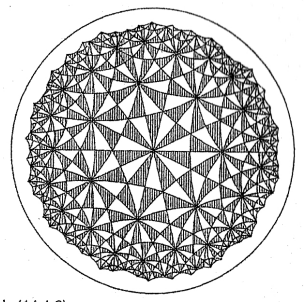
**Dreiecksgruppen** Wann erzeugen die Spiegelungen an den Seiten eines vorgegebenen Dreiecks eine Ornamentgruppe? Eine solche Bewegungsgruppe wird *Dreiecksgruppe* genannt.

Satz 1: Zu natürlichen Zahlen p, q, r $\geq 2$ mit $1/p + 1/q + 1/r < 1$ gibt es bis auf Kongruenz genau eine dual-archimedische Zerlegung (2p, 2q, 2r) in Dreiecke mit den Innenwinkeln $\alpha = \pi/p$, $\beta = \pi/q$, $\gamma = \pi/r$ , deren Symmetriegruppe eine (p, q ,r)-Dreiecksgruppe ist.

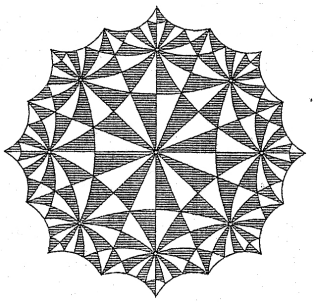
Satz 2: Alle (p, q, r)-Dreiecksgruppen sind Ornamentgruppen.

Satz 3: Die dual-archimedischen Zerlegungen (2p, 2q, 2r) sind Parkette.

Beispiele dual-archimedischer Zerlegungen der hyperbolischen Ebene:



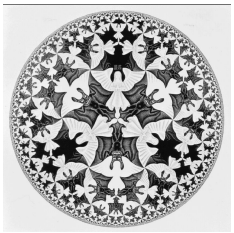
(14,4,6)



(16,4,6)

**Escher**

Zum Abschluss sei noch erwähnt, dass M. C. Escher sich bei seinen Werken z. T. auch der hyperbolischen Geometrie bediente.



Kreislimit IV
(Himmel und Hölle)

**Literatur:**

Erhard Quaisser: *Diskrete Geometrie. Einführung. Probleme. Übungen* (Spektrum Akad. Verlag)

`http://de.wikipedia.org/`

`http://en.wikipedia.org/`

## 3.8 Höherdimensionale Würfel und Symmetrien

Cornelia Lutz
Betreuerin: Rana Amirzadeh

**Vom Punkt zum Hyperkubus**

Dem dreidimensionalen Würfel im Raum entspricht in der Ebene das Quadrat, in der Dimension 1 die (Einheits-)Strecke und in der Dimension 0 der Punkt.

Verschiebt man den Punkt, so erhält man eine Strecke. Ebenso ergibt sich das Quadrat durch eine orthogonale Verschiebung der Strecke und der Würfel durch eine Verschiebung des Quadrats (siehe die folgende Abb.)

Allgemein bekommt man also den $n$-dimensionalen Einheitswürfel $W_n$, wenn man den $(n-1)$-dimensionalen Würfel um die Einheitsstrecke verschiebt und die Spur hinzunimmt, indem man jeweils zwischen altem und neuem Eckpunkt eine Kante ergänzt. Dabei muss die Verschiebungsrichtung senkrecht zu jeder Strecke in $W_{n-1}$ liegen.

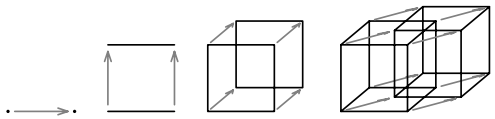


Abbildung 1: Orthogonales Verschieben eines Würfels $W_n$ führt zu $W_{n+1}$

**Bauteile des $n$-dimensionalen Würfels**

Die Bestandteile des Würfels seien als $k$-Zellen bezeichnet, wobei $k$ ihre Dimension angibt. $W_0$ besteht nur aus einem Punkt, $W_1$ aus zwei (Eck-)Punkten und einer Strecke, $W_2$ aus vier Punkten, vier Strecken und einem Quadrat usw. (siehe folgende Tabelle).

| $k$ | 0 | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|---|
| $W_0$ | 1 | | | |
| $W_1$ | 2 | 1 | | |
| $W_2$ | 4 | 4 | 1 | |
| $W_3$ | 8 | 12 | 6 | 1 |

Tabelle 2: Anzahlen der $k$-Zellen im $W_n$ für $n \leq 3$

$W_n$ setzt sich allgemein aus zwei $(n-1)$-dimensionalen Würfeln (jeweils vor und nach der Verschiebung) sowie der Spur von $W_{n-1}$ zusammen. Dabei tritt in der Spur jede Zelle des $W_{n-1}$ in der nächsthöheren Dimension auf (aus einem Punkt wird eine Kante, aus einer Kante eine Fläche usw). Die Anzahl der $k$-Zellen in $W_n$ setzt sich also zusammen aus zweimal der Anzahl der $k$-Zellen in $W_{n-1}$ und der Anzahl der $(k-1)$-Zellen in $W_{n-1}$. In der Tabelle bedeutet dies, dass jede Zahl die Summe aus zweimal der direkt darüberstehenden Zahl und einmal der schräg links darüberstehenden Zahl ist. Damit kann man leicht die Bestandteile des $W_4$ berechnen: er hat 16 Ecken, 32 Kanten, 24 Flächen, 8 Würfel und einen Hyperwürfel.

Die Anzahlen weisen eine deutliche Ähnlichkeit zum PASCALschen Dreieck auf, wobei sich das Bildungsprinzip insofern unterscheidet, als jeweils der rechte Summand doppelt genommen wird, sodass mit jeder Zeile ein Faktor zwei hinzukommt. Mit zunehmendem $k$ entfällt dieser Faktor jedoch. Somit gilt allgemein für die Anzahl $A(n,k)$ der $k$-Zellen im $W_n$:

$$A(n,k) = \binom{n}{k} \cdot 2^{n-k}$$

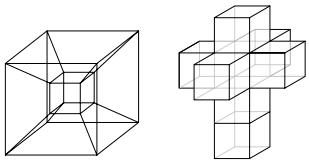
Dies lässt sich durch vollständige Induktion beweisen; für die Ränder des Dreiecks mit $k = 0$ oder $k = n$ gilt $A(n,0) = \binom{n}{0} \cdot 2^{n-0} = 2^n$ und $A(n,n) = \binom{n}{n} \cdot 2^{n-n} = 1$. Ist nun in einer Zeile $A(n,k) = \binom{n}{k} \cdot 2^{n-k}$ und $A(n,k+1) = \binom{n}{k+1} \cdot 2^{n-k-1}$, so wird der Wert $N$ in der darunterliegenden Zeile berechnet durch $N = \binom{n}{k} \cdot 2^{n-k} + 2 \cdot \binom{n}{k+1} \cdot 2^{n-k-1} = 2^{n-k} \cdot \left(\binom{n}{k} + \binom{n}{k+1}\right)$. Nun gilt wie im PASCALschen Dreieck $\binom{n}{k} + \binom{n}{k+1} = \binom{n+1}{k+1}$ und somit ist $N = 2^{n-k} \cdot \left(\binom{n}{k} + \binom{n}{k+1}\right) = 2^{(n+1)-(k+1)} \cdot \binom{n+1}{k+1} = A(n+1,k+1)$.

**Darstellungsweisen und Netze des Hyperwürfels**

In der zweidimensionalen Zeichenebene ist es bereits unmöglich, den dreidimensionalen Würfel darzustellen. Man behilft sich daher meist mit einem Schrägbild, wobei alle Strecken parallel zur dritten

Koordinatenachse in einem beliebigen Winkel gezeichnet werden. Gleichermaßen verfährt man auch mit dem Hyperwürfel und erhält ein dreidimensionales Modell, das gegebenenfalls in die Ebene projiziert wird.

Eine bekannte Darstellungsmöglichkeit ist beispielsweise ein Modell von Viktor Schlegel (1888), das auf der Zentralprojektion beruht (links). Bei der isometrischen Darstellung hingegen werden alle Koordinatenrichtungen gleichermaßen verkürzt. So ist die isometrische, zweidimensionale Darstellung des Würfels ein Sechseck und die isometrische, dreidimensionale Darstellung des Hyperwürfels ein Rhombendodekaeder.



Das Netz eines $W_3$ besteht aus den sechs Quadraten, die ihn begrenzen; dabei gibt es 11 Möglichkeiten, den Würfel aufzuschneiden. Analog besteht das Netz des $W_4$ (rechts) aus acht Würfeln, wobei 261 verschiedene Netze bekannt sind.

**Nummerierung der Ecken und Hamming-Distanzen**

Ein $n$-dimensionaler Einheitswürfel hat genau $2^n$ Ecken, deren $n$ Koordinaten nur aus Nullen und Einsen bestehen; dabei kommt jede Kombination genau einmal vor. Also kann man die Koordinaten eines Eckpunkts als Dualzahl auffassen und erhält eine Nummerierung der Ecken von 0 bis $2^n - 1$.

Die Hamming- oder Kantendistanz bezeichnet die kürzeste Verbindung zweier Eckpunkte längs der Kanten. Für zwei Eckpunkte des $W_n$ ist sie daher genau die Anzahl der Koordinaten, in denen sie sich unterscheiden. Ein Spezialfall ist die Distanz zum Ursprung; sie ist gerade die Anzahl der Einsen in den Koordinaten eines Punktes.

Nun kann man die Eckpunkte eines Würfels nach ihrer Hamming-Distanz zum Ursprung einteilen. Für den dreidimensionalen Würfel gibt es je einen Punkt mit Hamming-Distanzen von 0 bzw. 3 zum Ursprung und je 3 Punkte mit Hamming-Distanzen von 1 bzw. 2. Die Punkte mit gleicher Hamming-Distanz vom Ursprung bilden die Ecken von Schnittflächen senkrecht zur Raumdiagonale von (000) nach (111). Genauso kann man auch beim 4-dimensionalen Hyperwürfel die Punkte mit gleicher Hamming-Distanz betrachten. Jeweils vier Punkte mit Hamming-Distanzen von 1 bzw. 3 vom Ursprung bilden ein Tetraeder als Schnittkörper; sechs Punkte mit Hamming-Distanz 2 bilden ein Oktaeder.

## Literatur:

Stephan Rosebrock: *Höherdimensionale Würfel* Ausarbeitung, Karlsruhe 4. Juli 2007.

Hans Walser: *Der n-dimensionale Hyperwürfel* (22. Basler Kolloquium für Mathematiklehrkräfte, 19.11.2003).

Marcus Gossler: *Zur Elementargeometrie höherdimensionaler Würfel*; in: Praxis der Mathematik 28 (1986).

`http://www.mathematische-basteleien.de/hyperkubus`.

## 3.9 Höherdimensionale Platonische Körper

Tobias Stohr
Betreuerin: Rana Amirzadeh

„Platonische Körper“ haben ihren Benennungsursprung in deren griechischem Entdecker Platon. Dieses Themas hat also eine weit in die Vergangenheit reichende Geschichte. Allerdings waren anfangs lediglich der 2- und 3-dimensionale Raum Untersuchungsgegenstand der Geometrie. Heutzutage geht man einen Schritt weiter: Es ist vom vierdimensionalen bzw. n-dimensionalen Raum die Rede. Nun ist es aber (zumindest bis heute) unmöglich, einen Raum oder Gebilde mit mehr als drei Dimensionen exakt und wahrheitsgetreu zu zeichnen. Aber in der gedanklichen Vorstellung gibt es dennoch Möglichkeiten der Darstellungsweise.

Im Folgenden gehe ich nicht nur auf die Theorie der Platonischen Körper in unserem dreidimensionalen Anschauungsraum ein, wie z.B. des Tetraeders, des Würfels und komplexerer Körper, sondern auch auf die höherdimensionalen Platonischen Körper – besonderes Augenmerk liegt dabei auf der Darstellung der Körper durch das Schläfli-Symbol.

**Definition: Platonische Körper** Per Definition bezeichnet man einen Körper im $\mathbb{R}^n$ dann als *„Platonischen Körper“* wenn er konvex und endlich ist und von nur einer Art regelmäßiger p-Ecken begrenzt wird. *Konvex* bedeutet, dass die Verbindungsstrecke je zweier Punkte des Körpers auch noch mit zu dem Körper gehört. Wären die begrenzenden Flächen nicht regelmäßig, würde man den Körper allgemein als Polyeder bezeichnen – deshalb nennt man Platonische Körper auch „regelmäßige Polyeder“. Es ist außerdem noch zu erkennen, dass die Ecken eines Platonischen Körpers immer auf eine gemeinsamen Kugeloberfläche gelegt werden können.

Für die Randfläche eines platonischen Körpers gilt im $\mathbb{R}^3$ daher der

*Eulersche Polyedersatz*: Ecken – Kanten + Flächen = 2.

Betrachtet man ein regelmäßiges Polyeder, bemerkt man, dass an jeder Ecke mindestens 3 regelmäßige p-Ecke zusammentreffen und die Summe der anliegenden Winkel kleiner als 360 Grad ist.

**Das Schläfli-Symbol** Das Schläfli-Symbol beruht auf den eben aufgezeigten Eigenschaften. Zur Erläuterung des Symbols ist die Definition der folgenden zwei Begriffe von großer Bedeutung.

**Die Randfigur:** Die Randfläche eines Platonischen Körpers ist, wie oben schon erwähnt, aus regelmäßigen p-Ecken zusammengesetzt. Ein solches p-Eck nennt man *Randfigur* des Platonischen Körpers; p ist eindeutig bestimmt.

**Die Eckfigur:** Betrachtet man eine Ecke des Platonischen Körpers und verbindet die Mittelpunkte der anliegenden Kanten miteinander, ergibt sich eine *Eckfigur*. Dies kann man sich auch wie ein Abschneiden der Ecke durch die Kantenmitten vorstellen. Die sich daraus ergebende Schnittfläche ist wiederum ein regelmäßiges q-Eck mit eindeutig bestimmtem q.

Das Schläfli-Symbol besteht für dreidimensionale Platonische Körper aus diesen beiden Komponenten und wird folgendermaßen dargestellt: {p,q}

Umgekehrt ist ein Platonischer Körper ist durch {p,q} eindeutig bestimmt!

Über die Winkelsumme für reguläre n-Ecke auf der Oberfläche einer Kugel ergibt sich die folgende SCHLÄFLI-*Bedingung* für dreidimensionale Platonische Körper: $(q-2)(p-2) < 4$

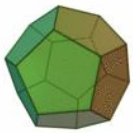
Anhand dieser Bedingung kann man beweisen, s.u., dass es höchstens 5 dreidimensionale Platonische Körper geben kann. Die Existenz dieser Körper wird dann durch Konstruktion bewiesen.

Durch empirisches Einsetzen erhält man folgende Schläfli-Symbole, denen je ein Platonischer Körper zugeordnet werden kann:

Tetraeder {3,3}

Hexaeder {4,3}

Oktaeder {3,4}



Dodekaeder {5,3}

Ikosaeder {3,5}

Bisher haben wir nur dreidimensionale Platonische Körper behandelt. Allerdings gibt es auch vierdimensionale, fünfdimensionale, ... n-dimensionale Platonische Körper.

Das Schläfli-Symbol für vierdimensionale Körper setzt sich aus dem Schläfli-Symbol für die hierbei dreidimensionale Randfigur {p,q} und für die ebenfalls dreidimensionale Eckfigur {s,r} zusammen. Bei genauerer Betrachtung erkennt man, dass dabei q=s (Die Randfigur der Eckfigur ist gleich der Eckfigur der Randfigur) für jeden Platonischen Körper gelten muss. Also verschmelzen die beiden obigen Symbole zu demSchläfli-Symbol für vierdimensionale Platonische Körper: {p,q,r}

Als Analogon zur Schläfli-Bedingung ergibt sich für vierdimensionale Platonische Körper:

$$S = \sin\frac{\pi}{p}\sin\frac{\pi}{r} - \cos\frac{\pi}{q}$$

Dies gilt allgemein für n-dimensionale Körper $\{p_1, \ldots, p_{n-1}\}$:

Randfigur: $\{p_1, \ldots, p_{n-2}\}$ Eckfigur: $\{p_2, \ldots, p_{n-1}\}$

und die Schläfli-Bedingung für fünfdimensionale Platonische Körper lautet:

$$S = \sin^2\frac{\pi}{p}\,\sin^2\frac{\pi}{s} - \sin^2\frac{\pi}{p}\cos^2\frac{\pi}{r} - \cos^2\frac{\pi}{q}\sin^2\frac{\pi}{s} > 0$$

Mit Hilfe dieser Bedingung wurde bewiesen, dass in der vierten Dimension sechs reguläre Polytope existieren. Des Weiteren lässt sich feststellen, dass es in der fünften Dimension und höher nur noch drei regelmäßige Polytope gibt, nämlich:

{3,3,...,3,3} Simplex

{3,3,...,3,4} Kreuzeck

{4,3,...,3,3} Quader

**Literatur**

Franz, W. (1971): *Dreidimensionale und mehrdimensionale Geometrie. Die regulären Polytope*. Sitzungsbericht der wissenschaftlichen Gesellschaft an der Johann Wolfgang Goethe Universität Frankfurt / Main. Band 9. Jahrgang 1970. Nr 3. Wiesbaden (Franz Steiner Verlag).

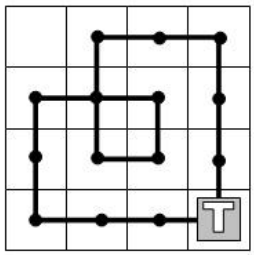
## 3.10 Das 15-Puzzle und allgemeine Spielgraphen

Lena Walter
Betreuerin: Alke Stelling

Das Ziel der Beschäftigung mit dem 15-Puzzle war es zunächst, herauszufinden, welche vorher festgelegten Endstellungen der Spielsteine sich durch Schiebeoperationen überhaupt herstellen lassen. Das bedeutet, dass man die Anzahl der Äquivalenzklassen von Anordnungen untersuchen muss. (Eine Äquivalenzklasse bilden all die Anordnungen, die sich durch Schiebeoperationen ineinander überführen lassen.) Aufbauend darauf sollte dann auch der Bestimmung allgemeiner Spielgraphen nachgegangen werden.

### 3.10.1 Anzahl der Äquivalenzklassen von Anordnungen beim 15-Puzzle

Nach einigem Spielen findet man heraus, dass sich manche Anordnungen allein durch Schiebeoperationen nicht herstellen lassen. Es wird zunächst der Frage nachgegangen, wie viele Äquivalenzklassen von Anordnungen es mindestens geben muss; hierzu interpretiert man das Verschieben eines Spielsteins auf ein Leerfeld als eine Transposition mit einem 16. Stein (im Folgenden Tauschstein genannt).



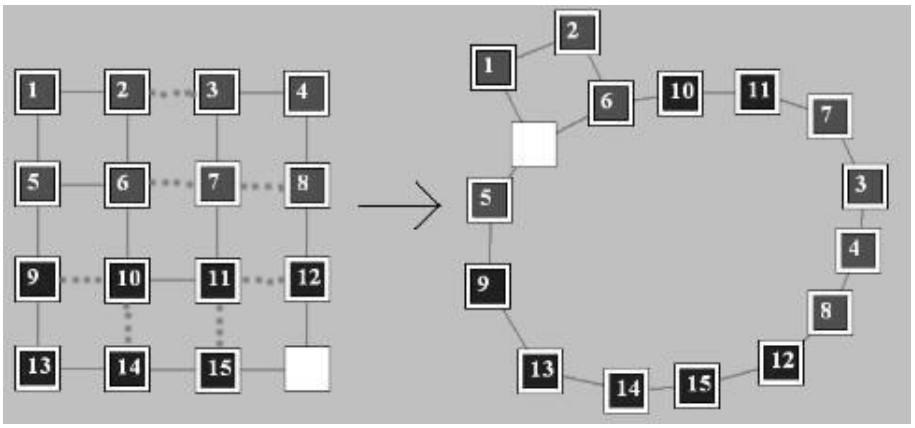

Wandert dieser Tauschstein nun rund durch das Feld, bis er wieder an seinem Ausgangspunkt angekommen ist, hat er in jedem Fall eine *gerade* Anzahl von Schritten (Transpositionen) vollzogen.
Folglich bedeutet dies, dass nur diejenigen Permutationen erhalten werden können, die sich aus einer *geraden* Zahl von Transpositionen zusammensetzen, alle *ungeraden* jedoch nicht. → mindestens zwei Äquivalenzklassen.

**Satz 1:**

Beim üblichen 15er-Puzzle gibt es *mindestens zwei* Äquivalenzklassen von Anordnungen der Spielsteine. Das ist auch bei jedem anderen rechteckigen Spielfeld der Fall, da diese stets nur Kreise (im graphentheoretischen Sinne) mit gerader Eckenzahl als Untergraphen enthalten.

Um eine Aussage darüber treffen zu können, wie viele Äquivalenzklassen es höchstens gibt, reduziert man den Spielgraphen um einige Schiebekanten und zieht ihn räumlich etwas auseinander. Zur Veranschaulichung kann man sich das Ganze wie einen Kreisverkehr mit angehängter Parkbucht vorstellen.

Das Fahrzeug, das in der Parkbucht „wartet“ (in diesem Fall die 1), kann an jede beliebige Stelle des Kreisverkehrs eingefügt werden. Äquivalent dazu kann ebenfalls mit den übrigen Zahlen verfahren werden. Also lässt sich auf diese Weise jede beliebige Anordnung der Spielsteine innerhalb des Kreisverkehrs herstellen. Das Einzige, was man jedoch nicht beeinflussen kann, ist, ob die zwei Fahrzeuge in der Parkbucht letztendlich – im Sinne der Zielbelegung – richtig oder falsch stehen. → höchstens zwei Äquivalenzklassen




**Satz 2:**

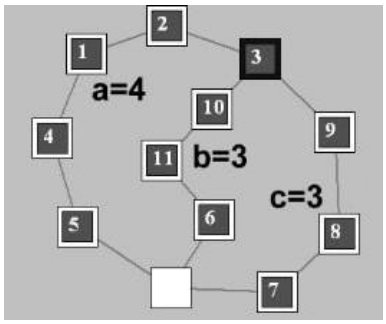
Beim üblichen 15er-Puzzle gibt es *höchstens zwei* Äquivalenzklassen von Anordnungen der Spielsteine. Zusammen mit Satz 1 hat man dann *genau zwei* Äquivalenzklassen.

### 3.10.2 Achtergraphen und beliebige elementare Spielgraphen

Die weitergehende Frage ist nun, wie sich die Anzahl der Äquivalenzklassen von Belegungen beliebiger (plättbarer) Spielgraphen bestimmen lässt. Der Lösungsidee liegt die Überlegung zugrunde, dass sich die Äquivalenzklassen eines Graphen auf die Äquivalenzklassen gewisser Teilgraphen zurückführen lassen. Folglich wird die Form einer kleinen, sinnvollen Untereinheit benötigt, auf deren Basis sich die beliebigen Spielgraphen aufbauen lassen.

Die Auseinandersetzung mit den nötigen Eigenschaften eines solchen Teilgraphen mündet dann schließlich in folgender Charakterisierung: Der Teilgraph

- besteht aus drei Bögen (a,b,c)
- enthält Felder mit dem Eckengrad zwei
- enthält zwei Felder mit dem Eckengrad drei
- zwei seiner Parameter a,b und c müssen größer 0 sein




Der Aufbau eines solchen *Achtergraphen* soll im nebenstehenden Bild anhand eines Beispiels veranschaulicht werden.

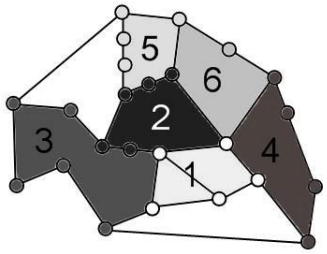
Untersucht man alle möglichen Belegungen auf solchen Achtergraphen, kommt man mit ähnlichen Überlegungen wie beim 15-Puzzle zu dem Ergebnis, dass ein Achtergraph entweder *eine* oder *zwei* Äquivalenzklassen von Belegungen besitzt.

Dies kann nun auf beliebige Spielgraphen angewandt werden und ermöglicht schließlich, deren Anzahl der Äquivalenzklassen von Anordnungen zu bestimmen. Die Idee hierbei ist dass sich der Spielgraph vollständig aus Achtergraphen aufbauen lässt. (Ein zusätzlicher Bogen bildet mit „einer Hälfte“ des bereits vorhandenen Achtergraphen dann erneut einen Achtergraphen.)

**Zusammenfassung:**

Es gibt im Wesentlichen also nur zwei Klassen elementarer plättbarer Spielgraphen:

Zur Bestimmung wird zunächst der äußerste Bogen mit der gewünschten Anordnung belegt und im Folgenden nicht mehr verändert. Es wird nach dem gleichen Muster solange vorgegangen, bis man im innersten Achtergraphen angekommen ist, dessen verbleibende Äquivalenzklassen nun die Äquivalenzklassen des gesamten Spielgraphen bestimmen.




Solche mit einer und solche mit zwei Äquivalenzklassen von Belegungen. Auf Graphen, bei denen alle kreisförmigen (überschneidungsfreien) Untergraphen eine gerade Eckenzahl haben, gibt es zwei Äquivalenzklassen von Belegungen, auf den anderen eine.

Die einzige Ausnahme bildet der „Einsiedlergraph“ mit sechs Äquivalenzklassen.

**Literatur:**

`www.minet.uni{}-jena.de/\~{}hrehlich/Bosspuzzle/bosspuzzle1HTM`

# 4 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 Lehrerausbildung.

Dr. Helmar Becker, Diplomphysiker und angehender Lehrer.

## 4.1 Energie- und Impulserhaltung

Alina Brehm
Betreuer: Dirk Kretschmer

**1. Energie und Energieerhaltungssatz**

Energie ist die Fähigkeit, Arbeit zu verrichten. Man unterscheidet beispielweise zwischen potentieller ($E_{pot}$) und kinetischer Energie ($E_{kin}$). Die potentielle Energie (Lageenergie) ist die Energie, die ein Körper allein durch seine Lage oder Position in einem konservativen Kraftfeld (z.B. Gravitationsfeld der Erde) besitzt:

$E_{pot} = m \cdot g \cdot h$, mit $m$ = Masse, $g$ = Erdbeschleunigung, $h$ = Höhe (Fallhöhe)

Diese kann sich in kinetische Energie (Bewegungsenergie) umwandeln:

$E = \frac{1}{2}mv^2$, mit $v$ = Geschwindigkeit

Der Energieerhaltungssatz sagt aus, dass sich die Gesamtenergie in einem abgeschlossenen System nicht mit der Zeit ändert. Dieses abgeschlossene System darf keinen Energie-, Informations- oder Stoffaustausch, sowie keine Wechselwirkung mit der Umgebung haben.

Auch bei der Reibung gilt die Energieerhaltung; allerdings wandelt sich dabei kinetische Energie in die (oft unerwünschte) Wärmeenergie um.

**2. Impuls und Impulserhaltung**

Der Impuls $\overrightarrow{p}$ eines Körpers ist eine physikalische Größe, die sich aus seiner Masse $m$ und seiner Geschwindigkeit $\overrightarrow{v}$ ergibt.

$\overrightarrow{p} = m\overrightarrow{v}$

Auch für den Impuls gibt es einen Erhaltungssatz:

Das Newtonsche Reaktionsprinzip besagt, dass eine Kraft, die ein Körper (A) auf einen Körper (B) in einem System ausübt, immer auch eine entgegengesetzte, gleichgroße Kraft bewirkt, die B auf A ausübt:

$F_{AB} = -F_{BA}$.

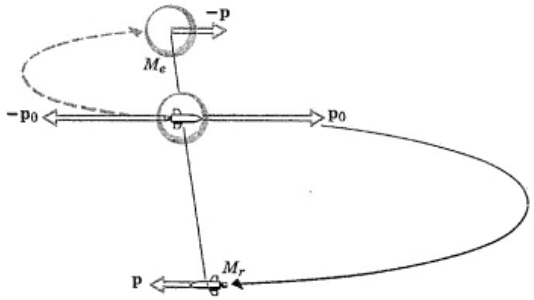
Da die auf einen Körper wirkende Kraft gerade der Ableitung seines Impulses nach der Zeit entspricht ( $F = \dot{p}$ ), ergibt sich daraus direkt die Impulserhaltung: $\dot{p}_1 = -\dot{p}_2$ , also $\dot{p}_1 + \dot{p}_2 = \frac{d}{dt}(p_1 + p_2) = 0$ , d. h. die zeitliche Änderung des Gesamtimpulses ist Null. Die (vektorielle) Summe der Impulse aller Körper in einem abgeschlossenen Systen (ohne äußere Kräfte) ist also ein konstanter Vektor, der sich nicht mit der Zeit ändert. Der Gesamtimpuls bleibt also erhalten.

Dazu haben wir beispielsweise ein Experiment mit einem Kugelspiel durchgeführt. Wenn die Kugel ganz rechts außen mit der Geschwindigkeit $v$ auf die anderen, in einer Reihe aufgehängten Kugeln trifft, stehen nach dem Stoß alle Kugeln bis auf die ganz linke still. Diese schwingt dann mit derselben Geschwindigkeit $v$ nach links weg – der Impuls (und in diesem Beispiel auch die kinetische Energie) bleibt erhalten.

**3. Und wozu muss man das wissen?**

Der Raketenantrieb beispielsweise basiert auf dem Rückstoßprinzip, welches auf der Impulserhaltung beruht. Die heißen Gase, die bei der Verbrennung des Treibstoffes entstehen, strömen mit einer hohen Geschwindigkeit aus der Austrittsdüse und erhalten damit einen nach hinten gerichteten Impuls. Da der Gesamtimpuls des Systems erhalten bleiben muss, wird der nach hinten gerichtete Impuls durch einen entgegen gesetzten gleichen Impuls nach vorne kompensiert, den die Rakete erhält. Dadurch wird die Rakete angetrieben.

Dies gilt so allerdings nur in großer Entfernung zu Himmelskörpern, da ansonsten die Gravitationskraft als äußere Kraft auf das Raketensystem wirkt. Wenn man innerhalb der Erdatmosphäre allerdings das Rakete-Brennstoff-Atmosphäre-Erde-System betrachtet, gilt der Impulserhaltungssatz auch hier: Die Rakete bekommt während der Brennperiode einen nach oben gerichteten Impuls, die ausströmenden Gase vermischen sich mit der Erdatmosphäre und übertragen so indirekt auch den Impuls auf die Erde.




Nach dem Ende der Brennperiode, wenn die Rakete die Erdatmosphäre verlassen hat, hat die Erde einen Rückstoß entgegengesetzt der Richtung der Bewegung der Rakete erhalten und besitzt den Impuls $-p_0$ , welcher genau entgegengesetzt gleich dem Impuls der Rakete $p_0$ ist. Dadurch bleibt der Gesamtimpuls des Systems unverändert. Danach bewegt sich die Rakete durch den Einfluss der Schwerkraft der Erde auf einer gekrümmten Bahn. Nach dem dritten Newtonschen Gesetz müsste die Kraft, die die Erde auf die Rakete ausübt, genau entgegengesetzt gleich der Kraft sein, die die Rakete auf die Erde ausübt. Der Gesamtimpuls des kombinierten Systems bleibt dadurch konstant.

Zu jedem späteren Zeitpunkt hat die Erde einen entgegengesetzt gleichen Impuls $-p$ zum Impuls der Rakete $p$. Die Erde beschreibt also eine Bahn, die eine seitenverkehrte Kopie der Umlaufbahn der Rakete ist. Allerdings ist die Erdbahn dadurch, dass die Masse der Erde sehr viel größer ist als die der Rakete, extrem verkleinert; die Geschwindigkeitsänderung der Erde ist tatsächlich unmerklich winzig:

$m_e \cdot v_e = m_r \cdot v_r$, daraus folgt: $\frac{v_e}{v_r} = \frac{m_r}{m_e}$

Wir führten zum Thema des Raketenantriebs ein Experiment mit einer Wasserrakete durch, die ihren Impuls dadurch erhält, dass mit einer Luftpumpe Luft in eine zu einem Drittel mit Wasser gefüllten Flasche gepumpt wird, bis der Überdruck ein Ventil öffnet und das Wasser ausströmt, sowie mit einer "Alkoholrakete", in der der gasförmige Alkohol mit einer Zündkerze zum Explodieren gebracht wird, wodurch der Rückstoß entsteht.

**4. Drehimpuls und Drehimpulserhaltung**

Der Drehimpuls $L$ ist der Impuls, den ein Teilchen erhält, wenn es sich auf einer kreisförmigen Bahn bewegt, also sich im Kreis dreht. Dabei ist $r$ der Radius:

$\overrightarrow{L} = \overrightarrow{r} \times \overrightarrow{p} = m\overrightarrow{r} \times \overrightarrow{v}$

mit

$\overrightarrow{v} = \overrightarrow{\omega} \times \overrightarrow{r}$,

wobei $\omega$ die Winkelgeschwindigkeit ist, wird der Drehimpuls zu

$\overrightarrow{L} = mr^2 \cdot \overrightarrow{\omega}$.

Den Term $mr^2$ bezeichnet man als Trägheitsmoment $J$, damit schreibt man:

$\overrightarrow{L} = J \cdot \overrightarrow{\omega}$

Wenn kein Dreh- oder Kraftmoment von außen auf das System wirkt (entsprechend der äußeren Kraft bei der Impulserhaltung), bleibt der Drehimpuls erhalten. Wir setzten beispielsweise eine Person auf einen Drehstuhl, gaben ihr jeweils ein Gewicht in jede Hand und versetzten sie dann in Drehung. Wenn sie die Arme anzog, wurde der Abstand der Hanteln von der Drehachse und damit das Trägheitsmoment $J$ verkleinert. Da der Drehimpuls erhalten bleiben muss, erhöht sich deshalb dementsprechend die Winkelgeschwindigkeit $\omega$:

$J_1 \cdot \overrightarrow{\omega}_1 = J_2 \cdot \overrightarrow{\omega}_2$

Im Eiskunstlauf beispielsweise wird beim Drehen von Pirouetten von diesem Prinzip ausgiebig Gebrauch gemacht.

**Literatur**

Atkins, Kenneth R.: *Physik. Die Grundlagen des physikalischen Weltbildes*. 2. erw. Aufl. 1986

Sexl, Raab, Streeruwitz: *Das mechanische Universum. Eine Einführung in die Physik*. Band 1. 3. Auflage 1996

Tipler, Paul Allen ; Mosca, Gene: *Physik für Wissenschaftler und Ingenieure*. 2. dt. Aufl. München; Heidelberg 2004

## 4.2 Verallgemeinerter Fluss und Exponentielle Prozesse

Julian Corbet
Betreuer: Alexander Droste

Viele physikalische Phänomene basieren auf einem linearen Zusammenhang zwischen dem Strom einer physikalischen Größe und einer zugehörigen Potentialdifferenz.

Man kann daher diese Vorgänge mit verallgemeinerten Formeln beschreiben; diese ermöglichen oftmals eine erleichterte Berechnung der zugehörigen Begebenheiten und einen leichteren Zugang zu der Materie. Hier lassen sich deutliche Ähnlichkeiten in der Physik erkennen.

Der Fluss von z.B. Flüssigkeiten, Elektronen, Teilchen, Impuls oder auch Wärme lässt sich

als Produkt einer versuchsbedingten Konstanten und einer Potentialdifferenz darstellen.

Die allgemeine Formel für Flusssysteme aufbauend auf linearen Potentialen lautet:

$$\frac{dx}{dt} = -k \cdot (P_2 - P_1)$$

Dieses Wissen kann man zur einfacheren Berechnung von Systemen, die dem Verallgemeinerten Fluss gehorchen, benutzen, da wir die speziellen Formeln der einzelnen Teilbereiche nun zusätzlich auch auf andere Bereiche anwenden können.

**Versuche zum Verallgemeinerten Fluss:**

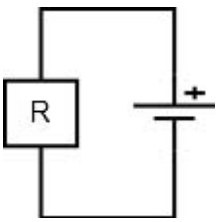
Um die Analogie zwischen beispielsweise dem elektrischem Strom und dem Fluss von Wärme zu zeigen, haben wir folgende Versuche durchgeführt:

1) Elektrischer Strom

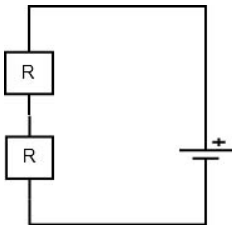
Das Ohmsche Gesetz lässt sich in Analogie zur obigen Gleichung schreiben als
$I = \frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{R}(\Phi_2 - \Phi_1) = \frac{U}{R}$ (mit der Ladung $Q$, dem Widerstand $R$ und der Spannung bzw. Potenzialdifferenz $U$).

Im Versuch haben wir die Proportionalitätsgröße R variiert:

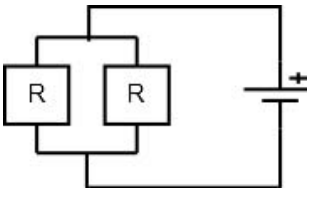
Versuchsparameter: U: 2V R: 100Ω




einfacher Widerstand




zwei gleiche Widerstände in Reihe




zwei gleiche Widerstände in Parallelschaltung

Messung:

| | |
|---|---|
| $I$ (einfacher Widerstand): | 19 mA |
| $I$ (Reihenschaltung): | 9 mA |
| $I$ (Parallelschaltung): | 34 mA |

2) Wärmeleitung

Die Wärmeleitung folgt einem ganz ähnlichen Gesetz: $\frac{dQ}{dt} = -\frac{1}{R_{th}}(T_2 - T_1)$ (mit der Wärmemenge $Q$, dem Wärmewiderstand $R_{th}$ und den Temperaturen $T_1$ und $T_2$)

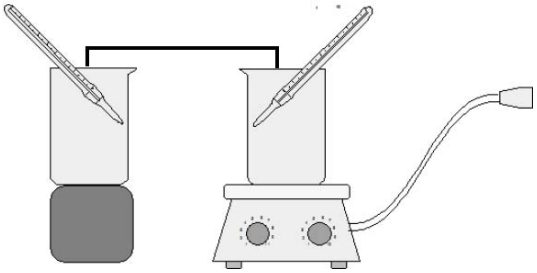
Auch hier haben wir in gleicher Weise die Proportionalitätsgröße $R_{th}$ variiert, indem wir unterschiedliche Wärmeleiter verwendeten:

a) einfaches Kupferverbindungsstück

b) 2 Kupferverbindungsstücke vom Typ a)

c) ein doppelt so langes Kupferverbindungsstück (in Bezug auf a))

Versuchsparameter: $\Delta T_{\text{Anfang}}$ = 76K $\Delta T_{\text{Ende}}$ = 72K $\Delta T_{\text{Überwunden}}$ = 4K



*Das rechte Reservoir (100°C) wurde mit dem linken Wasserbehälter über die Wärmeleiter a), b), c) verbunden. Nachdem sich das kalte Reservoir um 4K erwärmte, haben wir die Zeit gestoppt.*

Messung:

a) $t_{\text{Standardkupferbrücke}}$: ∼5 min.

b) $t_{\text{2 Kupferbrücken}}$: ∼3 min.

c) $t_{\text{Kupferbrücke mit doppelter Länge}}$: ∼9 min. 30s

Das Fazit aus unseren Versuchen ist, dass tatsächlich der verallgemeinerte Fluss gilt; die Wärmeleiter verhalten sich, wie man es vom Ohmschen Gesetz erwartet:

Bei doppelter Leiterlänge erhält man z.B. einen doppelt so großen "Wärmewiderstand" und damit auch eine doppelt so hohe Übertragungszeit.

Des weiteren wurden auch Vergleichsversuche zu dem Thema Diffusion und Flüssigkeitsstrom durchgearbeitet; hier haben wir die Durchflussrate bei verschiedenen Rohrlängen, sowie die Diffussion in einem Gefäß näher besprochen.

**Exponentielle Prozesse:**

Viele physikalische Phänomene lassen sich mit Exponentialfunktionen beschreiben.

Diese Funktionen zeichnen sich dadurch aus, dass sie einen konstanten Wachstumsfaktor besitzen. Die allgemeine Formel für Exponentialfunktionen lautet $y = a^x$.

In der Physik präferieren wir jedoch diese Darstellung des Wachstums-/Abfallprozesses:

$\frac{dW}{dt} = k \cdot W \Rightarrow W(t) = C \cdot e^{kt}$

Außerdem konnten wir Exponentialfunktionen auch dazu einsetzen, um physikalische Phänomene zu beschreiben, bei denen sich eine Physikalische Größe an einen Endwert annähert (**Exponentielle Annäherung**).

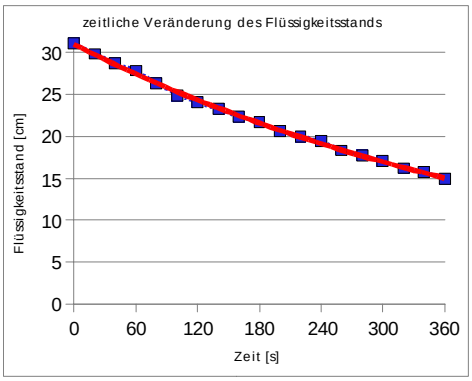
Zu den Phänomenen, die sich unter dem Begriff Exponentielle Vorgänge zusammenfassen lassen und daher auch untereinander ähnlich sind, gehören:

1. **Exponentielles Wachstum:**
   (a) Populationsentwicklung
2. **Exponentieller Abfall:**
   (a) Entladen eines Kondensators
   (b) Abfluss einer Flüssigkeit aus einem Behälter
   (c) Radioaktiver Zerfall
3. **Exponentielle Annäherung:**
   (a) Aufladen eines Kondensators
   (b) Abkühlung und Erwärmung
   (c) Füllhöhenausgleich zwischen zwei Flüssigkeitsbehältern
   (d) Grenzgeschwindigkeit beim Fall mit Reibung

Zu diesem Thema haben wir u.a. folgende Versuche erarbeitet und durchgeführt:

1. Grenzgeschwindigkeitsberechnung einer Stahl-/Gummikugel in Glycerin unter Berücksichtigung der Stokes-Reibung
2. Entladen eines geladenen Kondensators an einem Widerstand
3. Abfluss von Wasser aus einem Eimer

Indem wir die Messwerte ausgewertet haben, konnten wir jedes Mal eine Exponentialfunktion erkennen. Die Daten des Wasser-Abfluss-Versuches sind dem nebenstehenden Diagramm zu entnehmen. Auf einem Oszilloskop ließ sich eine ähnliche Kurve für das Entladen eines Kondensators ablesen.




$$h = 30,92cm \cdot e^{-0,002\frac{1}{s} \cdot t}$$

**Literatur:**

J. N. Shive, R. L. Weber: *Ähnlichkeiten in der Physik;* Springer-Verlag, (1982), pp. 1-56

## 4.3 Das allgegenwärtige kT

Alice Bertram
Betreuer: Dr. Frank Kramer

Das Produkt aus der Boltzmann-Konstante $k$ [J/K] und der absoluten Temperatur $T$ [K], eine Energie [J], ist in vielen Formeln der klassischen Physik als auch der modernen Quantenphysik allgegenwärtig. Um dieses Phänomen zu verstehen, haben wir auf der HSAKA 2008 unter anderem die kinetische Gastheorie, die barometrische Höhenformel und die spezifische Wärmekapazität von Gasen untersucht.

**Kinetische Gastheorie**

Die kinetische Gastheorie gilt streng genommen nur für die so genannten *idealen* Gase: Die Teilchen werden als Massepunkte ohne Eigenvolumen betrachtet, und es bestehen keine Anziehungskräfte zwischen den Teilchen. Demnach wechseln ideale Gase selbst bei sehr hohem Druck oder tiefen Temperaturen nicht in den flüssigen Aggregatzustand.

In einigen Experimenten haben wir das Verhalten von (näherungsweise idealen) Gasen untersucht. Dabei ergaben sich folgende Proportionalitätsbeziehungen:

1) $V \sim \frac{1}{p}$ (I)

(Diese Abhängigkeit überprüften wir mithilfe eines Gasthermometers.)

2) $V \sim T$ (II)

(Was wir mit einem Luftballon, der sich beim Abkühlen mit flüssigem Stickstoff sehr stark zusammen zog und beim Erwärmen auf Raumtemperatur wieder auf die ursprüngliche Größe ausdehnte, nachvollzogen haben.)

Mit der naheliegenden Proportionalität

3) $V \sim N$ (III)

($N$ = Anzahl der Moleküle) können wir (I) und (II) zusammenfassen zu $V \sim \frac{NT}{p}$. Einsetzen der Boltzmannkonstante $k = 1,38 \cdot 10^{23} J/K$ als Proportionalitätskonstante liefert das ideale Gasgesetz:

$p\ V = \mathrm{N}\ k\ T$ (IV)

Der Druck $p$ eines Gases in einem Würfel mit dem Volumen $V$ wird durch die Kraft $F$, die die Teilchen $N$ auf jede der sechs Seitenwände ausüben, erzeugt. Eine theoretische Betrachtung des entsprechenden Impulsübertrages auf eine dieser Flächen liefert:

$$pV = \frac{1}{3}Nm\bar{v}^2 = \frac{2}{3}N \cdot \frac{1}{2}m\bar{v}^2 = \frac{2}{3}N \cdot \bar{\epsilon}_{kin} \quad \text{(V)}$$

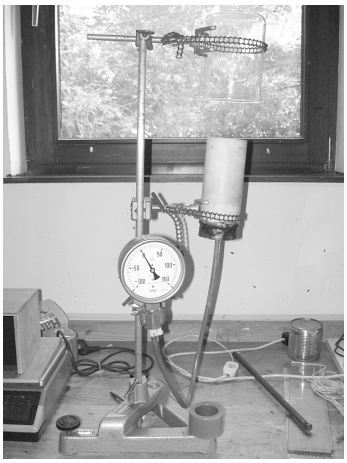
(mit $m$ = Masse eines einzelnen Teilchens, $\bar{v}^2$ = mittlere quadratische Geschwindigkeit und $\bar{\epsilon}_{kin}$ = mittlere kinetische Energie eines Gasteilchens).

Aus (IV) und (V) erhalten wir

$$\frac{1}{2}m\bar{v}^2 = \frac{3}{2}kT \quad \text{(VI)}$$

Der Ausdruck $\frac{3}{2}\,kT$ entspricht also der thermischen kinetischen Energie eines einzelnen Teilchens. Wie aber erklärt sich der merkwürdige Vorfaktor $\frac{3}{2}$? Zurückzuführen ist dies darauf, dass ideale Gase drei so genannte Translationsfreiheitsgrade besitzen. Für einen einzigen Freiheitsgrad - eine mögliche Bewegungsrichtung des Teilchens - beträgt die mittlere kinetische Energie demnach $\frac{1}{2}\,kT$.

Nach (VI) hängt die (Diffusions-)geschwindigkeit von Gasen bei konstanter Temperatur nur vom Molekulargewicht ab, womit sich auch folgendes Experiment (siehe Bild) erklären läßt: Leitet man Wasserstoffgas unter das über einen Tonzylinder gestülpte Becherglas, steigt der Druck im Zylinder zunächst stark an, nimmt aber wenig später wieder langsam ab. Letzteres lässt sich durch Entfernung des Becherglases beschleunigen, woraufhin im Tonzylinder ein signifikanter Unterdruck entsteht. Die Ursache für dieses Phänomen stellt die im Vergleich mit $N_2$ und $O_2$ (Hauptbestandteile der Luft) sehr hohe Diffusionsgeschwindigkeit von Wasserstoff dar, die auf dessen sehr geringe Molekülmasse zurückzuführen ist.



**Die Barometrische Höhenformel**
Der Luftdruck $p$ nimmt mit steigender Höhe $h$ exponentiell ab:

$$p = p_0\,\mathrm{e}^{-\frac{m_{Luft}gh}{kT}} \qquad \text{(VII)}$$

Da der Druckabfall gemäß dieser Gleichung von der Molekülmasse $m$ abhängig ist, ändert sich auch die Zusammensetzung der Luft in großen Höhen. Im Exponenten der Formel findet sich der Quotient aus potentieller Energie und $kT$, den wir auf die Boltzmann-Verteilung zurückführten.

Mit Hilfe des Behnschen Rohrs (und im Erlebnisbergwerke Merkers mit einem Barometer) veranschaulichten wir die Höhenformel. Analog zur Wasserwaage könnte man das Behnsche Rohr als Feuerwaage bezeichnen; befindet es sich im Gleichgewicht, brennt aus beiden Seiten eine Flamme gleicher Höhe. Selbst kleine Veränderungen der Balance bzw. des äußeren Luftdrucks führen zu unterschiedlichen Flammenhöhen, wobei die größere Flamme in Abhängigkeit vom Molekulargewicht der beteiligten Gase oben (Luft/Methan) oder unten (Luft/Propan) erscheinen kann.

**Spezifische Wärmekapazität von Gasen**

Die spezifische Wärmekapazität von Gasen $c$ definiert die Wärmeenergie, die pro Stoffmenge für die Erwärmung um 1 Grad benötigt wird. Da sich hierbei die innere Energie des Stoffes ändert, sind die Wärmekapazitäten abhängig von den Freiheitsgraden der Teilchen. Damit erklärt sich auch, dass ein zweiatomiges Gas bestehend aus Molekülen, die zusätzlich Schwingungs- und Rotationsfreiheitsgrade besitzen, eine höhere Wärmekapazität aufweist als ein einatomiges Gas, was wir durch ein Gedankenexperiment veranschaulichten.

**Literatur:**

J. N. Shive, R. L. Weber: *Ähnlichkeiten in der Physik;* Springer-Verlag, (1982), pp. 1-56

## 4.4 Wärmestrahlung

Felix Brüggemann
Betreuer: Dr. Frank Kramer

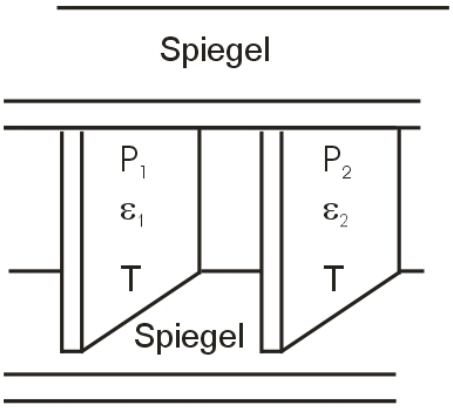
Es gibt drei Arten der Wärmeübertragung: Wärmeleitung, Wärmeströmung (auch Konvektion genannt) und Wärmestrahlung. Bei Wärmeleitung handelt es sich um Energieübertragung mittels (atomarer) Schwingungen, bei Wärmeströmung um Energietransport mittels bewegter Massen, während Wärmestrahlung Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung überträgt.

**Grundlegendes zur Wärmestrahlung**

Ein Körper kann elektromagnetische Strahlung aufnehmen (absorbieren) und abgeben (emittieren). Beides ist von der stofflichen Zusammensetzung des Körpers ebenso wie dessen Oberflächenbeschaffenheit abhängig und wird durch den Absorptionsgrad $\alpha$ bzw. Emissionsgrad $\varepsilon$ beschrieben, dimensionslose Größen mit einem Wertebereich zwischen 0 und 1.

Das Kirchhoffsche Strahlungsgesetz besagt, dass jeder mit seiner Umgebung im thermischen Gleichgewicht befindliche Körper bei gegebener Frequenz $\nu$ genauso viel Energie in Form von Strahlung wieder abgibt, wie er aufnimmt. Das heißt $\alpha(\nu) = \varepsilon(\nu)$, was sich mit Hilfe eines Gedankenexperimentes veranschaulichen lässt:

Es seien zwei von idealen Spiegeln ($\alpha = 0$) umgebene Platten mit unterschiedlichen Emissionsgraden, aber gleicher Temperatur, gegenübergestellt (siehe die Skizze).




Beide Platten strahlen Energie in Form von elektromagnetischer Strahlung einer bestimmten Frequenz $\nu$ ab, die erste mit der Leistung $P_1$, die zweite mit der Leistung $P_2$. Von der Leistung $P_1$, die der zweiten Platte zugesandt wird, absorbiert diese den Anteil $\alpha_2 P_1$ (der Rest wird reflektiert). In der anderen Richtung gilt Entsprechendes. Beide Leistungen müssen gleich sein, da eine Platte sonst von alleine wärmer und die andere von alleine kälter würde, was dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik widerspräche:

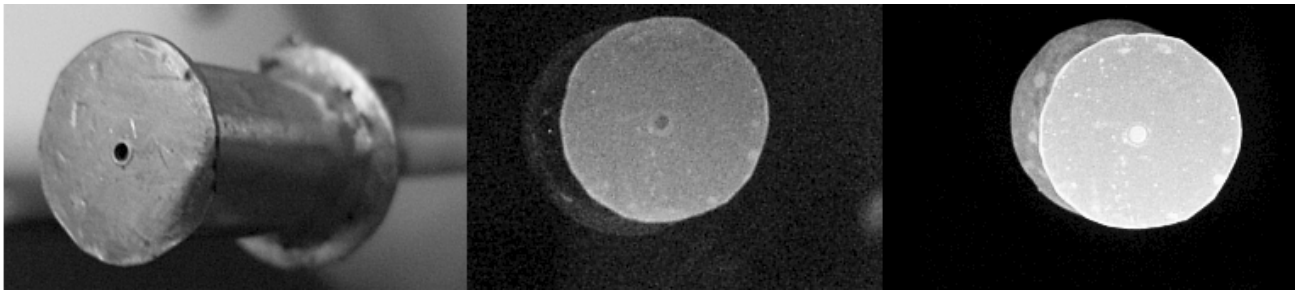
$$P_1 \alpha_2 = P_2 \alpha_1$$

Umgeformt ergibt dies die Beziehung $P_1 = \alpha_1 P_2 / \alpha_2$ bzw. die Proportionalität $P_1 \sim \alpha_1$. Dies heißt nichts anderes, als daß die von Platte 1 emittierte Leistung proportional deren Absorptionsgrad ist, woraus sich – da für deren Emissionsgrad dieselbe Proportionalität gilt – auf die oben beschriebene Gleichheit von Absorptions- und Emissionsgrad schließen lässt. Entsprechend dieser Tatsache werden in südlichen Ländern die Hauswände so gut wie immer weiß angestrichen, denn diese Farbe absorbiert und emittiert daher auch weniger Wärme ins Hausinnere als eine dunkle Wand.

Körper, die für das menschliche Auge schwarz aussehen, können unter Infrarot-Licht transparent erscheinen, das heißt Absorptionskoeffizienten sind oft stark wellenlängenabhängig (wodurch auch Farben entstehen). Es kann allerdings ein so genannter „schwarzer Körper“ definiert werden, der über alle Wellenlängen hinweg die gesamte auftreffende Strahlung absorbiert. Solch einen Körper gibt es in der Realität zwar nicht, er kann aber durch einen Hohlraum mit sehr kleiner Öffnung gut simuliert werden. Wenn Strahlung durch diese Öffnung fällt, wird sie im Inneren des Körpers immer wieder absorbiert und reflektiert, bis sie vollständig in innere Energie umgewandelt wurde bzw. mit

den Wänden des Körpers im thermischen Gleichgewicht steht. Der Absorptionsgrad dieses Körpers, der die so genannte Hohlraumstrahlung emittiert, entspricht daher annähernd 1.

Wir haben während unseres Vortrages einen solchen Hohlraum in Form eines Platinzylinders mit kleinem Loch in einer Seite mit einem Gasbrenner zum Glühen gebracht (siehe Foto).



Vor dem Erhitzen war praktisch keine sichtbare Strahlung aus dem Loch zu erkennen, es erschien schwarz. Als der Zylinder jedoch schon gelblich leuchtete, kam aus dem Loch eine Strahlung, die deutlich heller war als die des restlichen Körpers, entsprechend einem Emissionsgrad nahe 1.

**Das Spektrum des schwarzen Körpers**

Wird ein schwarzer Körper erwärmt, so nimmt die Intensität der von ihm emittierten Strahlung immer weiter zu, was durch das Stefan-Boltzmannsche Gesetz beschrieben wird:

$P = \varepsilon\sigma AT^4$

Darin ist $P$ die emittierte Leistung, $A$ die strahlende Oberfläche, $e$ der Emissions- bzw. Absorptionsgrad, $T$ die absolute Temperatur und $\sigma$ die Stefan-Boltzmann-Konstante, eine Naturkonstante mit dem Wert $5,670310^{-8}W/(m^2K^4)$.

Das Maximum der spektralen Strahlungsdichte eines schwarzen Körpers verschiebt sich mit zunehmender Temperatur in Richtung kürzerer Wellenlängen, was durch das Wiensche Verschiebungsgesetzt beschrieben wird, mit dessen Hilfe zum Beispiel die Temperatur der Sonne oder entfernter Sterne bestimmt werden kann:

$\lambda_{max} = (2.898\ mmK)/T$

(darin ist $\lambda_{max}$ die häufigste Wellenlänge im Spektrum des schwarzen Körpers).

Max Planck war der erste, dem es gelang, das Spektrum der spektralen Strahlungsdichte eines schwarzen Körpers vollständig zu berechnen, was allerdings die (zunächst willkürliche) Einführung der Quantelung von Energie notwendig machte. Diese später vielfach experimentell bestätigte Quantenhypothese läutete das Ende der klassischen Physik ein und sichert dem schwarzen Körper einen Ehrenplatz in der Geschichte der Physik.

**Bedeutung von Wärmestrahlung im Alltag**

Beispiele hierfür stellen unter anderem der Treibhauseffekt und solarthermische Anlagen dar.

**Literatur**

W. Martienssen, *Einführung in die Physik IV*, S. 682-692,
Tipler, *Physik*, 2. Auflage, 632-635,
Gerthsen, *Physik*, 23. Auflage, 573-581,
Staudt, *Physik*, Teil 2, S.275-278.

## 4.5 Festkörper und ihre Leitfähigkeit

Ramin Karbalaie
Betreuer: Burkhard Ramm

**Halbleiterelektronik**

Festkörper unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Leitfähigkeit. Man unterscheidet dabei zwischen Leitern (Stoffe, die den elektrischen Strom leiten können), Nichtleitern (Isolatoren) und so genannten Halbleitern.

**Ursachen der unterschiedlichen Leitfähigkeit von Festkörpern:**

Damit ein Medium elektrischen Strom leiten kann, müssen freie Ladungsträger vorhanden sein. Da bei Festkörpern die Atome ortsfest sind, wird der Ladungstransport hauptsächlich durch Elektronen verursacht.

Für die Leitfähigkeit sind zwei Faktoren entscheidend:

1. die Zahl der freien Elektronen pro Volumeneinheit und
2. die Beweglichkeit der Elektronen

Metalle haben typische Elektronendichten von $10^{22}$ Elektronen pro $cm^3$ , dagegen liegt sie in Halbleitern im Bereich von $10^{10}$ bis $10^{13}$ Elektronen pro $cm^3$ . Die viel größere Anzahl von freien Elektronen in Metallen macht diese zu guten elektrischen Leitern. Andererseits ist die Beweglichkeit der Elektronen in Halbleitern um das 30- bis 100fache höher als in Metallen. Ladungsträgerdichte und -beweglichkeit führen zu interessanten Effekten, wenn man die Temperaturabhängigkeit der Leitfähigkeit dieser Stoffe untersucht. Wir haben den Widerstand eines Metalldrahtes und eines Germaniumsplitters jeweils bei Zimmertemperatur und nach Erwärmung mit einem Feuerzeug untersucht. Der Widerstand des Metalldrahtes stiegt bei Erwärmung stark an, während der Widerstand des Halbleiters von 8000Ω auf 30Ω sank. Die Erklärung liegt in der größeren Schwingung der ortsfesten Atomrümpfe, welche so die Bewegung der Elektronen mit steigender Temperatur stärker behindern. Gleichzeitig stieg aber beim Halbleiter die Anzahl der freien Elektronen stark an, während diese bei den Metallen nahezu gleich blieb. Da bei Halbleitern der zweite Effekt den ersten überwiegt, führt dies zum unterschiedlichen Verhalten von Metallen und Halbleitern bei Temperaturerhöhung.

**Leitungsmechanismus bei Halbleitern**

Löst sich ein Elektron in einem Halbleiter von seinem Atom, so bleibt eine Fehlstelle zurück. Es entsteht ein Ladungsträgerpaar, ein Elektron und Lücke (Loch). Beide können sich nun durch den Festkörper bewegen und zur Leitung beitragen. In einem reinen Halbleiter (beispielsweise Silicium) existieren ständig genauso viele freie Elektronen wie Löcher.

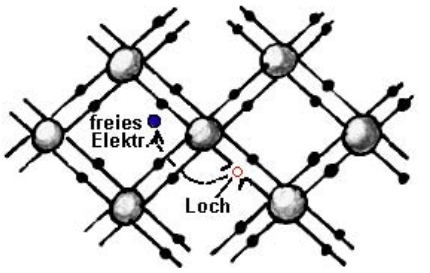
**Dotierung von Halbleitern**

Da Halbleiter verhältnismäßig wenig freie Ladungsträger besitzen, versucht man dies zu erhöhen, indem man ihnen Fremdatome hinzufügt. Dadurch wird die Leitfähigkeit gesteigert. Dieser Vorgang wird als „Dotierung“ bezeichnet. Es wird zwischen zwei verschiedenen Formen von Dotierungen unterschieden, der n- und der p-Dotierung.

**p-n-Übergang: Diode**

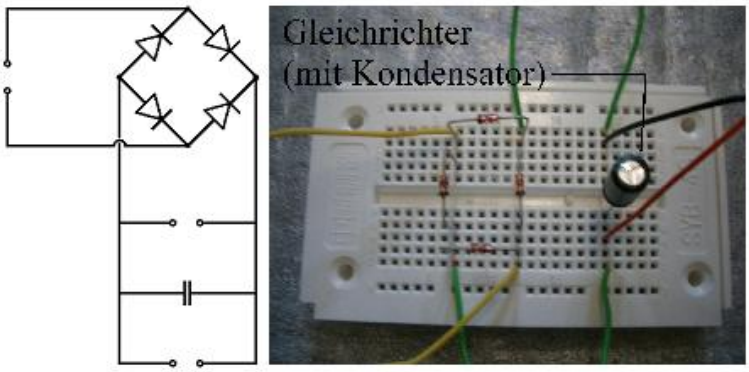
Bringt man einen p-Leiter und einen n-Leiter ohne äußere Spannung in Kontakt, so diffundieren durch die Konzentrationsunterschiede die Elektronen und Löcher durch die Kontaktstelle hindurch.

Dotiert man den Halbleiter mit 5-wertigen Atomen (z. B. Phosphor), so erhält man einen n-Leiter. Das zusätzliche Elektron des Fremdatoms kann sich sehr leicht von seinem Atom lösen. Man erhält ein Material welches mehr Elektronen als Löcher besitzt. Im Gegensatz dazu ist ein p-Leiter mit 3-wertigen Fremdatomen (z. B. Aluminium) versetzt, was zu einer erhöhten Anzahl von Löchern führt.



Entstehung von Ladungsträgerpaaren

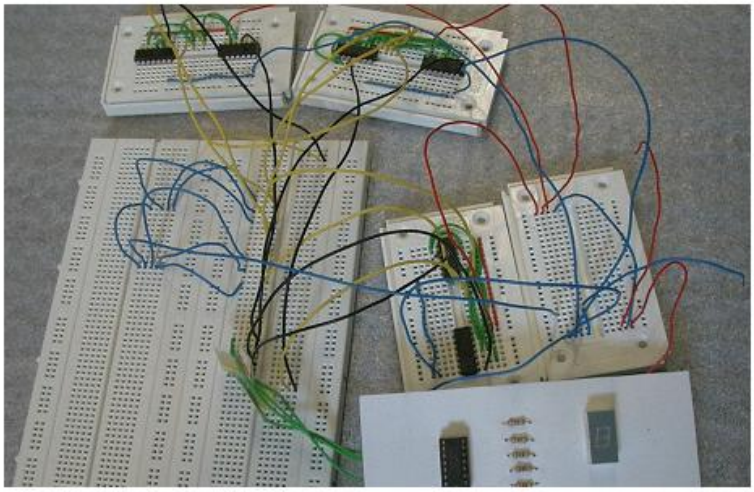
Trifft nun ein Elektron auf ein Loch, so springt das Elektron in die freie Stelle (Rekombination). Die freien Ladungsträger vernichten sich in diesem Bereich gegenseitig und es bildet sich eine Zone mit sehr wenigen freien Ladungsträgern. Man spricht von einer Sperrschicht. Schließen wir nun an den p-Leiter den Minuspol und an den n-Leiter den Pluspol einer Spannungsquelle an, stellen wir fest, dass die angelegte Spannung die Sperrschicht weiter vergrößert, so dass kein Strom fließt. Ändern wir jedoch die Polung, werden die Ladungsträger in die Sperrschicht gezogen. Erreicht die Spannung dabei einen kritischen Wert (bei Silicium etwa 0,7V), so wird diese Sperrschicht aufgehoben und Strom kann durch die Rekombination von Löchern und Elektronen fließen. Der p-n-Übergang sorgt also für einen fließenden Strom vom p- zum n-Leiter. Das Resultat ist ein elektronisches Bauelement, welches den Strom nur in eine Richtung zulässt, man nennt es Diode.




Als eine Anwendung haben wir ein sehr einfaches Netzteil aus Dioden aufgebaut, welches eine sinusförmige Wechselspannung in eine Gleichspannung umwandelte.

**Weitere Halbleiterbauelemente und Anwendungen**

Weiterhin untersuchten wir komplexere Halbleiterbauelemente, wie den Transistor, welcher aus einer npn- oder auch pnp-Abfolge von Dotierungsschichten besteht. Mit ihm lassen sich Ströme verstärken bzw. Schalten, ähnlich wie bei einem Relais. Durch geschickte Kombination solcher Halbleiterbauelemente kann man logische Schaltungen realisieren. Wir bauten ein logisches „Und“-Gatter aus 2 Transistoren und untersuchten dessen Verhalten. Im weiteren Verlauf bauten wir immer komplexere logische Schaltungen, was am Ende in der Realisierung eines kleinen Computers gipfelte, welcher 2 Zahlen zwischen 0 und 7 addieren konnte.

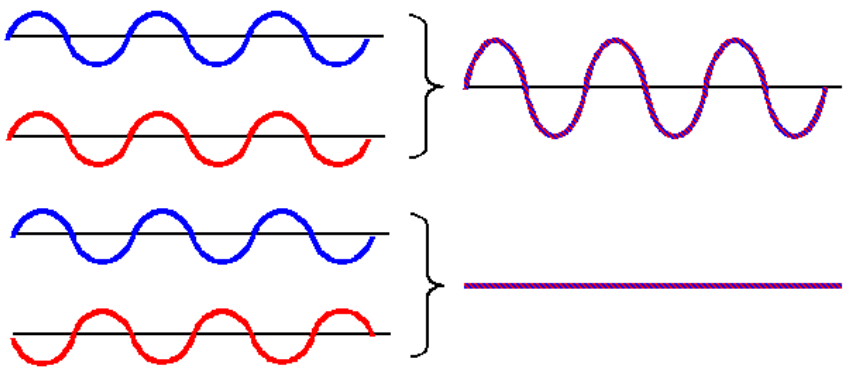


## 4.6 Interferometrie

Malte Mathern
Betreuer: Dirk Kretschmer

### Interferenz und Interferometrie

**1. Interferenz und Kohärenz**
Unter Interferenz versteht man die Wechselwirkung von Wellen, wobei insbesondere zwischen „konstruktiver“ (verstärkender) und „destruktiver“ (auslöschender) Interferenz unterschieden wird. Welche Form von Interferenz zu Stande kommt, hängt vom Gangunterschied (Δx) zwischen den interferierenden Wellen ab. Für konstruktive Interferenz beträgt der Gangunterschied ganzzahlige Vielfache der Wellenlänge ($\lambda$): Δx = m·$\lambda$ (m ∈ 0, 1, 2 ...) und für destruktive Interferenz eine halbe Wellenlänge Phasendifferenz gegenüber der anderen Welle:
Δx = (2m -1) $\lambda/2$ (m ∈ 0, 1, 2 ...)

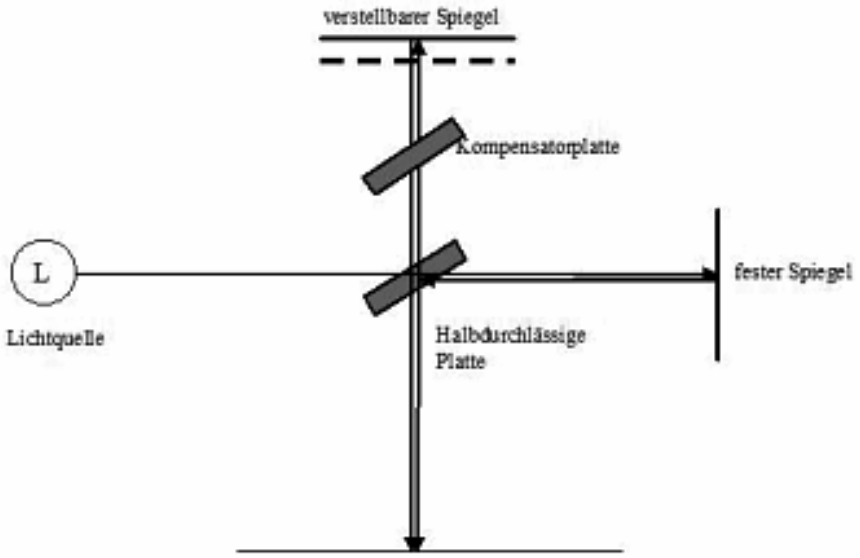


Wichtig für die Interferometrie ist die Kohärenz von Wellen, d. h. die Fähigkeit von Wellen, in einer konstanten Phasenbeziehung zu verbleiben. Für normales Licht ist die Kohärenzlänge ($\Delta l_c$), also die Wegstrecke, die das Licht zurücklegt, bis es nicht mehr kohärent ist, sehr kurz. Sie liegt bei ungefähr 900nm ($1nm = 1 \cdot 10^{-9}m$), was ca. zwei Wellenlängen von Licht im sichtbaren Spektrum entspricht.

Daher werden für die meisten Interferometer, die mit Licht arbeiten, eine monochromatische Lichtquelle mit geringem Frequenzspektrum verwandt. In der Regel handelt es sich dabei um Laser, da diese Kohärenzlängen bis zu mehreren Kilometern haben können, was präzise Interferometrie auch bei größeren Gangunterschieden ermöglicht.

**2. Beispiele für Interferenz und Interferometrie**

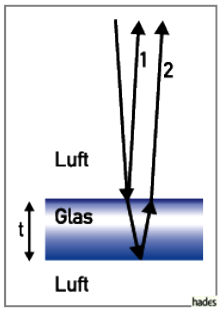
Wir haben unter anderem Experimente mit dem Michelson-Interferometer durchgeführt. Der Lichtstrahl wird aufgespalten und durch Reflexion an zwei Spiegeln und einem Halbspiegel (Strahlenteiler) zurück in einen Detektor gelenkt, wobei die Lichtstrahlen interferieren. Durch Variation des Abstands der Spiegel zum Strahlenteiler lässt sich der Gangunterschied der Lichtwellen regulieren.




Ursprünglich wurde das Experiment zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit in Abhängigkeit der Position der Erde zu Sonne und zum Nachweis des „Ätherwinds“ entwickelt. Als sich dabei herausstellte, dass die Lichtgeschwindigkeit c unabhängig vom Bezugssystem konstant ist, sorgte es für den Zusammenbruch der Äthertheorie und lieferte damit die Grundlage für Albert Einsteins Spezielle Relativitätstheorie. Die Interferometrie bietet äußerst empfindliche Messmethoden und wird daher vielfältig eingesetzt, beispielsweise um Linsen (auch von Brillen und Kontaktlinsen) auf ihre Qualität zu prüfen. In der Akustik werden destruktive Interferenzen benutzt, um zu laute und/oder störende Geräusche zu filtern (z.B. in Kopfhörern von Flugzeugpiloten und auf Konzerten, um Ohrschäden durch zu laute Musik vorzubeugen).

Wir haben auch Interferenzen aus dem Alltag untersucht, nämlich an der Oberfläche einer CD und einer Seifenhaut. Hierbei handelt es sich um eine Interferenz an einer sehr dünnen Schicht. Dabei wird das Licht einmal an der Oberfläche gespiegelt, wobei es zu einem Phasensprung von $\lambda/2$ kommt und einmal an der Unterseite der dünnen Schicht reflektiert (ohne Phasensprung!).

Das zurückgeworfene Licht interferiert auf dem „Rückweg“ zum Auge des Betrachters, wobei bestimmte Wellenlängen (konstruktiv) verstärkt und andere (destruktiv) ausgelöscht werden. Dadurch entstehen viele bunte Streifen. Sobald die Dicke der dünnen Schicht (t) gegenüber der Wellenlängen des sichtbaren Lichtes vernachlässigbar klein wird ($t < 0{,}1\ \lambda$) – wie in unserem Versuch mit einer Seifenhaut – entsteht durch völlige destruktive Interferenz im sichtbaren Spektrum sogar ein schwarzer




Streifen. Durch diese Kenntnisse war es uns auch möglich, den Spurabstand einer CD zu bestimmen, indem wir berechneten, wie stark eine bestimmte Wellenlänge von der Interferenz an der Unterseite der CD beeinflusst wurde.

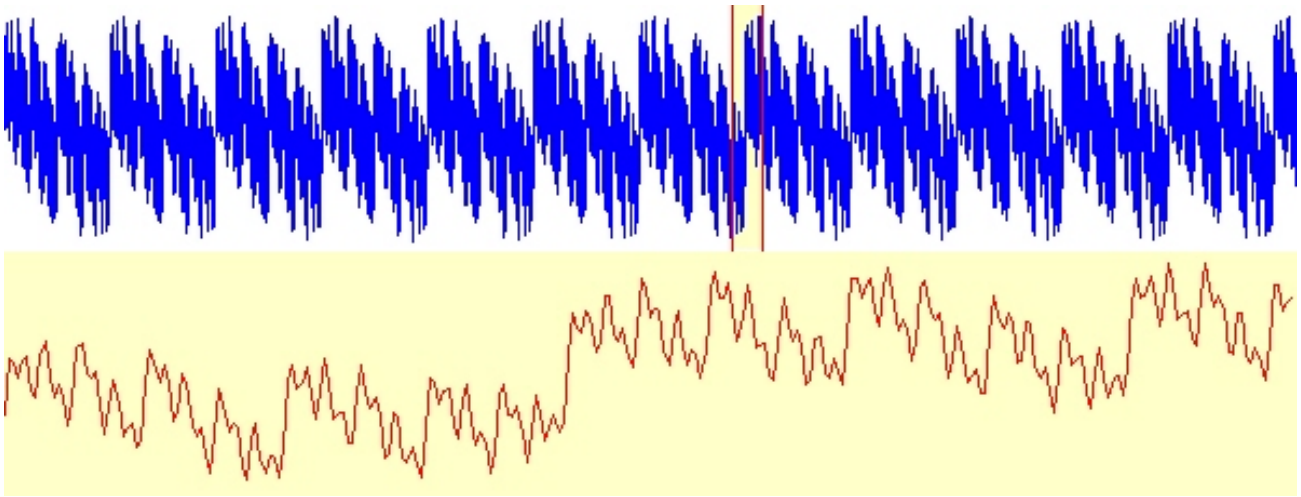
**Literatur**

Gerthsen, Christian: *Physik. Ein Lehrbuch zum Gebrauch neben Vorlesungen*. 13. Aufl. Berlin/Heidelberg/New York 1977.
Hecht, Eugene. *Optik*. 4. überarbeitete Aufl. München 2005
Shive, J. N. und Weber, R. L.: *Ähnlichkeiten in der Physik – Zusammenhänge erkennen und verstehen*. 1. Aufl. Berlin 1993.

## 4.7 Die Fourieranalyse

Annika Walter
Betreuerin: Natalija Krüger

Licht- und Schallwellen können als Kurven und Graphen dargestellt werden. Eine solche Schwingung liegt meist als nicht sinusförmiger Graph vor, sondern als sogenannte anharmonische Schwingung. Verschiedene sinus- oder cosinusförmige Wellen (harmonische Schwingungen) mit unterschiedlichen Amplituden und unterschiedlichen Phasenwinkeln überlagern sich hierbei.



*Beispiel für die Überlagerung von Schwingungen: graphische Darstellung eines Tones (aus: http://www.schulphysik.de)*

Jede zeitlich periodische, anharmonische Schwingung lässt sich in unendlich viele harmonische Teilschwingungen zerlegen. Das Verfahren wurde im 18. Jahrhundert von JEAN BAPTISTE FOURIER (*21. März 1786; †16. Mai 1833) entwickelt, der seine Hypothese 1822 in der „*Théorie analytique de la chaleur*“, in der er sich mit Temperatur und Wärmeleitung beschäftigte, darlegte. Die Darstellung in Form von unendlichen harmonischen Schwingungskomponenten bezeichnet man daher als „*Fourierreihe*“, die Aufgliederung selbst als „*harmonische Analyse*“ oder „*Fourieranalyse*“.
Die mathematische Darstellung der Fourierreihe hat folgende Form:

$$y(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} \left(a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t)\right)$$

Genauso, wie sich eine anharmonische Schwingung in ihre harmonischen Schwingungskomponenten zerlegen lässt (*Fourieranalyse*), so kann man aus solchen Schwingungskomponenten durch Überlagerung auch wieder eine periodische anharmonische Schwingung erzeugen. Dieses Verfahren wird als „*Fouriersynthese*“ bezeichnet. Beides haben wir mit verschiedenen Demonstrationsprogrammen veranschaulichen können.

Angewendet werden Fourieranalyse sowie Fouriertransformation in verschiedenen Bereichen. Eine große Rolle spielen sie in der Musik, wo sie für die Analyse und Synthese von Klängen benötigt werden. Auch ermöglicht eine Zerlegung von anharmonischen Schwingungen in einzelne Komponenten die Übermittlung und längerfristige Speicherung von Bildern oder Klängen (beispielsweise bei der Übertragung in Radio und Fernsehen oder der Herstellung einer CD oder DVD). In der Sprachanalyse wird das Verfahren angewandt, um Worte zu identifizieren (computergesteuerte Ansagen, Auskunft...). In der Informatik dienen Fourieranalyse und Fouriertransformation zur Bildbearbeitung oder Bildmanipulation.

Das Ergebnis der Fourieranalyse bei Schall bezeichnet man auch als Oberton- oder Klangspektrum. In mehreren Experimenten mit einem Mikrofon und einer Sound-Bearbeitungssoftware konnten wir Zusammenhänge zwischen dem Obertonspektrum und der Klangfarbe eines Tons oder dem gesprochenen Laut eines Menschen erkennen. Durch Veränderung im Obertonspektrum konnten wir auch Klänge und Laute ändern; so wurde beispielsweise aus einem gesprochenen "a" ein "o" oder "m".

Die Fouriertransformation tritt jedoch auch in optischen Experimenten auf: In einem Experiment haben wir ein Objekt (Dia) mit parallelem Licht angestrahlt und über eine Kombination von verschiedenen Linsen auf einem Schirm abgebildet. Am Ende dieser Linsenkombination befindet sich die „*Fourierebene*“. Diese zeigt das Beugungsmuster des Objektes (0. , 1. , 2. , ... , n. Beugungsordnung). Die Informationen über feine Strukturen des Objekts treten erst in höheren Ordnungen hervor. Wenn nun eine Blende in dieser Fourierebene platziert wird, verändert sich das Bild auf dem Schirm. Lässt die Blende beispielsweise nur noch die 0. Beugungsordnung eines regelmäßigen Musters des Dias passieren, so verschwindet dieses Muster aus dem Bild, während andere Details weiterhin sichtbar bleiben. Auf diese Weise haben wir beispielsweise ein Streifenmuster aus einem Portrait entfernt, ohne das abgebildete Gesicht zu stören. Mit solchen Methoden lassen sich beispielsweise Kratzer aus einem Bild herausfiltern.

**Literatur:**

„*Optik*“ von E. Hecht, Oldenburg-Verlag, Auflage von 2005;

`http://www.geogebra.org`;

`http://falstad.com/fourier`;

`http://www.schulphysik.de\par`

## 4.8 Transformatoren und Impedanzanpassung

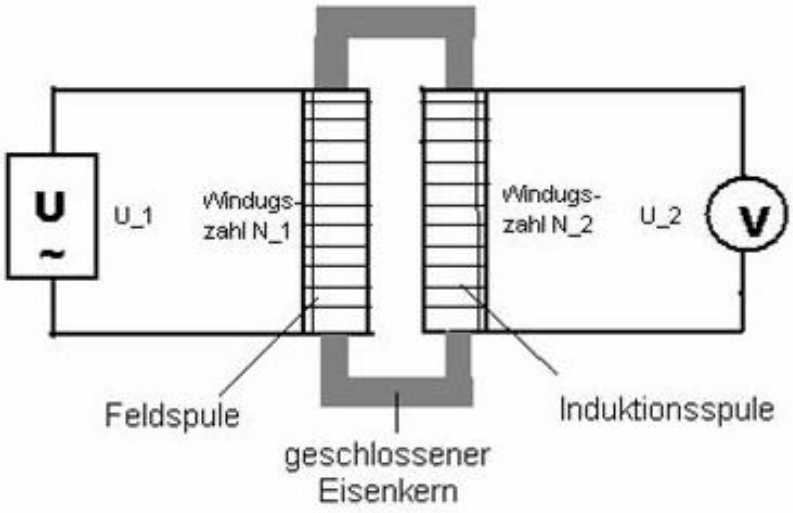
Nora Schotten
Betreuer: Alexander Droste

### 4.8.1 Einleitung

In der Physik und Technik sind Transformatoren dafür da, Spannungen und Ströme zu verändern, in einer Verallgemeinerung des Prinzips aber beispielsweise auch Kräfte, Wege und Geschwindigkeiten. Jeder hat schon mit Transformatoren Erfahrungen gemacht, wie zum Beispiel mit einem Stemmeisen, um einen schweren Gegenstand zu bewegen. Transformatoren haben im Wesentlichen zwei Anwendungen:

1. zum Herauf- und Herabsetzen einer Größe
2. zur Impedanzanpassung, um die Leistungsübertragung von einer Quelle auf eine Last zu maximieren oder anderweitig zu regeln.

### 4.8.2 Aufbau eines Wechselstromtransformators




Elektrische Transformatoren bestehen aus einer Feldspule (Primärspule) und einer Induktionsspule (Sekundärspule). Beide Spulen sitzen auf einem geschlossenen Eisenkern und zwischen ihnen gibt es keine elektrische Verbindung. Die Feldspule wird an eine Energiequelle mit Wechselspannung angeschlossen. Im Eisenkern entsteht dann ein Magnetfeld, das sich ständig ändert. Durch diese Magnetfeldänderung kommt es zur Induktion: Die in der Sekundärspule induzierte Spannung ist proportional zur zeitlichen Ableitung des magnetischen Flusses. Dieses FARADAYsche Induktionsgesetz, angewendet auf die oben beschriebene Schaltung, liefert das Spannungsübersetzungsverhältnis des Transformators:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Bei einem Transformator wird von der Quelle nur so viel Leistung genutzt, wie der Verbraucher benötigt. Damit erhält man für das Stromübersetzungsverhältnis:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Der Wirkungsgrad von Transformatoren erreicht nie 100% (idealer Transformator), er kann aber sehr hoch sein, 98% sind keine Seltenheit. 2% der Leistung gehen in modernen Transformatoren durch Wirbelströme im Transformatorkern und durch den ohmschen Widerstand der primären und sekundären Spulen verloren.

Da in Gleichstromkreisen die zeitliche Änderung des Stroms und des Magnetfelds gleich Null ist, können Induktionstransformatoren nicht mit Gleichstrom betrieben werden. Es gibt allerdings auch spezielle Gleichstromtransformatoren mit ganz anderer Funktionsweise, die jedoch nur für kleine Stromstärken geeignet sind.

### 4.8.3 Verwendung in der Elektrotechnik

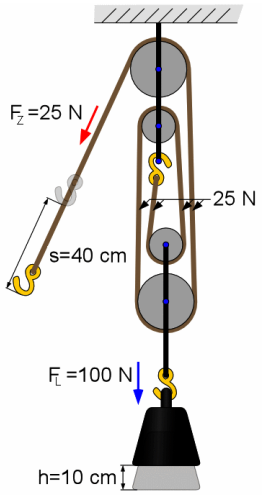
Drehspulgeneratoren erzeugen elektrische Energie mit Spannungen bis zu mehreren tausend Volt. Bei einer Übertragung von elektrischer Energie auf langen Leitungen werden mit hohen Spannungen und niedrigen Strömen die Wärmeverluste $P = I^2R$ in den Leitungsdrähten reduziert. Eine Übertragungsspannung von 220000 oder 380000 V ist üblich, höhere Spannungen sind schwierig, da die Isolierung dann ein größeres Problem darstellt.

Zur Demonstration des Prinzips und seiner möglichen Anwendungen brachten wir einen Nagel zum Schmelzen. Der verwendete Transformator hatte 500 Windungen auf der Primärspule und 5 Windungen auf der Sekundärspule. Der sekundärseitig angeschlossene Nagel (Durchmesser 5,6 mm) begann nach kurzer Zeit aufgrund der hohen Stromstärke (ca. 600 A) zu glühen und schmolz durch.

Ein weiterer Versuch war der Teslatransformator. Beim Teslatransformator wird eine sehr hohe Spannung erzeugt (bei geringer Stromstärke). Wir schlossen einen Hochspannungstransformator an eine Spannung von 230 V an. Da die Primärspule nur 500 Windungen und die Sekundärspule 23000 Windungen hat, erzeugten wir eine Spannung von ungefähr 10000 V. Über diese Spannung wird der Kondensator aufgeladen. Wenn der Kondensator geladen ist, entleert er sich über die Funkenstrecke und den Teslatransformator. Der Teslatransformator besteht aus wenigen Windungen auf der Primärspule (etwa 8) und sehr vielen Windungen auf der Sekundärspule; deswegen wurde die bereits hochtransformierte Spannung noch einmal auf einige 100000 V hochtransformiert, so dass aus der Spitze Funken mit einigen Zentimetern Länge sprühten. Wegen der extrem geringen Stromstärke und der hohen Frequenz ist dies jedoch für den Menschen ungefährlich.

### 4.8.4 Mechanische Transformatoren

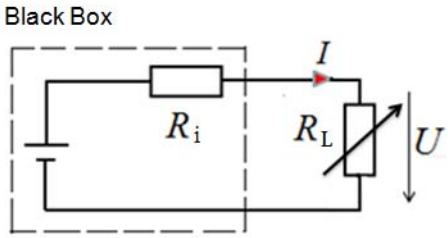
Ein Beispiel für einen mechanischen Transformator ist der Flaschenzug. Die Gegenstücke von Spannung und Stromstärke sind hierbei Kraft und Weg. Wenn man mit weniger Kraft arbeiten möchte, muss man eine größere Strecke überwinden. Hierzu hängten wir zwei Eimer, mit Wasser gefüllt, an einen Flaschenzug. In dem Eimer der zu hebenden Last waren 8 Liter Wasser eingefüllt, und in den Eimer, der die Last anheben soll, füllten wir 2 Liter Wasser ein, um den Eimer mit den 8 Litern Wasser anzuheben.




### 4.8.5 Impedanzanpassung

In der Physik versteht man unter Impedanz den Wellenwiderstand eines Systems. Allgemeiner kann man die Impedanz als Quotient von Ursache und Wirkung verstehen. Als Beispiel sei der ohmsche Widerstand angeführt: Dieser ergibt sich aus dem Quotient von Spannung (Ursache) und Strom (Wirkung). Bei der Impedanzanpassung geht es unter anderem darum, die Leistungsübertragung von einer Energiequelle auf einen „Verbraucher“ zu maximieren. Um uns dies zu verdeutlichen, bauten wir eine elektrische Schaltung auf, die aus einer unbekannten Spannungsquelle (Black Box) und einem veränderlichen Widerstand bestand.

Neun verschiedene Widerstandswerte wurden eingestellt und bei jedem wurden die jeweiligen Werte für Stromstärke I und Spannung U aufgenommen.

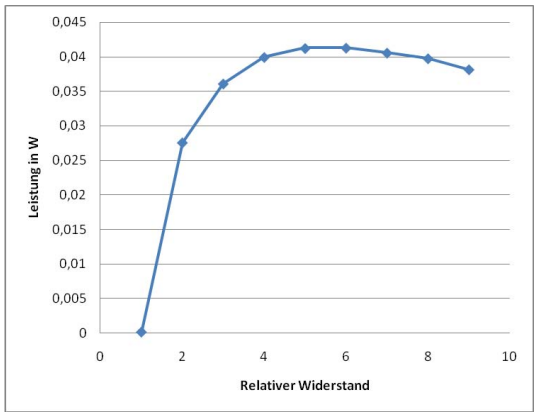



In der folgenden Graphik ist das Produkt aus Spannung und Strom in Abhängigkeit zu den verschiedenen Widerstandswerten aufgetragen.

Das Maximum der Leistung liegt im Bereich des relativen Widerstandwertes 5. Das verwendete Potentiometer hat einen maximalen Widerstand von 1 kΩ. Der Widerstand in der Black Box beträgt 470 Ω. Die Messung legt die Vermutung nahe, dass für maximale Leistung am Lastwiderstand $R_i = R_L$ gelten muss.

Diese Vermutung lässt sich mathematisch beweisen, indem man bei der Funktion $P(R_i, R_L)$ nach Extremwerten sucht.

Ein weiteres Beispiel zur Impedanzanpassung kann man sich mit einem Wasserboot veranschaulichen. Dafür haben wir dem Boot drei unterschiedlich große Schiffsschrauben aufgesetzt. Wir untersuchten mit einer Federwaage, welche Schrauben den stärksten Vortrieb lieferten. Durch unsere Mes-




sungen stellten wir fest, dass die mittlere Schiffsschraube am besten auf den Motor und das Medium (Wasser) abgestimmt war und daher die maximale Schubleistung auf das Wasser ausübte.

Allgemein geht es bei der Impedanzanpassung darum, einen Impedanzsprung zwischen zwei Systemen oder Medien zu vermeiden bzw. zu minimieren. Transformatoren stellen eine Möglichkeit dar, um dies zu erreichen.

**Literatur:**

J. N. Shive, R. L. Weber: *Ähnlichkeiten in der Physik;* Springer-Verlag, (1982), pp. 1-56

# 5 Informatikkurs

**Lügen mit Bildern**

„Wer die Bilder beherrscht, beherrscht die Köpfe." [Microsoft-Gründer Bill Gates]. Kaum ein Bild, das uns in Zeitschriften, im Fernsehen, im Kino, im Internet begegnet, ist heute unbearbeitet - quasi alle Bilder sind manipuliert und zwar so perfekt, dass kaum jemand auf Anhieb sagen kann, was und wie viel verändert wurde: Ob eine kleine technische Verbesserung erfolgte oder eine Lüge verbreitet wird. „Photoshopping" ist zum Akronym für eine bestimmte Klasse von Manipulationen geworden.

Die Techniken und Algorithmen werden ständig weiter verbessert - ein Laie hat überhaupt keine Chance mehr, den Wahrheitsgehalt eines Bildes oder einer Videosequenz zu beurteilen. Im Allgemeinen ist es nicht einfach, solche Manipulationen zu erkennen: Techniken aus der Bildforensik sind dazu aber in der Lage.

Wir wollen also einerseits diverse Techniken zur Bildmanipulation kennen lernen, andererseits uns um Erkennungsalgorithmen für Manipulationen kümmern. Wir werden diese Möglichkeiten sowohl theoretisch untersuchen wie praktisch erfahren. Grundkenntnisse der Informatik sind hilfreich; manche Themen werden aber auch ohne Informatikkenntnisse bearbeitbar sein.

**Kursleitung**:

Dr. Detlef Krömker, Professor für Informatik (Graphische Datenverarbeitung) an der Johann Wolfgang Goethe - Universität/ Frankfurt.

Dr. Jürgen Poloczek, Fachleiter für Informatik und Mathematik am Studienseminar Oberursel, Lehrbeauftragter für Didaktik der Informatik an der Johann Wolfgang Goethe - Universität/Frankfurt.

## 5.1 Seam Carving

Stefan Thoß & David Dahlen
Betreuer: Dominik Christ & Andreas Fischer

Im Gegensatz zu anderen Methoden der Bildskalierung steht uns mit Seam-Carving ein inhaltssensitives Verfahren zur Verfügung. Das heißt, dass beim Verkleinern nur die unwichtigen Bildelemente, wie zum Beispiel Himmel oder Meeresflächen, entfernt werden (siehe Abb. 1(b)).

(a) Original (b) Mit Seam-Carving verkleinert

Abbildung 1: Beispiel für Bildteilentfernung

### 5.1.1 Der Seam

Ein Seam, was man mit *Faser* übersetzen kann, ist ein Pfad, der die beiden senkrechten (horizontaler Seam) bzw. die beiden horizontalen Bildränder (vertikaler Seam) verbindet. Dieser ist aus aneinandergefügten, zusammenhängenden Pixeln aufgebaut (siehe Abb. 2). Dabei ist in jeder Zeile (vertikaler Seam) bzw. in jeder Spalte (horizontaler Seam) nur genau ein Pixel Teil des Seams. Das ist wichtig, denn wenn die Pixel des Seams später aus dem Bild entfernt werden, würde sonst die rechteckige Form des Bildes zerstört werden.

Abbildung 2: Ein Bild mit 2 eingezeichneten Seams

### 5.1.2 Das Carving

Soll ein Bild verkleinert werden, entfernt man also Seams aus dem Bild. Welche Seams das sind und wie diese genau verlaufen, wird von der so genannten Energiefunktion bestimmt, welche jedem Pixel einen Energiewert (also einen *Wichtigkeits-Wert*) zuordnet. Mit dieser kann man nun die Seams mit der geringsten Energie entfernen, solange bis die gewünschte Größe erreicht ist. Will man z.B. ein Bild von 800x600 (Breite x Höhe) auf 500x400 verkleinern, so müsste man 300 vertikale und 200 horizontale Seams entfernen. Umgekehrt beim Vergrößern müsste man die gleiche Anzahl Seams in den niedrigenergetischen Stellen einfügen, wobei die neu entstehenden Pixel durch Mittelwertbildung mit den beiden senkrecht zur Seam-Richtung liegenden Nachbarn gebildet werden.

### 5.1.3 Mathematisch-technischer Ansatz

Das Feststellen von wichtigen Bildbereichen wird mit Hilfe eines sogenannten Energiebildes erreicht. Im Energiebild sind wichtige Bildbereiche mit hoher Energie und unwichtige Bereiche mit niedriger Energie gekennzeichnet. Die Energieermittlung im Bild funktioniert mit sogenannten *Gradientenbildern* (auch Kantenbilder genannt, siehe Abb. 3.

(a) Original-Bild (b) X-Kanten (c) Y-Kanten

Abbildung 3: Beispiele für Gradientenbilder

Ein Bildbereich ist *wichtig*, wenn ein Pixel einen großen Unterschied zu seiner Umgebung hat und es so auffallen würde, wenn es fehlt. Es hat also nach der Definition des Gradientenbildes eine hohe Energie (im Gradientenbild hell dargstellt). Je höher der Wert, desto *wichtiger* das Pixel im Bezug auf die Umgebung. Im Gradientenbild dunkel dargestellte Pixel haben einen geringen Unterschied zu ihrer Umgebung und sind deshalb *unwichtiger*. Es wird mit Hilfe einer speziellen Funktion ein Gradientenbild erstellt, in welchem die Kanten hell eingezeichnet sind. Es gibt 2 Gradientenbilder, eines für die X- und eines für die Y-Kanten, welche anschließend zusammengerechnet werden.

Dieses Bild gibt nun die Energie des Bildes an. Die Energiefunktion $e(i,j)$ gibt den Helligkeitsunterschied des Pixels $(i|j)$ aus dem Gradientenbild zurück.

Nun muss nur noch der Seam mit der niedrigsten Energie gefunden und entfernt werden. Ein horizontaler Seam ist folgendermaßen definiert:

$$s^y = \{s_j^y\}_{j=1}^m = \{(j, y(j))\}_{j=1}^m \quad \forall j, |y(j) - y(j-1)| \leq 1$$

Dies bedeutet, dass ein Seam ein Pixel-Pfad von links nach rechts durch das ganze Bild ist, bei dem jedem X-Wert genau ein Y-Wert zugeordnet wird. Die Energie eines Pixels wird mit der Energiefunktion $e(i,j)$ bestimmt. Die *Kosten* eines Seams bezeichnet die Summe der Energie aller Pixel. Nun wird der Seam mit den geringsten Kosten mit Hilfe von dynamischer Programmierung gefunden und dann aus dem Bild gelöscht.

Dazu wird nach einem speziellen Algorithmus ([1], [3]) das Bild in Richtung des Seams durchlaufen und die Kosten der möglichen Seams berechnet. Anschließend nimmt man den Seam mit den niedrigsten Kosten und verfolgt ihn rückwärts zurück zum Bildende. Es ergibt sich der Seam mit den niedrigsten Kosten, welcher aus dem Bild entfernt werden kann.

#### 5.1.4 Potenzial zur Bildfälschung

Man kann auch Bildbereiche markieren, die beim Verkleinern bevorzugt entfernt werden. Diese Methode weist einige Vorteile gegenüber herkömmlichen Methoden, welche einzelne Bildelemente entfernen, auf.

(a) Original (b) Ein Schuh wurde entfernt

Abbildung 4: Beispiel für Bildteilentfernung

Die übliche Vorgehensweise wäre es, die betreffende Fläche durch *Material* aus den umliegenden Bereichen, also z.B. dem Hintergrund, zu ersetzen. In einem Szenario wie in Abb. 4(a) ist das kaum möglich. Dort wurde in Abb. 4(b) ein Schuh mittels Seam Carving entfernt. Der Unterschied dabei ist, dass die zu entfernenden Pixel tatsächlich aus dem Bild entfernt werden und nicht nur durch andere ersetzt. Das hat natürlich auch zur Folge, dass das bearbeitete Bild kleiner ist als das Original. Dieser Umstand kann durch abermaliges Einfügen von Seams wie beim normalen Vergrößern behoben werden.

Mit dieser Technik können Bilder besonders einfach und authentisch verkleinert, sowie einzelne Bildgegenstände unbemerkt entfernt werden. Es gibt weder für das Verkleinern noch für das Entfernen von Gegenständen ein Verfahren zur Erkennung einer Manipulation, was diese noch ziemlich neue Technik brisant macht.

**Literatur:**

[1] Avidan, Shai; Shamir, Ariel: *Seam Carving for Content-Aware Image Resizing*
`http://www.shaiavidan.org/papers/imretFinal.pdf` (Abrufdatum: 16.07.2008)

[2] Sacher, Patrick; Adler, Marc: *Dokumentation VC-Praktikum WS 07/08, Aufgabe 3*

[3] Sacher, Patrick; Adler, Marc: *Dokumentation VC-Praktikum WS 07/08, Aufgabe 4*

[4] Fingerhut, Mathias; Rohnfeld, Erik: *Visual Computing Praktikum, 5. Praktikumsaufgabe*, 20.01.2008

[5] *freiesMagazin 12/2007*, S.21-25
`ftp://ftp.freiesmagazin.de/2007/freiesMagazin-2007-12.pdf`

## 5.2 Bildinterpolationen

Florian Kroh, Sebastian Büttner
Betreuer: Johannes Galatsanos-Dück, Corinne Schmitt

### Auffinden von Bildinterpolationen mit Hilfe des EM-Algorithmus

#### 5.2.1 Interpolation

**Allgemeines zur Interpolation** Täglich begegnen wir manipulierten und veränderten Bildern. Eine Methode, um ein digitales Bild auf Echtheit zu überprüfen, ist die Interpolationsanalyse. Sie entdeckt Bildteile, die interpoliert und nachträglich eingefügt wurden.

Durch Interpolation, auch Resampling genannt, kann man fehlende Daten durch vorhandene Daten berechnen, z.B. durch ein einfaches arithmetisches Mittel. Bei Bildern findet Interpolation immer bei einer Größenänderung des Bildes statt, denn dann müssen neue Pixel berechnet werden. Typische Bildinterpolationen sind hierbei die lineare und die bikubische Interpolation.

**Das Interpolationsverfahren** Die Interpolationsanalyse basiert auf der Annahme, dass ein neues Pixel, also ein neuer Datenpunkt auf Basis seiner umliegenden Nachbarn errechnet wird (Abb. 1). f(x,y) bezeichnet das neue Pixel, $\alpha$ ist ein Vektor, der den Anteil der umliegenden Pixel am neuen Pixel bestimmt. f(x+u, y+v) beschreibt den Wert für das ausgewählte Pixel und n(x,y) ist ein unabhängiger, normalverteilter Zufallswert.

$$f(x,y) = \sum_{u,v=-N}^{N} \alpha_{u,v} f(x+u, y+v) + n(x,y)$$

Abb. 1 Interpolationsformel

#### 5.2.2 Maximum-Likelihood-Verfahren

Als Algorithmus nutzt man für die Interpolationsanalyse die Maximum-Likelihood-Methode. Es handelt sich hierbei um eine Methode der Stochastik, mit der sich aus einer Stichprobe die Wahrscheinlichkeit eines Ereignisses schätzen lässt. Dabei wird die Likelihood-Funktion (Abb 2.) auf die Stichprobe angepasst und anschließend abgeleitet und ihre globalen Maxima ermittelt.

$$L(q) = \prod_{i=1}^{n} f_{\mathrm{x_i}}(x_i, q)$$

Abb. 2 Maximum-Likelihood-Verfahren

#### 5.2.3 Expectation-Maximation-Algorithmus

**Allgemeines zum EM-Algorithmus** Da mittels Interpolation entstandene Pixel sich nicht von nicht-interpolierten eindeutig unterscheiden lassen, wird ein neuer Algorithmus benötigt, der diese Erkennung leistet. Dieser neue Algorithmus, der auch mit unbekannten Daten umgehen muss, heißt Expectation-Maximation-Algorithmus (kurz: EM-Algorithmus) und wurde 1977 allgemein beschrieben.

Er besteht aus zwei Schritten, dem Expectation- und dem Maximation-Schritt und findet Anwendung bei der Sortierung und Zuordnung von Daten mit einer unvollständigen oder fehlenden Eigenschaft, die zu untersuchen ist.

**Interpolationsanalyse mit dem EM-Algorithmus** Für jedes Pixel trifft genau eine der beiden Möglichkeiten zu:

- M1: Das Pixel wurde interpoliert
- M2: Das Pixel entstand natürlich

Im **Expectation-Schritt** wird nun die Zugehörigkeit eines Pixels zu einer der beiden Kategorien bestimmt. Dazu wird zunächst die Abweichung des tatsächlichen Farbwertes des Pixels zu seinem theoretisch interpolierten Pendant berechnet (Abb. 3). Danach wird die Wahrscheinlichkeit dieses Wertes mit Hilfe der Gauß'schen Normalverteilung ermittelt, wobei der tatsächliche Farbwert als Erwartungswert und unser theoretisch korrekter Wert als dessen Abweichung fungiert. Da diese Funktion aber eine Standardabweichung benötigt, kann man ihren Funktionswert nicht als exakt genug annehmen; ein unbekannter Wert also, den der Algorithmus im nächsten Schritt präzisieren wird.

Zuletzt wird nun noch unter Anwendung des Satzes von Bayes die bedingte Wahrscheinlichkeit für den Fall, dass das Pixel M1 zugeordnet werden kann, berechnet (Abb. 3).

Der **Maximation-Schritt** stimmt dann aufgrund der errechneten Daten die Standardabweichung und den Interpolationsvektor neu. Für den Interpoationsvektor ist hierfür ein lineares Gleichungssystem zu erstellen und zu lösen, wobei dieses aus m*n Gleichungen (m*n ist die Anzahl der Pixel, die untersucht werden) besteht.

Nach einer iterativen Ausführung beider Schritte konvergiert das Verfahren zu einem Wahrscheinlichkeitswert für jeden Pixel, aus dem eine Wahrscheinlichkeitskarte entsteht.

$$r(x,y) = \left| f(x,y) - \sum_{u,v=-N}^{N} \alpha_{u,v} f(x+u, y+v) \right|$$

$$P(x,y) = \frac{1}{\sigma_n \sqrt{2\pi}} exp[-r^2(x,y)/2\sigma_n^2]$$

$$w(x,y) = \frac{P(x,y)}{P(x,y) + p0}$$

Abb. 3 Berechnungen im Expectation-Schritt

**Potential des Algorithmus** Die fouriertransformierte Wahrscheinlichkeitskarte bietet grundsätzlich die Möglichkeit zur Identifizierung einer Interpolation. Allerdings erkennt der EM-Algorithmus zum Teil auch nicht-interpolierte Bilder als interpoliert an, z.B. wenn viele oder flächendeckende Farbverläufe im Bild vorkommen. Der Algorithmus wird sich in dieser Situation $\alpha$ an den Farbverlauf anpassen und damit das Bild als interpoliert erkennen. Des Weiteren wird die Erkennung durch eine allgemein auf das gesamte Bild angewandte Interpolation unwirksam, da dann eine eventuelle Teilinterpolation von der Gesamtinterpolation überdeckt wird.

## 5.3 Einführung in GIMP

Kai Wullbrandt
Betreuer: Dominik Christ und Andreas Fischer

Bei jedem Programmstart der kostenlosen Bildbearbeitungssoftware GIMP öffnen sich 3 Fenster. Es gibt ein Fenster, das man als Toolbox oder auch „Werkzeugkiste“ bezeichnet. In diesem Fenster kann man verschiedene Werkzeuge zur Bildbearbeitung und –verbesserung auswählen und einstellen. Das zweite Fenster ist für die Einstellung der Ebenen wichtig, denn man muss immer die gewünschte Ebene auswählen, um diese bearbeiten zu können. Das dritte Fenster ist das Fenster mit dem Titel „Tipp des Tages“. Dieses Fenster ist unwichtig und kann geschlossen werden.

Wie eben kurz angesprochen ist die Toolbox das wichtigste Fenster in GIMP. Dort kann man die Werkzeuge auswählen und spezifische Parameter einstellen. Unterhalb der Toolbox sind die Eigenschaften des ausgewählten Werkzeuges, die man nach Belieben ändern kann, um somit die optimalen Einstellungen für die Bildbearbeitung zu haben.

### Tipp des Tages

Dieses Fenster öffnet sich bei dem Programmaufruf und zeigt Anfängern nützliche Tipps und Informationen für das Arbeiten mit GIMP an. Für den fortgeschrittenen Nutzer empfiehlt es sich, dieses Fenster auszublenden.

**Bilder speichern**

Die Bilddateien können in verschiedenen Formaten abgespeichert werden.

Es gibt z.B. das GIMP-Format oder das JPEG-Format.

Das GIMP-Format hat einen sehr hohen Speicherbedarf, aber dafür ist die Qualität des Formats sehr hoch und man kann das Bild wieder leicht in GIMP bearbeiten, da es programmspezifische Informationen enthält.

Mit dem JPEG-Format nehmen die Bilder weniger Speicherressourcen in Anspruch haben aber dafür eine schlechtere Qualität.

**Die verschiedenen Werkzeuge in GIMP:**

**1. Malwerkzeuge**

sind zum Beispiel:

→ Füllen

→ Farbverlauf

→ Stift

→ Pinsel

→ Radierer

→ Sprühpistole

→ Tinte

→ Klonen

→ Verknüpfen

→ Verschmieren

→ Abwedeln bzw. Abbleichen

**2. Transformationswerkzeuge**

sind zum Beispiel:

→ Ausrichten

→ Verschieben

→ Zuschneiden

→ Drehen

→ Skalieren

→ Scheren

→ Perspektive

→ Spiegeln

**3. Farbwerkzeuge**

Farbwerkzeuge nutzt man z.B. für Bildmanipulationen, bei denen die Farbe vom Originalbild abweicht oder das Bild eine schlechte Qualität aufweist. D.h., wir können das Bild so bearbeiten, dass man es fast unsichtbar in ein anderes einfügen oder ausschneiden kann. Z.B. kann man die Helligkeit des Bildes aufhellen oder rote Augen entfernen.

**Einfügen von „fremden“ Bildern oder Bildteilen**

Hierbei spricht der Fachman vom „faken“ oder betrügen.

Als Beispiel kann man bei dem Skyscraper Foto die „originalen“ Leute ausschneiden und sich selbst dort einfügen. Auch das Verstellen oder Umstellen von Objekten oder Personen ist sehr beliebt. Zum Beispiel kann man einfach aus einem Bild eine Person markieren, diese ausschneiden und in ein anderes Bild so einfügen, dass man denken könnte, dass diese Person dort wirklich war.

Ebenso könnte man aber auch Gesichtsstrukturen so umstellen, dasst man lacht oder besser aussieht. Dies ist in der Produktion von Flyern, Titelblättern oder Plakaten alltäglich.

## 5.4 Bildmanipulation durch GIMP

Sophie Burkard
Betreuer: Johannes Galatsanos- Dück & Corinne Schmitt

**Vorstellung verschiedener Funktionen von GIMP.**

### 5.4.1 Ebenen

Grob gesagt, kann man sich die Ebenen als übereinander geschichtete Klarsichtfolien vorstellen, deren Gesamtbild sich ergibt, wenn man von oben durch den gesamten Ebenenstapel hindurch sieht.

Jede Ebene verfügt über einen eigenen Satz an Kanälen, inklusive Alphakanal.

### 5.4.2 Kanäle und Alphakanal

Jede einzelne Komponente eines Farbmodells wird als Kanal abgebildet, in dem die Werte in 256 Stufen abgebildet werden. Das bedeutet für den RGB-Modus, dass 256 Rottöne * 256 Grüntöne * 256 Blautöne (= 16,7 Millionen Farben) vorhanden sind. Im Graustufen- Modus sind es 256 Helligkeiten.

Der Alphakanal, über den jeder Kanal verfügt, beschreibt unter anderem in 256 Stufen, welche Bildbereiche transparent sein sollen.

### 5.4.3 Klonwerkzeug

Meistens wird das Klonwerkzeug gebraucht, um digitale Fotos zu retuschieren. Es benutzt die aktuelle Pinselform, um Bildbereiche zu kopieren und anderswo einzusetzen. Man kann aus jeder Ebene/ Ebenenmaske und jedem Kanal in jede beliebige Zeichenfläche klonen.

### 5.4.4 Heilen

Das Werkzeug ist ein Verwandter des Klonwerkzeuges, achtet jedoch auf die Struktur der Umgebung. Es ist auf das Reparieren kleiner Unregelmäßigkeiten spezialisiert.

### 5.4.5 Zauberstab

Mit dem Zauberstab kann man einen Bereich mit ähnlichen Farbwerten auswählen, auch wenn er von einer Kontur begrenzt wird. Das Werkzeug ist ebenfalls in der Lage kleine (farbliche) Lücken zu überspringen, deren Größe einstellbar ist.

Die Ähnlichkeiten werden, je nach Einstellung, nach Rot, Grün, Blau, dem Farbton, dem Wert oder der Sättigung berechnet.

Alternativen zu diesem Werkzeug sind „nach Pfad auswählen“ und „nach Farbe auswählen“.

### 5.4.6 Ausbesserungswerkzeuge

Weitere gute Möglichkeiten zur Ausbesserung unnatürlich wirkenden Stellen bieten „Verschmieren“ und „Weichzeichnen“.

## 5.5 Bildkompression

Viviane Ly
Betreuer: Betreuer: Dominik Christ & Andreas Fischer

**Was ist „Bildkompression“?**

Die Bildkompression ist ein Verfahren, um die Datenmenge einer Bilddatei rechnerisch zu reduzieren und so den eigentlich benötigten Speicherplatz sowie die Übertragungszeit zu sparen.

Man unterscheidet zwischen verlustfreier („Qualität vor Geschwindigkeit“) und verlustbehafteter Kompression („Geschwindigkeit vor Qualität“):

Ein Kompressionsverfahren wird als *verlustfrei* bezeichnet, wenn nach der dazugehörigen Dekompression wieder die Originaldatei zum Vorschein kommt. Die *verlustbehaftete* Kompression versucht den Informationsverlust unmerklich zu halten, wobei man sich mit einer schlechteren Qualität begnügt, da eine höhere Kompressionsrate unweigerlich mit einem erheblichen Informationsverlust zusammenhängt.

Die bekannteste verlustbehaftete Kompression ist das *JPEG-Verfahren*.

**Was ist das JPEG-Kompressionsverfahren?**

Unter JPEG, kurz für *Joint Photographic Experts Group* versteht man einen Komprimierungsstandard für farbige unbewegte Bilder.

Das JPEG-Format bietet eine hohe Kompression bei relativ geringem Qualitätsverlust und ist aufgrund des progressiven JPEG, bei dem sich das Bild als grob gerastertes Gesamtbild erscheint und sich erst im Laufe des Ladevorgangs immer feiner auflöst, insbesondere im Internet sehr beliebt.

Zu seinen Vorteilen zählen die Farbtiefe bis zu 24 Bit (16.7 Millionen Farben), der geringe Speicherbedarf dank guter Komprimierung und die Kompatibilität zu allen Browsern. Demgegenüber stehen ein erheblicher Qualitätsverlust (bei starker Kompression sichtbar) und das Bilden von Artefakten bei übermäßiger Kompression.

Außerdem verfügt das JPEG–Format über keinen

Das JPEG-Kompressionsverfahren besteht im Wesentlichen aus vier verschiedenen Hauptkomponenten, den so genannten Modi: *progressive mode*[1], *hierarchical mode*[2], *lossless mode/verlustfreie Kompression* und *sequential mode/Baseline-Algorithmus*.

[1] das Bild wird in mehreren Durchgängen kodiert und dekodiert, wobei sich bei jedem weiteren Durchgang die Bildqualität verbessert, was besonders nützlich ist

[2] das Bild wird in einer geringeren und auch in voller Auflösung gespeichert, wobei ersteres wesentlich schneller übertragen und dekodiert werden kann

Entscheidend für den JPEG-Kompressionsvorgang ist jedoch der Baseline-Algorithmus, der der Bildkodierung dient und den Kern des JPEG-Verfahrens darstellt.

**Ablauf des JPEG-Kompressionsverfahrens**

1. Farbumrechnung

   Wechsel des Farbsystems vom RGB-Farbraum zum YCbCr-Farbraum, wodurch die Farbkomponenten ohne Qualitätsverlust mit halber Auflösung gespeichert werden können

2. Tiefpassfilterung

   In diesem Schritt, der für den ersten Informationsverlust verantwortlich ist, werden die Kanten im Bild abgeschwächt.

3. Blockbildung und Diskrete Cosinus Transformation

   Danach wird das Bild in Segmente der Größe 8x8 aufgeteilt, deren Farbraum mittels der Diskreten Kosinus-Transformation (DCT) durch den Frequenzraum ersetzt wird:

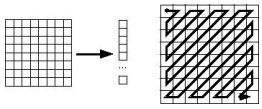
   $$F_{xy} = \frac{1}{4} C_x C_y \sum_{m=0}^{7} \sum_{n=0}^{7} f_{mn} \cos\left(\frac{(2m+1)x\pi}{16}\right) \cos\left(\frac{(2n+1)y\pi}{16}\right)$$

   $$\text{mit } C_k = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{wenn } k = 0 \\ 1 & \text{sonst} \end{cases}$$

4. Quantisierung

   Die Quantisierung sorgt sowohl für die größte Platzersparnis als auch für den größten Qualitätsverlust und erfolgt durch Rundung der Werte.

Anschließend werden die 64 Koeffizienten der DCT anhand ihrer Frequenz sortiert, wodurch sich eine Zick-Zack-förmige Reihenfolge ergibt:



5. Entropiecodierung

   Die Entropiecodierung ist eine Methode zur verlustfreien Datenkompression, wofür meistens eine Entropiecodierung nach Huffman eingesetzt wird. Sie basiert auf dem Prinzip des Morsealphabetes, d.h. jedem einzelnen Symbol wird eine unterschiedlich lange Folge von Bits zugeordnet.

**Literatur:**

Strutz: *Bilddatenkompression*,

Kiefer, Michael: *Einfluss von Bildkompressionsverfahren auf die Qualität der digitalen Punktübertragung*,

Hauer, Marcel: *Erkennungsalgorithmen für Bildfälschungen*,

`www.Belcolorfoto.ch/fotokurs/dateiformat.html`,

`www.virtualhorst.de/Uni/Bildformate/Ausarbeitung.html`

## 5.6 Freistellungswerkzeuge

Tanja Jakowlewka & David Grünewald
Betreuer: Johannes Galatsanos-Dück & Corinne Schmitt

### 5.6.1 Paint

Unter Freiform versteht man das Freistellen von Objekten oder Bereichen innerhalb eines Bildes. Die bekannteste Umsetzung findet man in Microsoft Paint. Diese ist in jeder Windows Implementierung vorhanden, ist sehr simpel und lässt sich sehr leicht an einem Pseudocode erklären:

**while** mouse.button_clicked(): # Solange die Mousetaste gedrückt ist

**save** mouse.position **to** list[]; # Position in einer Liste speichern

**connect_to**(list[(length.list[ ])], list [0]); # length.list[] ist das letzte Element

**switch_to(movetool)**;

Während die Maustaste gedrückt ist, wird die Position des Mauszeigers in einer Liste gespeichert,. Wenn sie losgelassen wird, verbindet sich der letzte gespeicherte Punkt mit dem ersten Punkt der Liste. Anschließend wechselt das Programm in den Verschiebungsmodus.

Das Programm ist sehr leicht zu bedienen, erreicht aber keine guten Ergebnisse, da die Auswahl nur durch die aktuelle Mausposition erfolgt und somit äußerst ineffektiv für die Freistellung ist.

### 5.6.2 Grab Cut

Grab Cut gehört zu den fortgeschrittenen Bearbeitungsprogrammen. Der Benutzer muss zwar immer noch das Objekt genau auswählen, jedoch passt sich der markierende Pfad automatisch an das Objekt an. Dies geschieht folgendermaßen: Die ausgewählten Pixel werden mit ihren Nachbarn verglichen, es werden die Farben und deren Sättigung überprüft. Wenn Ähnlichkeiten bestehen, werden benachbarte Pixel in die Auswahl mit eingeschlossen und die neuen Nachbarn überprüft. Falls ein Pixel nicht zur Auswahl gehört, wird es übersprungen und sein Nachbarpixel untersucht. Dies wiederholt sich so lange bis zwei nacheinander folgende Pixel nicht zur Auswahl gehören. So trennt man das Objekt vom Hintergrund. Darauf folgt die Erstellung eines Kantenbildes. Hierbei werden die Kontraste verglichen und die Kanten markiert. Alle so ermittelten Ergebnisse werden zusammengefügt und die Auswahl wird durch stochastische Verfahren präzisiert.

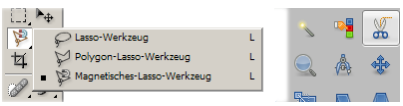
### 5.6.3 Intelligent Scissors

Der Begriff **Intelligent Scissors** bezeichnet ein Verfahren, das zur Erzeugung eines Auswahlrahmens an einer Objektkontur entlang dient. Es verwendet als Grundlage für die Erzeugung der Auswahllinie nicht nur die vom Benutzer gesetzten Punkte, sondern bedient sich auch der Eigenschaften der Bildvorlage.

Im Jahre 1995 stellten ERIC N. MORTENSEN und WILLIAM A. BARRETT Intelligent Scissors (beide von der Brigham Young University) auf der *SIGGRAPH* vor [5].

**Implementierung**

Intelligent Scissors findet sich unter anderen im Gimp (*GNU Image Manipulation Program* ).



Der Benutzer muss einige Punkte entlang der Kontur zu einer geschlossenen Linie verbinden und kann die Auswahl dann noch korrigieren, indem er Punkte verschiebt, löscht oder neue einfügt.

In Adobe Photoshop findet sich das Werkzeug als „magnetisches Lasso“ wieder. Hier muss der Benutzer die Kontur in einem Zug abfahren. Dabei heftet sich das Lasso möglichst genau an die Kontur an. Auch hier kann nach dem Schließen der Linie noch korrigiert werden.

**Funktionsweise**

Aus der Dokumentation [6] geht hervor, dass das Verfahren jeweils ein Pixel mit seinen acht Nachbarn vergleicht und so die Auswahlgrenzen an starke Übergänge setzt. Aus Platzgründen findet sich der mathematische Teil nur in der offiziellen Dokumentation.

### 5.6.4 Soft Scissors

Soft Scissors dient wie Intelligent Scissors zur Freistellung von Objekten. Das Verfahren wurde im Jahre 2007 ebenfalls auf der SIGGRAPH präsentiert und stammt von JUE WANG (University of Washington), MANEESH AGRAWALA (University of California, Berkeley) und MICHAEL F. COHEN (Microsoft Research) [7]. Bisher gibt es keine öffentlich zugängliche Implementierung von Soft Scissors. Es existiert ein Demovideo [8] und eine Dokumentation [7].

**Funktionsweise**

Soft Scissors ist auch auf Benutzerinteraktion angewiesen. Der Benutzer fährt mit einem dynamisch in der Größe angepassten Werkzeug die Kontur ab. So wird für das Programm festgelegt, was eindeutig zum Hintergrund bzw. zum Objekt gehört. Das Verfahren bedient sich dabei neben einer allgemeinen Kantenbetrachtung auch an Pixeln weit aus dem Objektinnern, um sie mit denen an der vermuteten Kante zu vergleichen. Auf diese Weise können sogar feine Strukturen (z. B. Haare oder Fell) akkurat abgefahren werden.

**Literatur**

[1] http://www.dkfz.de/de/mbi/pub/pdf/tr170.pdf

[2] http://www.hsu-hh.de/download-1.4.1.php?brick_id=dhkJlUt0qIuxMxBW

[3] http://www.cs.ru.ac.za/research/g02M1682/

[4] http://research.microsoft.com/vision/cambridge/i3l/segmentation/GrabCut.htm

[5] http://www.siggraph.org/publications/newsletter/v33n4/contributions/mortensen.html

[6] http://web.engr.oregonstate.edu/~enm/publications/SIGGRAPH_95/scissors_comp.pdf

[7] http://research.microsoft.com/~cohen/SoftScissorsFinal.pdf

[8] http://www.youtube.com/watch?v=OHjh_Gc_vPg

# 6 Geschichtskurs

**Alles nur Fiktion?**
**Historiker und ihre Quellen**

Historiker schöpfen ihr Wissen über vergangenes Geschehen vor allem aus Quellen, den so genannten *Überresten der Vergangenheit*. Dabei bildet prinzipiell jede Art von Überrest eine verwertbare Quelle, also etwa auch Bilder, Landkarten und Gebäude. Schriftliche Quellen sind aber nach wie vor am wichtigsten.

Wie aber ist es mit der Glaubwürdigkeit dessen bestellt, was in solchen Quellen steht, zumal wenn es sich um nachträglich angefertigte, also um *erinnerte* Darlegungen handelt? Dies bildet die wohl zentralste Frage für Historiker überhaupt, hängt doch vor allem davon die Plausibilität dessen ab, was jene ihren Lesern über die Vergangenheit mitteilen. Grund genug also, dieser Frage intensiv in einem Kurs nachzugehen, der sich an SchülerInnen richtet, die an Geschichte interessiert sind und vielleicht sogar Geschichte studieren wollen.

Dabei ist zu betonen, dass diese Frage in letzter Zeit stärker denn je im Zentrum steht, und zwar aufgrund neuer Erkenntnisse der Hirnforschung. Sollte nämlich einer ihrer prominenten Vertreter (Wolf Singer) Recht haben, so wird infolge der Unmöglichkeit, wahre von verzerrten oder gar falschen Erinnerungen zu unterscheiden, *„jeweils [das] in die Geschichte als Tatsache eingehen, was die Mehrheit derer, die sich gegenseitig Kompetenz zuschreiben, für das Zutreffendste halten*“. Das wäre fatal!

Unser Kurs wird sich also dem primären Arbeitsmaterial von Historikern, den Quellen, und dabei insbesondere der Frage der Glaubwürdigkeit von erinnerten Darlegungen widmen. Dies geschieht unter Berücksichtigung besagter Forschungsergebnisse der Hirnforschung, also partiell interdisziplinär. Schüler, die sich hierfür interessieren, sind also sehr willkommen!

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

## 6.1 Einleitende Sitzung

Christoph Berger Waldenegg

Wir haben uns zunächst ein wenig unserem Thema angenähert. Dazu teilte Christoph einen selbst gestalteten Text aus, mit uns schon zuvor bekannten, aber teilweise verfälschten Kursinformationen. So sollte überprüft werden, ob wir uns noch daran erinnern, welche Informationen falsch waren und warum. Wir identifizierten zwar viele Angaben als unrichtig, waren aber nur partiell einig darüber, welche genau falsch waren und warum dies jeweils genau der Fall war. Weiter besprachen wir Organisatorisches und versuchten, uns gegenseitig besser kennen zu lernen. Danach besprachen wir den konkreten Kursablauf, wobei vor allem betont wurde: es geht erstens um die Arbeit *mit* bzw. Analyse *von* historischen Quellen und zweitens (mit Punkt eins eng verknüpft) um die Glaubwürdigkeit von in Quellen Erinnertem. Allgemein werden die einzelnen Themen mit Forschungstexten und/oder Quellen erarbeitet.

In diesem Kontext gleich noch einige generelle Anmerkungen: Ab Sitzung vier wurden formal ganz unterschiedlich präsentierte Referate gehalten. Manche TeilnehmerInnen setzten Powerpoint (PP) ein, einige nur Flipcharts und wieder andere nur das gesprochene Wort. Wir stellten fest, dass man keineswegs PP einsetzen muss, wie dies oft zu hören ist. Im Anschluss an die Referate wurden dieselben zunächst formal besprochen und anschließend eine inhaltliche, oft kontrovers geführte Diskussion

über das jeweilige Thema geführt, die jeweils nur sehr bruchstückhaft wiedergegeben werden kann. Zuweilen haben wir auch in Gruppen gearbeitet.

Dann ging es um den Inhalt der Sitzungen und schließlich um die Frage, warum wir uns gerade für diesen Kurs entschieden haben. Die Motivationen waren heterogen, wobei generell großes Interesse für Geschichte bzw. Geschichtswissenschaft betont wurde (dazu mehr in dem Bericht über die 2. Sitzung). Dies zeigten bereits schriftliche Bewerbungen, aus denen Christoph mehrfach zitierte. So möchte Constanze Thomas vielleicht Geschichte studieren und fand das Thema „*sehr geeignet*“, um hierüber Aufschluss zu gewinnen. Gesa Isermann bezeichnete es als „*spannend . . . , geschichtliche Quellen in Bezug auf die . . . Hirnforschung zu untersuchen*“. Kristian Knauff wiederum interessiert „*vor allem die geschichtswissenschaftliche Arbeitsweise*“, worüber er schon recht konkrete einschlägige Vorstellungen hat. Klar wurde, dass dazu jedenfalls die Quelleninterpretation gehört, wozu auch die Motivation von Michelle Schäfer passt: Sie „*(mag) besonders (das) . . . Auswerten von Quellen*“. Lukas Wehrheim möchte sich künftig besser „*in die Psyche der Menschen der Vergangenheit hineinversetzen*“ können. Dabei gab es Differenzen darüber, inwiefern dies überhaupt zu leisten ist. Im Zuge der Erörterung von Gaugau Zhangs Motivation diskutierten wir ein zentrales historiographisches Problem, das uns noch mehrfach beschäftigte: Das der *Empathie*. Ist sie für Historiker nützlich oder eher hindernd? Schließlich erörterten wir eine Frage im Kontext von Kristians Bewerbung: Er möchte in dem Kurs etwas „*erfahren, . . . was über die reinen Daten und Fakten hinausgeht*“. Aber was sind eigentlich Daten bzw. Fakten und was hingegen Deutungen? Ist etwa der Satz *Der Zweite Weltkrieg begann am 1.September 1939* ein Faktum oder eine Deutung? Darüber herrschte Dissens. Zuletzt schilderte Christoph, warum er diesen Kurs anbietet: Für ihn als Historiker sei die Frage der Glaubwürdigkeit von Erinnertem ein ständiges Problem. Jüngere Erkenntnisse bzw. Thesen primär der Hirnforschung hätten es noch drängender gemacht. Außerdem sei es auch für an Geschichte Interessierte bzw. für Personen, die vielleicht einmal Geschichte studieren wollten, ein zentrales Problem, mit dem man sich nicht früh genug beschäftigen könne.

## 6.2 Geschichtswissenschaft - eine Annäherung.

Christoph Berger Waldenegg

**Was ist Geschichte und wozu dient sie?**

Wie lässt sich Geschichte definieren und wozu dient die Beschäftigung mit Geschichte? Mit diesen Fragen haben wir uns in dieser Sitzung beschäftigt, wobei wir vor allem auf Punkt zwei später noch öfter zurückgekommen sind.

Wie lässt sich Geschichte definieren? Wir haben mit Hilfe von Vorschlägen der KursteilnehmerInnen und unter Berücksichtigung einschlägiger Zitate erkannt, dass mehrere Definitionen möglich sind und auch gehandelt werden. Grundsätzlich lassen sich zwei Definitionsarten unterscheiden. Die erste Definitionsart lässt sich schematisch wie folgt darstellen:

| BEGRIFF GESCHICHTE<br>BEDEUTUNGEN | | |
|---|---|---|
| 1 | res gestae | sämtliche Geschehnisse |
| 2 | historia rerum gestarum | 2.1 jegliche erzählte Geschichte |
| | | 2.2 Geschichtswissenschaft |

Geschichte kann demnach also sowohl als alles Vergangene (1) und als auch als alle (2.1) bzw. als spezifische, nämlich geschichtswissenschaftliche (2.2) Darstellungen über Vergangenes definiert werden. Das sind soweit wie möglich neutrale Definitionen. Was freilich Wissenschaft ist und ob Historiographie tatsächlich eine Wissenschaft ist, ist eine andere, von der Definition von Wissenschaft abhängige und von uns ebenfalls wiederholt diskutierte Frage. Zweitens kann Geschichte in einem beurteilenden, ja wertenden Sinne definiert werden. Hierzu ein Beispiel: *„Was also ist Geschichte? Eine vielgestaltige und konstante Improvisation, ein belebtes Chaos, dem die Historiker den Anschein einer Ordnung geben (...).*“ (M. Vargas Llosa, 1990). Hier wird also das Bestreben von Historikern, vergangenes Geschehen zu ordnen, zu deuten und zu erklären, als hoffnungslos beurteilt und es wird ein zentraler Unterschied zwischen beiden Definitionsarten deutlich. Die erste ist sozusagen zeitlos (und hat antike Vorbilder). Auf sie können sich wohl alle Historiker einigen. Über die zweite werden sie hingegen wohl stets streiten. Hier gilt zudem das folgende Diktum des Historikers E. H. Carr: *„When we attempt to answer the question, What is History?, our answer, consciously or unconsciously, reflects our own position in time, and forms part of our answer to the broader question what view we take of the society in which we live.*“ (1961)

Dann ist es – auf Basis mehrerer Texte – um *Geschichte wozu?* gegangen, eine von Historikern oftmals als zentral beurteilte Frage. In den Bewerbungsschreiben wurde besonders oft eine Funktion akzentuiert, die hier einmal – etwas verkürzt – Spaßfunktion genannt sei: So gab Daria Hinz Geschichte als ihr *„Lieblingsfach*“ an, Oliver Ditthardt macht die Beschäftigung mit Geschichte *„viel Spaß*“ und Gesa empfindet sie als *„spannend*“. Michelle *„fasziniert*“ Geschichte sogar. Betont sie zugleich ihr *„Interesse*“ an *„jeglicher Art historischer Ereignisse*“, so fragt sich, worauf es basiert, ebenso wie bei Kristian (*„Geschichte ... sehr interessiert*“). In diesem Kontext konstatiert Constanze, sie habe *„von jeher fasziniert, die Erkenntnis aus der Vergangenheit an unserer heutigen Zeit anzuwenden und aus ihr zu lernen*“. Ob man aus der Beschäftigung mit historischen Vorgängen etwas lernen kann, wird kontrovers diskutiert und von Historikern teilweise skeptisch beurteilt. Wir beurteilten dies unterschiedlich.

Am Rande haben wir noch darüber gesprochen, ob Historiographie ein *„Teilgebiet der Geisteswissenschaften*“ ist, wie es in einem Text heißt und Tradition ist. Immer mehr wird sie aber auch den *Kultur-* oder *Human*wissenschaften zugerechnet. Kontrovers diskutiert haben wir auch, ob es *„weniger interessant*“ sei, *„was Steinzeitmenschen gemacht haben*“, wie in einem anderen Text steht. Mit Blick auf reine Wissensvermehrung lehnten diese Position viele ab; jene aber, die mehr an Dingen interessiert sind, die für uns heute noch unmittelbar relevant sind, sahen dies anders.

## 6.3 Quellen – die Arbeitsgrundlage von Historikern (I)

Christoph Berger Waldenegg

**Was sind Quellen und wie geht man mit ihnen um (die historisch-kritische Methode)?**

In Sitzungsteil 1 haben wir uns an Hand eines einschlägigen Textes (K. Arnold, Mediävist, 1998) mit der primären Arbeitsgrundlage von Historikern beschäftigt, den Quellen. Was sind historische Quellen und mit Hilfe welcher Methode kann man sie interpretieren? Diese beiden Fragen interessierten uns besonders.

Quellen kann man definieren als *„alles, was von der Vergangenheit übrig geblieben ist*“. Davon ausgehend, sind zwei weitere Untergliederungen möglich. Erstens die *Tradition*: alles, was *absichtlich*und also mit Blick auf die Unterrichtung der Mit- und Nachwelt erhalten geblieben ist. Zweitens der *Überrest*: alles, was *unabsichtlich*, also *nicht* mit Blick auf die Unterrichtung der Mit- und Nachwelt erhalten geblieben ist. Doch lässt sich nicht immer sagen, in welche Kategorie etwa schriftliche Quellen fallen. So werden zufällig aufgefundene Tagebücher oft als Überrest bezeichnet. Sie könnten aber etwa mit

Blick auf die eigenen Kinder, die es vielleicht einmal auf dem Dachboden finden, verfasst worden sein. Dann haben wir versucht, unterschiedliche schriftliche Quellen in Tradition oder Überrest einzuordnen: 1) → gedruckte *Burg-Doku*: Tradition; 2) → *Konzepte für die Dokumentationen der einzelnen Sitzungen*: Schwer zu sagen; 3) → *zufällig aufgefundener Feldpostbrief des Soldaten J. Macher* (der uns später noch im Detail beschäftigte): Wohl (eher) Überrest; 4) → *Erinnerungen von Österreichs Außenminister Metternichs über ein Treffen mit Napoleon*: Tradition; 5) → *Aufzeichnung L. v. Andrian-Werburgs über die Gründe für die österreichisch-ungarische Kriegserklärung an Serbien Ende Juli 1914*: Wohl Überrest; 6) → *zufällig aufgefundene Laptop-Datei des toten Christoph mit Tagebuchaufzeichnungen über und für seine Kinder*: Tradition

Abschließend sei betont, dass uns Arnolds Text nicht ganz überzeugt hat, vor allem, weil er ein zweifelhaftes Konzept von Tatsachen vertritt. Tatsachen nennt er etwa den „*Föderalismus der Bundesrepublik*“ und „*Sprachgrenzen im heutigen Europa*“. Schon hier waren wir uns weitgehend einig, dass Begriffe wie *Föderalismus* und *Sprachgrenzen* definiert werden müssen, was unterschiedlich möglich ist. Für Arnold ist auch „*Antisemitismus*“ eine Tatsache. Dieses Phänomen wird aber besonders unterschiedlich definiert. Probleme hatten wir zudem mit seiner These, dass der „*Bericht eines Augenzeugen ..... stets Vorrang ... genießen (wird)*“? bzw., dass dies nur „*gelegentlich*“ anders sei. Zwar ist der Augenzeuge sozusagen näher dran, doch mag er etwa selbst erlebte Vorgänge absichtlich anders darstellen, als er sie tatsächlich wahrgenommen hat. Wie ersichtlich, besteht hier bereits ein unmittelbarer Bezug zu unserer speziellen Thematik.

Im Sitzungsteil 2 haben wir die *historisch-kritische Methode* (h-k-M), also die Arbeitsweise von Historikern kennengelernt. Wie analysieren sie also Quellen? Schematisch kann dies so dargestellt werden (wobei noch weitere Fragen denkbar sind):

## HISTORISCH-KRITISCHE METHODE

| | |
|---|---|
| WAS? | Inhalt |
| WER? | VerfasserIn/VerfasserInnen |
| WANN? | Zeitpunkt der Entstehung |
| WO? | Ort der Entstehung |
| WIE? | allgemein → Stil,<br>speziell → objektiv, subjektiv |
| WARUM? | Zielsetzungen |
| FÜR WEN? | Zielgruppe(n) |
| WORIN? | Art der Quelle |
| IN WELCHEM ZUSTAND? | komplett oder bruchstückhaft etc. pp. |

Danach haben wir diese Methode an dem konkreten Beispiel eines Feldpostbriefes vom 5. März 1942 erprobt. Er stammt von dem erwähnten Soldaten J. Macher. Sonst kennen wir nur den Briefinhalt, der an „*Meine lieben Angehörigen!*“ gerichtet ist. Selbst der Umschlag fehlt. Hilft uns hier eine akribische Anwendung der h-k-M viel weiter? Ohne weitere (so genannte) Belege erscheint uns dies – gelinde gesagt – sehr schwierig. Die Wichtigkeit solcher Belege haben wir im Weiteren noch öfter erkannt.

## 6.4 Quellen – die Arbeitsgrundlage von Historikern (II)

Fabian Angeloni
Betreuerin: Michaela Feldmann

**Persönliche Erinnerung und historische ‚Wahrheit'**

Als wenigstens einen Grund für den Ausbruch des Ersten Weltkrieges würden wohl alle Historiker die kritische Lage am Balkan nach den beiden Balkankriegen und die Ermordung des österreichisch-ungarischen Thronfolgers Franz Ferdinand (der vermeintlich größten Hoffnung für die Habsburgermonarchie) nennen. Fabian Angeloni, der das erste Referat hielt, machte aufgrund der ihm als Referatsgrundlage dienenden Texte (eine Quelle von 1918, entnommen den Notizbüchern L. von Andrian Werburgs – bei Kriegsausbruch österreichisch-ungarischer Generalkonsul in Warschau –, und ein Aufsatz, in dem der Historiker J. Leslie – 1988 – die angeführte Quelle analysiert) auf einen weiteren, weit weniger beachteten Aspekt aufmerksam. Er stellt die Balkankrise jedenfalls als primäre Ursache für den Kriegsausbruch in Frage. Dabei handelt es sich um die so genannte *Ruthenenfrage*. In Ostgalizien (Grenzgebiet zwischen Österreich und Russland) lebten Ruthenen (Westukrainer). Die Frage, ob dieses Gebiet Österreich oder Russland zugehörig sei, bildete einen langen Streitpunkt zwischen St. Petersburg und Wien. Laut Andrian wäre es wegen der Ruthenenfrage früher oder später auf jeden Fall zum Krieg zwischen Österreich und Russland gekommen. Andrian zufolge stand der Außenminister der Monarchie unter dem starken Einfluss einer Gruppe junger Diplomaten im Wiener Ministerium, die alle sehr stark von der antirussischen Politik seines Vorgängers geprägt waren. Alle hofften, Serbien werde das Ultimatum ablehnen, obwohl recht klar war, dass sich ein Konflikt mit Serbien bald zu einem Zweifrontenkrieg ausweiten würde. Fabian überzeugte Leslies Argumentation weitgehend. Er betonte dessen relativ lückenlose, in sich geschlossene, klar verständliche und nachvollziehbare Argumentation. Allerdings diskutiere er die These, der Krieg sei von Berlin ausgegangen, unhinreichend, weshalb seine Argumentationskette stellenweise recht einseitig sei. Zugleich betonte Fabian, dass Andrian die Vorgänge im Juli 1914 recht genau geschildert habe. Was er nicht mehr genau wisse, scheine er wegzulassen, wo er sich unsicher sei, gebe er dies zu, lege sich selbst Rechenschaft ab und hinterfrage seine Erinnerungsvermögen. Mit Blick auf die Kriegsschuld gebe er auch im Nachhinein zu, dass er dem Krieg lebhaft zugestimmt habe; auch weise er die Verantwortung nicht von sich. Dies spreche für seine Glaubwürdigkeit. Leslie wiederum bestätige immer wieder anhand zeitgenössischer Parallelbelege (auch als *Gegenerinnerungen* zu bezeichnen) Andrians Aussagen und zeige an keiner Stelle falsche Aussagen auf. Insofern sei die Quelle gut für weitere Recherchen zu verwenden. Leslie urteilt selbst, die von Andrian genannten Aspekte der Außenpolitik Wiens seien „*in der Literatur … weitgehend ignoriert*" worden.

Beurteilt Leslie Andrians Erinnerungsvermögen aber auch zu Recht als „*sehr genau*"? Diese Frage stand am Anfang unserer Diskussion. Einige bejahten dies: Da Andrian selbst Unsicherheiten zugebe, müsse er sich an anderen Stellen seiner Sache sehr sicher gewesen sein. Laura de Molière bemerkte jedoch, dass auch genaue Erinnerung an bestimmte Sachverhalte falsch sein könne. Sie könne unbewusst verändert und als die richtige aufgeschrieben worden sein. Ann-Kathrin Ruf erinnerte an Leslies These, wonach die Quelle nur eine Notiz für spätere Memoiren Andrians gewesen sei. Deshalb habe er die Unsicherheiten vielleicht aufgeschrieben, um sich später nochmals darüber zu informieren. Immerhin liegen die Ereignisse, von denen der Autor berichtet, vier Jahre zurück. Nicht umsonst beschreibt Leslie seinen Schreibstil als „*flüchtig*". Laut Fabian konnte sich Andrian aber jedenfalls an den roten Faden gut erinnern. Gaugau und Moritz Nocher betonten aber, dass die österreichische Niederlage im Krieg Andrians Erinnerung nachträglich beeinflusst, verändert haben müsse. Dabei sei zu bedenken, dass er immerhin selbst indirekt am Kriegsausbruch beteiligt gewesen sei. Vielleicht

habe er sein eigenes damaliges Denken und Handeln nachträglich rechtfertigen gewollt. Auch könnte er, so Patrik Schmidt, seinen Einfluss im Ministerium zu groß eingeschätzt haben. Als Beleg hierfür führt Patrik Andrians Behauptung an, eine frühere Aufrüstung Österreichs hätte den Kriegsverlauf entscheidend verändert und er, der Autor, habe dies gewusst. Insgesamt erschien uns ein abschließendes Urteil über Andrians Glaubwürdigkeit schwierig. Daran ändert auch Leslies vergleichsweise akribische Argumentation zunächst nichts. In diesem Kontext diskutierten wir auch Fabians positives Urteil über Leslies Arbeitsweise. Partiell vorbildlich fanden wir die weitestgehend schlüssige Argumentation, die genaue Schilderung der Entwicklung des einschlägigen Forschungsstandes, die konsequente Anwendung der h-k-M und die damit eng verknüpfte Nachvollziehbarkeit des Textes durch einen detailliert gearbeiteten Anmerkungsapparat. Diesbezüglich fragte Moritz: Überprüfen Historiker im Allgemeinen die Anmerkungen ihrer Kollegen auf ihre Richtigkeit hin? Von uns hatte dies bei Leslies Text jedenfalls keiner getan, weshalb wir ihm auch aufgesessen sein könnten. Christoph meinte, dies geschehe sicher oftmals nicht, man vertraue (manchmal zu blind), könne aber auch nicht alles überprüfen. Abschließend seien noch zwei Schemata angeführt. Das erste betrifft – an Leslies Beispiel erarbeitet – die Entwicklung historiographischer Forschung im Allgemeinen:

## Entwicklung historiographischer Forschung
## - *konkretes* Beispiel: John Leslie -

| Quellenlage *bis* 1988 | Beurteilung | Entwicklungsschritte |
|---|---|---|
| Ereignis selbst (1914-1918) | *„nur wenig verlässlich"* | unmittelbar |
| danach (1918-1976) | *„nur wenige . . . brauchbare"* | Erinnerungen |
| 1976 | *„einen wichtigen Schritt weiter"* | Aufzeichnungen Hoyos' |
| 1988 | *„bestätigt und erweitert"* | Andrian-Werbung |
| danach eventuell | → neue Quellenfunde<br>und/oder<br>→ veränderte Fragestellungen | |

Das zweite stammt von dem britischen Historiker D. C. Watt und betrifft eine „*developmental typology of the historiography of events*":

## Donald C. Watt
## development typology of the historiography of events

| **Phasen** | **Personen** | **Inhalt** | **Zeitpunkt** |
|---|---|---|---|
| 1 *erste* Erzählungen | Betroffene | subjektiv | (fast) zeitgleich |
| 2 *Gegen*erzählungen | Betroffene | subjektiv | beinahe zeitgleich |
| 3 *neue* Erzählungen → Basis neue Belege Phase 2 | Betroffene /Historiker | Versuch erster 'objektiver' Einordnung | etwas später |
| 4 Publikationen *offizieller* Dokumente und/oder Archivöffnung | Historiker | Zur-Verfügung-Stellung | 30-Jahre-Frist |
| 5 *neue* Generation von Historikern → Revisionisten | Historiker | Demythologisierung → *wie es (angeblich) eigentlich gewesen ist* | danach |
| 6 | (fast) kein Interesse mehr, außer (wichtige) neue Quellenfunde und/oder wichtige neue Fragestellungen | | |

## 6.5 Napoleon – ein „Sohn des Glücks“?

Gaugau Zhang
Betreuer: Patrik Schmidt

**Wie Historiker Quellen verführen können**

Am 26. Juni 1813 trafen sich Österreichs Außenminister Metternich und Frankreichs Kaiser Napoleon in Dresden zu einem 4-Augen-Gespräch. Es ging um Friedensbedingungen. Frankreich befand sich damals mit drei Großmächten (England, Preußen, Russland) im Krieg. Österreich wiederum konzentrierte sich noch auf eine *bewaffnete Vermittlung*. Sollte diese jedoch scheitern, wollte es auf alliierter Seite in den Krieg eintreten. In dieser Situation traf – so H. Kissinger (zu ihm noch später) – der „*Mensch des Maßes*“ (Metternich) auf den „*Willensmenschen*“ (Napoleon). Während dieses berühmten Gesprächs soll Napoleon getobt und Metternich sogar den Hut vor die Füße geworfen haben, den dieser jedoch nicht aufgehoben haben will. Und Metternich soll dem Kaiser beim Abschied dessen Untergang prophezeit haben: „*Sie sind verloren, Sire*“, was im Nachhinein geradezu prophetisch erscheint, bedenkt man den Ausgang der *Völkerschlacht von Leipzig* im Oktober 1813. Worauf aber beruht dieses Wissen? Historikern steht hierfür primär eine Quelle zur Verfügung, nämlich Metternichs Memoiren. Dieser war aber unmittelbar Beteiligter und gab vielleicht schon deshalb das damalige Geschehen nicht immer korrekt wieder. Zudem verfasste er seine Memoiren erst 1829. Konnte er sich also selbst beim besten Willen noch richtig erinnern? Historiker suchen nicht nur in solchen Fällen nach Parallelbelegen. Oft helfen sie auch weiter, in diesem Fall gibt es aber nur zwei weitere Berichte. Sie sind zwar zeitnah und der eine stammt sogar von Metternich, decken sich aber vielfach nicht mit seinem Bericht von 1829. Auch deshalb meinen die meisten Historiker dass Metternich seiner Phantasie mindestens ein wenig zu freien Lauf ließ und seine Erinnerungen von späteren Ereignissen geprägt wurden. Einiges soll er später hinzugefügt haben, um sich selbst als geduldigen Friedensdiplomaten und Napoleon als uneinsichtigen Machtmenschen darzustellen. Dennoch könnte seine Darstellung zutreffen. Was können wir also tun, wenn uns zu einem historischen Ereignis praktisch nur eine Quelle vorliegt? Bei dem Versuch, diese Frage zu beantworten, fällt auf, wie unterschiedlich Metternichs gedeutet wird.

Besonders interessant erscheint die Deutung des erwähnten Kissinger, da er als gelernter, promovierter und praktizierender Historiker und als Außenminister (hier Metternich gleich) Theorie und Praxis in seiner Person vereinigt. Deshalb ging Gaugau in ihrem Referat näher auf seine Person und Deutung ein (insgesamt analysierte sie neun, teilweise stark divergierende Deutungen). Ihm zufolge ist Metternichs Darstellung „*psychologisch richtig im Sinne der Geschichte der Alten*“. Manche Historiker pflichten ihm bei, dass Metternich das Treffen als „*logischen Zug auf dem politischen Schachbrett*“ sah, das Österreich die Koalition mit den Alliierten ermöglichte. Andere beurteilen Metternich als keineswegs so hellsichtig. Vielmehr habe er damals wirklich auf Frieden gehofft. Sein Biograph A. Palmer betont, dass der Bericht eher Metternichs Vorzüge betonen sollte, denn historisch gesehen sei das Gespräch eher „*unerheblich*“, es handelte sich demnach „*eher*“ um „*gutes Theater*“ als um „*entschlossene Diplomatie*“. Am interessantesten fand Gaugau zwei Autoren, welche die Quelle besonders augenfällig nicht mit der notwendigen kritischen Distanz analysierten. Sie würden die historische Wahrheit noch mehr verbiegen, als vielleicht schon durch Metternich selbst geschehen. Als relativ vorbildlich fanden wir das Vorgehen V. Sellins: Er argumentiert kritisch, distanziert und sachlich, womit er zum historischen Erkenntnisgewinn beiträgt. Besonders problematisch ist die erst 2008 erschienene Deutung des für provokante Thesen bekannten britischen Historiker A. Skeds. Ungeachtet dessen, dass viele Kollegen schon seit langem davor warnen, Metternichs Darstellung einfach Glauben zu schenken, zitiert er ohne jegliche Begründung wortwörtlich aus eben dieser Darstellung, ein trauriges Beispiel dafür, wie leichtfertig selbst arrivierte Historiker mit Quellen umgehen.

| AUTOREN | JAHR | SKEPSIS | BEGRÜNDUNG |
|---|---|---|---|
| **Bibl** | **1936 (1941)** | starke | recht genau |
| **Auernheimer** | **1947** | gar keine | keine |
| **Kissinger** | **1957 (1962)** | gewisse, aber ... | mit Gesamtsituation |
| **Berglar** | **1973** | gewisse, aber ... | mit Gesamtsituation |
| **Milne** | **1975** | geringe | keine |
| **Palmer** | **1977** | eher starke | nicht wirklich |
| **Herre** | **1983** | starke | recht genau |
| **Seward** | **1991** | nur punktuell | nicht wirklich |
| **Sellin** | **2001** | starke | sehr genau |
| **Sked** | **2008** | gar keine | keine |

Wir diskutierten zuerst die These, wonach die *Geschichte von den Siegern geschrieben wird*, in diesem Fall also von Metternich. Was hätte er geschrieben, hätte Napoleon den Krieg gewonnen? Dazu betonte Laura unter Verweis auf psychologische Experimente, dass Metternichs Erinnerung – gewollt oder ungewollt – von dem Bewusstsein, *Sieger* zu sein, beeinflusst wurde. Dem stimmten wir zu, sahen aber keine Möglichkeit, zu erkennen, ob ihm dies selbst bewusst gewesen sei. Dann ging es um die These, das Gespräch selbst sei eher „*unerheblich*" gewesen. Unsere Gegenthese: Dies müsse nachträglich aufgrund der Quellenlage offen bleiben. Es habe aber sehr lange gedauert (Patrik), da könnten schon wichtige Weichen gestellt worden sein. Vielleicht war Napoleon vor dem Gespräch doch noch zu einem Frieden bereit. Anschließend erörterten wir, wieso Historikern trotz identischer Quellenbasis zu ganz unterschiedlichen Deutungen gelangen. Cordula Rudek formulierte es provokant: In diesem Fall erfahre man vielleicht mehr über die Historiker (etwa darüber, wie sauber oder unsauber sie arbeiten) als über die Vergangenheit. Infolge all der Zweifel an der Glaubwürdigkeit der Quelle fragten wir uns, wozu sie uns überhaupt dienlich sein kann? Patrik meinte dazu, dass man viel über die Einstellung Metternichs zu Napoleon erfahre, für einen Biographen Metternichs sei sie also durchaus relevant.

## 6.6 Formen des Gedächtnisses bzw. der Erinnerung

Daria Hinz
Betreuerin: Laura de Molière

Hirnforscher haben zuletzt viel Neues über die Funktionsweise des Gehirns entdeckt. Noch wenig ist über das Verarbeitete selber bekannt. Man scheitert hier an der Frage der Herkunft dieser Informationen. Sie sind sozialer Natur, also in Kommunikation entstanden, entwickeln unser Gedächtnis

und halten unsere Erinnerung aufrecht. So können Kinder ohne Bewusstsein von sich selbst schon mit dem Leben vertraut gemacht werden. Durch Kommunikation entwickelt sich das Gehirn immer weiter. Deshalb ist die Entwicklung von Bewusstsein und Gedächtnis ohne andere unmöglich. Es gibt demnach zwei Formen von Gedächtnis: Die *kommunikative* und die *kulturelle*. Letztere wird allgemein verstanden als „*Sammelbegriff für alles Wissen, das im spezifischen Interaktionsrahmen einer Gesellschaft Handeln und Erleben steuert und von Generation zu Generation zur wiederholten Einübung und Einweisung ansteht*“, so H. Welzer in *Das kommunikative Gedächtnis* (2002), das Daria als Referatsgrundlage diente. Gruppenerinnerung entsteht demnach durch Geformtheit in Büchern und Bildern, ihrer Organisiertheit (etwa mittels Zeremonial und/oder Ritual) und ihrer normativen Verbindlichkeit. Die Gruppe kann durch Erinnerung verschiedene Dinge erfahren, zum Beispiel etwas über ihre Herkunft und Identität (Identitätskonkretheit). Auch kann sie mit Hilfe des kulturellen Gedächtnisses Erinnerungen rekonstruieren, obwohl sich dieselben jedes Mal ein wenig verändern. Diese Gedächtnisform ist an bestimmte Fixpunkte in der Vergangenheit gebunden, die ihr die jeweilige Bedeutung geben, und verändert sich nur über einen längeren Zeitraum hinweg. Im Gegensatz dazu besteht das kommunikative Gedächtnis aus mündlicher Überlieferung der letzten drei Generationen und wird deswegen auch *Kurzzeitgedächtnis der Gesellschaft* genannt. Es ist an seine lebenden Träger gebunden. So verändert sich das Gedächtnis mit seinen Kommunikatoren. Anders als das kulturelle Gedächtnis, ist das Erinnerungsprofil hier nicht an bestimmte Fixpunkte gebunden sondern verschiebt sich mit den Generationswechseln. Dauerhafte Bewahrung von Erinnertem ist so nur durch Umformung in das kulturelle Gedächtnis zu erreichen. Dies ist etwa möglich durch Organisation und Zeremonialisierung. Des Weiteren zeichnet sich das kommunikative Gedächtnis durch ein hohes Maß an Unspezialisiertheit, Unorganisiertheit und Wechselhaftigkeit aus. Allerdings lassen sich die beiden Gedächtnisformen nur analytisch trennen. Die Gruppe führt sie in das kollektive Gedächtnis zusammen. In der Praxis hängen die Formen also im Gesamtgedächtnis zusammen. Im Folgenden eine schematische Darstellung unterschiedlicher Gedächtnisformen:

## GEDÄCHTNISFORMEN

<table>
<tr><td colspan="8">I</td></tr>
<tr><td colspan="5">(1) ultrakurz<br>sensorisch</td><td>(2) kurz<br>Arbeitsgedächtnis</td><td colspan="2">(3) lang</td></tr>
<tr><td>a</td><td>b</td><td>c</td><td>d</td><td>e</td><td></td><td>a</td><td>b</td></tr>
<tr><td>ikono-<br>graphisch</td><td>auditiv</td><td>olfak-<br>torisch</td><td>gusta-<br>torisch</td><td>haptisch</td><td></td><td>deklarativ</td><td>prozedural</td></tr>
<tr><td colspan="6"></td><td>1 semantisch<br>2 episodisch</td><td>1 reflexiv<br>2 konditioniert<br>3 Priming</td></tr>
<tr><td colspan="8">II</td></tr>
<tr><td colspan="4">autobiographisch</td><td colspan="4">gruppenmäßig</td></tr>
<tr><td colspan="8">a rein individuell (???) b kommunikativ (generational) c kulturell</td></tr>
</table>

Wir diskutierten zunächst darüber, ob ein „*einsamer Mensch*“ (Daria) ein Gedächtnis ausbilden kann. Ihre in Anlehnung an A. Assmann formulierte, von Daria selbst hinterfragte These dazu: „*Ohne Kommunikation kein Gedächtnis.*“ Dem stimmte Kristian zu. Ein auf einer Insel einsam lebender Mensch könne sich wohl doch an eine ihm auf den Kopf gefallene Kokosnuss erinnern. Andere merkten an, dass zumindest ein (kleines) Kind ganz ohne andere Menschen nicht einmal kurz überleben könne.

Laura hingegen verteidigte die These als interessantes psychologisches Gedankenexperiment. Am Ende herrschte Dissens darüber, was mit Gedächtnis eigentlich gemeint ist: Ein Erfahrungsgedächtnis oder das Bewusstsein von sich selbst. Dann diskutierten wir unter anderem, ob Wissenschaft das Gedächtnisphänomen überhaupt adäquat erfassen kann. Laut Welzer ist dies aufgrund der „*sperrigen Instrumente der wissenschaftlichen Argumentation*“ nicht möglich. Aber Daria und Laura zufolge wird der wissenschaftliche und auch technische Fortschritt langfristig die hierbei zweifellos auftretenden Probleme vielleicht überwinden. Christoph hingegen gab Welzer recht. Künstler und Literaten hätten hier Vorteile. Zumindest könnten sie (zuweilen) den Sinn, die Essenz von Vergangenem besser erfassen und damit auch wiedergeben als Wissenschaftler.

## 6.7 Erinnerung aus Sicht der Hirnforschung.

Ann-Kathrin Ruf
Betreuerin: Laura de Molière

**Das Aus für die Arbeitsgrundlage für Historiker?**

Ann-Kathrin widmete sich neurobiologischen Vorgängen beim Wahrnehmen, Erinnern und Vergessen, an Hand eines Textes des Hirnforschers W. Singer (2001). Laut ihm ist das, was wir wahrnehmen, noch lange nicht wahr. Unser Gehirn hat Strukturen hervorgebracht, mit denen wir uns in unserer Umwelt behaupten können. Möglichst objektive Wahrnehmung ist dabei keineswegs wichtigster Faktor gewesen. Und unter allen Faktoren, die wir wahrnehmen, muss unser Gehirn eine Auswahl treffen zwischen jenen, die wir bewusst wahrnehmen, und jenen, die es uns quasi übersehen lässt. Diese „*selektive Aufmerksamkeit*“ ist wiederum mit zwei Prozessen eng verbunden (*bottom up* und *top down*). Bei dem Ersten ziehen einige besonders auffällige Faktoren unsere Aufmerksamkeit auf sich, ohne dass wir dies bewusst entscheiden. Dabei werden besonders starke neuronale Antworten in der Hirnrinde erzeugt, die unsere Aufmerksamkeit völlig beanspruchen. Hingegen lenken wir bei dem *top down*-Prozess unsere Aufmerksamkeit bewusst etwa auf eine bestimmte Handlung, die wir bereits erwartet haben, und übersehen so andere Handlungen bzw. nehmen diese nur unbewusst wahr. Doch auch beim Erinnern können mehrere Faktoren bewirken, dass das von uns Wiedergegebene nicht dem wirklich gesehenen entspricht. Dazu sind zwei Speicherfunktionen im Gehirn zu unterscheiden: das Kurzzeit- bzw. Arbeitsgedächtnis und das Langzeitgedächtnis, das sich wiederum so aufteilen lässt: Episodisch und deklarativ. In beide Speicher gelangen nur bewusst wahrgenommene Dinge, es wird also herausgefiltert. Zudem ist die Speicherkapazität vergleichsweise gering. Hirnforscher haben erkannt, dass die Erinnerung ein eigentlich kontinuierlich andauernder Prozess ist. Dabei werden Festschreibungen im Gehirn durch verschiedene Einflüsse begünstigt oder verhindert. So kann man sich an die letzte Nacht nach zu viel Alkoholkonsum nicht mehr erinnern. Auch Gehirnerschütterungen können Erinnerung auslöschen. „*Wenn Erinnern immer auch einhergeht mit neu einschreiben, dann muss die Möglichkeit in Betracht gezogen werden, dass bei diesem erneuten Konsolidierungsprozess auch der Kontext, in dem das Erinnern stattfand, mitgeschrieben und der ursprünglichen Erinnerung beigefügt wird*“, schreibt Singer zudem. Ereignisse, Orte oder Personen können also einer Erinnerung hinzugefügt werden, die damit gar nichts zu tun hatten (*Spurenamnesie*). Wir erinnern uns etwa an ein Zitat, aber nicht mehr an seinen Urheber. Mitunter geben wir auch erlernte Erkenntnisse als unsere eigenen wieder, weil wir nur noch Erinnerungen an das Ergebnis des Lernprozesses haben. Besonders die Prozesse des Vergessens bedürfen noch eingehender Untersuchung. Hirnforscher nehmen aber aufgrund der Natur der Speicherprozesse im Gehirn an, dass unter nicht-pathologischen Bedingungen einmal Gespeichertes nicht spurlos verschwindet. Daher dürften durch den Ausfall einzelner Nervenzellen oder durch nachträgliche Veränderung der Verbindungen bestimmte Gedächtnisinhalte auch nicht selektiv gelöscht werden. Vielmehr werden alte Erinnerungen durch neue überschrieben.

Beim Erinnern werden Neuronen in gewissen Konstellationen gebunden. Desto mehr Erinnerungen hinzukommen, desto mehr Konstellationen liegen also vor. Dadurch wird die Trennung einzelner Inhalte voneinander schwieriger, oder wir erinnern uns nur noch vage oder nicht mehr vollständig an bestimmte Geschehnisse.

Wir diskutierten nicht zuletzt sehr kontrovers, ob Singers Thesen das Aus für Geschichte als Wissenschaft bedeuten. Constanze meinte, sich an bedeutende historische Ereignisse und deren Umstände erinnern zu können. So habe sich der 11. September 2001 so stark in ihr Gedächtnis eingeprägt, dass sie noch genau wisse, was sie damals getan habe. Oliver, der im gesamten Kursverlauf die Bedeutung von Erkenntnissen der Hirnforschung für Historiker relativierte, nannte es gefährlich, das menschliche Gedächtnis grundsätzlich anzuzweifeln. Vertrauen sei ratsamer. Als Beispiel nannte er die *Hut-Szene*. Eine solche emotionale, sich stark einprägende Aktion erfinde man nicht einfach. Bei diesem Beispiel blieben wir noch, wie wir im Kursverlauf überhaupt öfter an vorangegangene Fragestellungen angeknüpft haben, was das Diskussionsniveau erhöhte. Christoph bezweifelte nicht die große Bedeutung des Treffens für Metternich, doch zeigten Ergebnisse der Hirnforschung, dass sich Erinnerung bei ständigem Wiedererinnern verforme. Patrik fragte, welche Kontrollmechanismen verhindern würden, dass sich immer wieder abgerufene Erinnerung falsch im Gehirn festsetze? Ann-Kathrin deutete die Wiedergabe der *Hut-Szene* als einen *Bottom-up-Prozess*, da er Metternichs gesamte Aufmerksamkeit auf sich ziehe. Was Napoleon währenddessen sonst noch tat (Geste, Handbewegung, Aussage), habe Metternich vielleicht übersehen. Daria machte aus der Not gewissermaßen eine Tugend: Wäre nämlich alles richtig, was in den Quellen stünde, „*bräuchten wir keine Historiker mehr*." Dem stimmte Gaugau zu, (unkorrekt) Erinnertes sei die Arbeitsgrundlage von Historikern. Unsere Geschichte bestehe primär aus menschlichen Schilderungen, diese seien eng verwoben mit Emotionen und sehr vielen Fehlern unterworfen. Gehe man aber davon aus, so Moritz, dass alles, was wir von Freunden etc. hören, zumindest ein wenig inkorrekt sein könne (so weit geht Singer selbst nicht), gäbe es keine Grundlage mehr für menschliches Zusammenleben.

## 6.8 Erinnerung aus Sicht eines Historikers. Cordula Rudek

**Plädoyer für eine neurokulturelle Wende der Zunft, weil sonst deren Aus droht.**

**Die gedächtniskritischen Forschungsansätze von Johannes Fried.**

Der Mediävist J. Fried hat mit seinem Buch *Der Schleier der Erinnerung. Grundzüge einer historischen Memorik* (2004) eine heftige Debatte unter Historikern ausgelöst. Dabei geht es nicht zuletzt um die Frage nach der Berücksichtigung von Erkenntnissen der Hirnforschung in der Historiographie. Fried tritt sehr dafür ein. Eine genauere Kenntnis der Arbeitsweise des Gehirns mache Verhalten historischer Akteure verständlicher. Über allem schwebt der ja auch in der Öffentlichkeit geführte Diskurs um den freien Willen. So fragt Fried, ob nicht alles vergangene Handeln neu bewertet werden müsse, „*weil es sich dem Willen der Handelnden entzog und statt dessen dem von genetischer Kondition, elektrochemischen Aktivitäten und kulturellen Inputs geregelten Spiel der Neuronen unterlag*". Sein Hauptaugenmerk liegt aber auf der Revision des uns ja bereits bekannten primären Arbeitsmittels von Historikern, der h-k-M. Besagte Revision erachtet er im Lichte der Gedächtniskritik als unumgänglich. Deshalb auch seine zweite, entscheidende Kernfrage: „*Wie also arbeitet das Gedächtnis und welche Folge hat diese Arbeitsweise für unsere Quellen, deren Kritik und Auswertung?*" In einem Cordula (sie hat dankenswerterweise das Referat übernommen, da die eigentlich vorgesehene Schülerin die Teilnahme abgesagt hat) als Referatsbasis dienenden Vortrag (2002) zeigt Fried beispielhaft, wie viel Vorsicht gegenüber erinnerten Vergangenheitszeugnissen geboten ist. Konkret geht es um ein Treffen zwischen Pionieren

der Atomphysik (N. Bohr und seinem Schüler und Freund W. Heisenberg), das im 2. Weltkrieg in Kopenhagen stattgefunden und den womöglich bevorstehenden Bau der Atombombe thematisiert haben soll. Viel mehr als dieses teils durch Dokumente gesicherte Faktengerüst ist über das Treffen nicht festzustellen, da die Erinnerungen der beiden einzigen Zeugen (eben Bohr und Heisenberg) zu kontrovers sind, sowohl bezüglich der jeweils eigenen Intention als auch des Zeitpunktes, des Ortes, des Verlaufs und der Dauer des Gesprächs. Selbst in sich sind die Erinnerungen unstimmig: So gibt Heisenberg 1945 an, 1944 hätte er den Bau der Atombombe durch die Amerikaner für unmöglich gehalten, 1948 erinnert er, 1942 sei den Amerikanern nach seiner Einschätzung die Bombe für 1944 zuzutrauen gewesen, 1965 schließlich will er seit 1941 für den Bombenbau freie Bahn gesehen haben. Im Laufe der Zeit wurde also aus dem *Nein* ein immer gewisseres *Ja*, wohl beeinflusst von dem Atombombenabwurf über Hiroshima im August 1945 und die Einsicht in die Machbarkeit der Bombe. Infolge dieser immer im Fluss befindlichen Fehlerhaftigkeit der Erinnerungsleistung schreibt Fried von der „*Verformung der Erinnerung*“. Der zuletzt skizzierte Fall, die völlige Umkehr des Erinnerten, also etwa Urteilsänderungen von *ja* zu *nein*, von *gut* zu *böse*, aber auch von *früher* zu *später* (als *Inversion* bezeichnet) ist nur einer von bis dato 19 solcher Verformungsfaktoren, die Fried auf Grundlage experimenteller Ergebnisse für die Historiographie erschlossen hat. Jede Quelle muss auf sämtliche dieser Faktoren hin muss untersucht werden, so sein Postulat. Er resümiert: „*Während das Gedächtnis progressiv an den Erinnerungen manipuliert, müssen Historiker regressiv die eingetretenen Erinnerungen erfassen.*“ Zu Beginn der Quellenanalyse steht demnach die Erkenntnis, dass die Erinnerungszeugnisse stets Gegenwartszeugnisse sind und erst sekundär von dem erinnerten Ereignis selbst künden. Deshalb, so Fried „*wohnt jeder Erinnerung immer ein Anfangsverdacht inne*“. Die Berücksichtigung dieser primären Verformungsfaktoren muss laut Fried zusätzlich zu der von der h-k-M längst beachteten Aufdeckung sekundärer Verformungskräfte, also etwa Selektion durch den Verfasser der Quelle oder bewusst ausgesuchte Erzählmuster, erfolgen. Falsche Erinnerungen können durch diese gründlichere Quellenkritik demnach zumindest oft aufgedeckt werden, obgleich dann noch lange nicht klar ist, wie sich aus welchen Gründen auch immer falsch Erinnertes tatsächlich vollzogen hat. Die Kooperation mit den Neurowissenschaften führt für die Historiographie also zunächst vor allem zur Destruktion verbreiteter Geschichtsbilder, selbst Handbuchwissen muss womöglich revidiert werden. Doch Fried schließt seine Ausführungen zur Gedächtniskritik hoffnungsvoll, freilich auch einige Erwartung an die Historikerkollegen implizierend: „*Wir stehen an einem Beginn!*“

Die Diskussion war sehr lebhaft und kontrovers. Vor allem wurde vermutet, dass Historiker überfordert seien, wenn sie bei jeder Quelle sämtliche Faktoren berücksichtigen sollten. Da jedoch in der nächsten Sitzung Kritiker von Fried noch ausführlich zu Wort kommen, sei dies hier nicht näher ausgeführt.

## 6.9 Erinnerung aus Sicht anderer Historiker.

Gesa Isermann
Betreuerin: Cordula Rudek

**Plädoyer für *keine* neurokulturelle Wende der Zunft, weil deren Aus auch dann nicht droht**

Die heutige Sitzung bildete einen argumentativen Kontrapunkt zu der Sitzung davor. Referats- und Diskussionsgrundlage waren zwei Texte, einer von dem für die *Frankfurter Allgemeine Zeitung* arbeitenden Journalisten und gelernten Historiker C. Geyer, der andere von dem Historiker M. Völkel. Wie schon angedeutet, kritisieren beide Autoren Frieds Standpunkt, allerdings aus unterschiedlichen Gründen. Geyer hält Frieds Forderung nach einer neuronalen Wende für unnötig. Sie beinhalte nur, was Philosophen, Psychologen und gute Menschenkenner schon lange zuvor behauptet hätten. Auch

sei neuronal basierte Gedächtniswissenschaft unmöglich an Toten zu betreiben. Überdies sei die Frage, welche Methode für die Historiographie angebracht wäre, weniger wichtig als die philosophische Frage, ob die Historiographie an sich überhaupt noch sinnvoll sei. Dies gelte sicher nicht, sei unser Wille sozusagen fremd-, weil hirngesteuert und also alles, was sich kulturell und historisch ereignete, nur Ergebnis nicht individuell steuerbarer, neuronaler Prozesse. Denn Historikern gehe es etwa um Handlungsmotive und eben nicht um neuronale Prozesse. Laut Geyer lässt man sich mit dem *neuronal turn* auf etwas höchst Unsicheres ein. Er bezweifelt, dass er sich bewährt, weil sich auch andere *turns*, nicht zuletzt der *linguistic turn* wieder verflüchtigt hätten, ohne große Spuren hinterlassen zu haben. Auch Völkel hält Frieds geforderte neuronale Wende für unnötig. Er findet es sogar relativ irrelevant, dass unser Gehirn allein durch Neuronenverknüpfungen gesteuert werden soll und wir nicht selbst entscheiden können, was wir wollen. Laut ihm bringt diese Erkenntnis die Historiographie um nichts weiter, was nicht schon durch Psycho- und Physiologen, Verhaltensforscher und Menschenkenner in Erfahrung gebracht worden ist. Des Weiteren ist laut Völkel Frieds Forderung nach einem *neuronal turn* schon deshalb nicht ernst zu nehmen, weil es diesem an einer Theorie fehle, die den Übergang von neuronalen Vorgängen zu kulturellen und historischen Resultaten erkläre. Aber selbst wenn es diese Theorie geben würde, bliebe sie laut Völkel rein spekulativ, da Gehirnforschung – hier deckt sich seine Kritik mit der von Geyer – nicht an Toten vollzogen werden kann. Eine neuronal basierte Historiographie mündet Völkel zufolge in eine Sinnfalle. Alles drehe sich nur noch ums Gehirn, nicht mehr um Geschichte. Wenn die Neurologen immer mehr Gehirn in die Gesellschaft bringen, müsse die Gesellschaft Historiographie ins Gehirn bringen, weil die Gesellschaft sonst alleine mit dem Gehirn dasteht und keinen Bezug mehr zur Historiographie hat. Bewerte man heutige Vorgänge neuronal, müsse man auf so viele Einzelheiten eingehen, dass man die ganze Welt in ein Labor verwandle.

In der Diskussion stimmte Kristian – mit Verweis auf die Psychologie – dem Vorwurf zu, wonach aus Frieds Überlegungen keine wirklich neuen Ansätze für die historiographische Praxis resultieren. Patrik und Moritz aber meinten, daraus, dass bestimmte mechanistische bzw. deterministische Vorstellungen schon seit Jahrhunderten existierten, ergebe sich keine Absage an die Notwendigkeit neuer und genauerer Erforschung dieser Ideen. Über die Frage, ob die Debatte um neurobiologische Einsichten letztlich das Aus für die Historiographie bedeute, tauchte die Vision einer der Neurobiologie als Hilfswissenschaft (im Sinne einer Art historischen Verhaltensforschung) angeschlossenen Historiographie auf, ganz wie es heute die Numismatik und Heraldik für die Historiographie sind. Christoph vermutete, Fried hoffe wohl insgeheim, dass es so weit nicht kommen, sondern dass die Hirnforschung in Zukunft der Historiographie als Hilfswissenschaft zur Seite stehen werde. Geyers These, dass auch viele andere historiographische *turns* nicht zu revolutionären Umwälzungen geführt hätten, wurde zwiespältig aufgenommen. Der *structural turn* habe ja sehr wohl eine – wenn auch nicht völlige – Abkehr von dem Diktum *Männer machen Geschichte* (H. v. Treitschke) gebracht. Vökls Argument, Historiker hätten mit den bisherigen Methoden und Ansätzen bereits alle Hände voll zu tun, kritisierte Gaugau hart als „*schlichtweg inkompetent*“, da Wissenschaftler neue Erkenntnisse nicht mit dem Argument der Überforderung ablehnen dürften. Christoph sprach in diesem Zusammenhang von einer Art reflexhaftem Selbstschutz. Oliver hingegen fand es legitim, wenn Historiker zunächst versuchen, die vorhandenen Erkenntnismittel vollends auszuschöpfen. Offen blieb, welche Theorie den Übergang von neuronalen Vorgängen zu historischen Resultaten erklären könnte. Cordula zweifelte, dass dies möglich sei: Denn um historische Fragestellungen neuronal zu erklären, müsste gewissermaßen jedem Ereignis eine chemische Reaktion zugeordnet werden. Gesa fragte, ob insbesondere Ereignisse, bei denen die Quellenlage vergleichsweise schlecht ist, neuronal erklärt werden können. Christoph mutmaßte (ein Argument Völkels aufgreifend), dass eine solche Theorie rein spekulativ bleiben müsste, da die Vergangenheit sich jedem Beweis dieser Art entziehen würde. Diese Lücke sei nicht zu schließen, weshalb letztlich doch alles auf Frieds verfeinerte Quellenanalyse hinauslaufe.

## 6.10 Erinnerung in der historiographischen Praxis.

Lukas Wehrheim
Betreuer: Patrik Schmidt

**Das schwierige Ringen von Mediävisten um historische Erkenntnis**

Lukas' Referat beschäftigte sich mit Hintergründen und Vorgeschichte der Kaiserkrönung von Karl dem (so genannten) Großen durch Papst Leo III. 800. Als Grundlage diente erneut ein Aufsatz J. Frieds von 2001. Er stammt damit aus einer Zeit, in der Fried noch nicht über das Problem der Erinnerung publiziert hatte. Lukas gab anhand der Untersuchung zweier Fallbeispiele und der besonderen Stilistik Frieds Einblick in dessen Arbeitsmethoden und Charakteristika. Zur Einführung erfolgte ein Überblick über Karls Herrschaftszeit. Neben seiner innenpolitischen Agenda (etwa Versuch einer einheitlichen Gesetzgebung und Förderung der Wissenschaften), wurden auch Karls Bestreben den fränkischen Machtbereich zu sichern und auszudehnen, erwähnt. Danach wendete sich Lukas dem ersten Fallbeispiel zu, dem Attentat auf Papst Leo III., das Fried unter dem Aspekt widersprüchlicher Quellenangaben (aber noch ohne Berücksichtigung von Erkenntnissen der Hirnforschung) untersuchte. Anhand des Vergleichs fränkischer und päpstlicher Quellen weist er nach, dass Leos Gegner nicht einen, sondern zwei Angriffe auf ihn führten, wobei es bei dem zweiten zu einem förmlichen Absetzungsverfahren kam. Lukas zufolge analysiert Fried die verfügbaren Quellen sorgfältig und argumentiert schlüssig. Danach widmete er sich Fallbeispiel zwei, den Hintergründen der Kaiserkrönung Karls. Laut Fried wurde ihm die Kaiserwürde nämlich schon vor der Krönung im Jahre 800 in Rom von einer byzantinischen Gesandtschaft vergeben. Erneut stellte Lukas Frieds Argumentation und die von ihm verwendeten Quellen vor. Zudem zeigte er an diesem Beispiel die von Fried praktizierte Unterscheidung von Quellen in drei Ebenen, nämlich 1: das reale Geschehen, die Fakten, 2: die Deutung derselben durch Verursacher und Opfer oder weitere Beteiligte, 3: die nachträgliche Montage der Vergangenheit durch erinnernde Geschichtsschreiber oder kritische Historiker, die historiographischen Konstrukte. Frieds These einer schon durch Byzanz übertragenen Kaiserwürde erachtete Lukas für fragwürdig. Anschließend stellte Lukas die Dramaturgie und die stilistischen Mittel Frieds vor. Zu nennen wäre hier etwa der furiose Anfang des Texts, der eher einem Thriller als einem Sachtext gleicht. Obwohl die oftmals fehlende Übersichtlichkeit in Frieds Aufsatz zu kritisieren ist, beurteile er Frieds Darstellung insgesamt positiv.

Die Diskussion drehte sich diesmal primär um Frieds Arbeitsweise bzw. die von Historikern generell. So erörterten wir, ob bestimmte Stilelemente (etwa das für historische Texte ungewöhnlich häufige Einschieben von Fragen) beim Textverständnis stören und in einem Text mit wissenschaftlichem Anspruch zumindest weniger oft vorkommen sollten. Oliver und Christoph meinten, Fragen würden den Denkprozess sichtbar machen. Laura zufolge stellt Fried aber zu viele Fragen auf einmal und beantwortet sie erst später, weshalb man ihm nur schwer folgen kann. Vor allem Kristian und Gaugau fanden den Text angenehm zu lesen, auch durch Einsetzung besonderer, sonst eher selten verwendeter Stilmittel wie des Trikolons. Allerdings meinte Gaugau zugleich, dass man gerade infolge dessen manchmal unaufmerksam werde. Dem pflichtete Laura bei. Vielleicht wolle Fried dadurch aber dem Leser suggerieren, dass seine Darlegungen wahr seien. Diese Gefahr betonte auch Patrik. In diesem Kontext fragte Moritz, ob Historiker Geschichten erzählen dürfen? Und sollen ihre Texte auch für Laien verständlich sein? Dazu verwies Daria auf einen Historiker, der einmal gesagt habe, einen wissenschaftlichen Text solle kein Laie verstehen können. Dies wurde einhellig kritisiert und zugleich von Gesa und Kristian unterstrichen, dass Fried stets seriös bleibe und auf hohem Niveau argumentiere. Allerdings hakte Moritz hier nach und fragte, ob es etwa legitim sei von *„gefährlichen Zeiten"* (303) zu schreiben? Constanze bejahte dies, da Fried seine Aussage begründe. Dazu meinte

Michaela generell: Wenn solche, ansonsten eher in literarischen Texten zu findenden Aussagen begründet würden, dürften sie auch gemacht werden. Christoph fragte, ob es auch legitim sei, einfach drei Punkte zu setzen („. . . “). Laut Kristian schließen sich literarisch und wissenschaftlich gegenseitig nicht aus, was Constanze negierte, da etwa Punktsetzung umgangssprachlich sei. Nicht nur hier half uns Cordula, die mit Frieds Arbeitsweise aus nächster Nähe vertraut ist, weiter: Er denke sich sehr viel Wert bei Zeichensetzung. Christoph fragte, ob wir hier nicht eine sozusagen sehr teutonische Diskussion führen. Wenigstens im Angel-Sächsischen Raum würden sich Historiker oft ganz bewusst literarischer Stilelemente bedienen, ohne dass dies Kritik hervorrufe.

## 6.11 Menschen erinnern sich: Albert Speer.

Constanze Thomas
Betreuerin: Michaela Feldman

**Der einzige hohe NS-Funktionär, der sich zu einer Verantwortung bekannte: Ein Lügner?**

Diese Sitzung basierte auf dem ebenfalls von J. Fried verfassten Aufsatz *Erinnerungen im Kreuzverhör-Kollektives Gedächtnis, Albert Speer und die Erkenntnis erinnerter Vergangenheit* (2006). Wie Constanze in ihrem Referat verdeutlicht, behandelt Fried darin drei größere Themen, nämlich erstens individuelle und kollektive Erinnerung, zweitens das Phänomen der Verformung von Erinnerungen und dies alles (und drittens) am Beispiel von A. Speer. Fried zufolge vermögen sich nur Individuen zu erinnern. Kollektives Erinnern entsteht demnach stets auf Basis individuellen Erinnerns. Unter kollektiver Erinnerung versteht er die Erinnerung der vielen, die unter gleichartigem Formungsdruck stehen (Erziehung und Sozialisation, Erlebnisse und allgemeine Bedürfnisse, Interessen und Massenmedien). Somit prägt kollektive Erinnerung wiederum individuelles Erinnern. Fried deutet dies als ein „*Hin und Her*“, das einen gemeinsamen Bereich enthält, in dem das kommunikative und auch das kulturelle Gedächtnis unter anderem wirkt. Das Kollektiv und das Individuum sind nie voneinander isoliert. Wie schon 2002, so betont er auch 2006, dass keine Erinnerung gleich bleibt, schon alleine wegen nicht genügender Zellmasse und den Verformungsfaktoren. Überdies divergiere Erinnerung zwischen Individuum und der Gesellschaft. Solle eine Erinnerung über einen längeren Zeitraum festgehalten werden, könne man versuchen, sie zu kanonisieren. Dies spielt besonders im Fall Speers eine große Rolle. Vielen dürfte der letzte Rüstungsminister Hitlers bekannt sein. Er gab unter anderem Materialien für Konzentrationslager frei und erhöhte die deutsche Kriegsproduktion durch den Einsatz von Millionen Zwangsarbeitern, was den Krieg Jahre verlängerte und Tausenden Zivilisten ihr Leben kostete. Nach Kriegsende wurde Speer bei den Nürnberger Kriegsverbrecherpozessen wegen *Kriegsverbrechen*und *Verbrechen gegen die Menschlichkeit*zu 20 Jahren Haft verurteilt. In dieser Zeit schrieb er die *Spandauer Tagebücher*, die unter anderem über seine Haftzeit, sein Verhältnis zu Hitler, seine Zeit im NS-Regime berichten. Sie entstanden aus in der Haftzeit angefertigten Notizen. Sie wurden danach unter anderem mit Hilfe von J.C. Fest (späterer Biograph Hitlers) überarbeitet. Fried zufolge wendet Speer in ihnen eine ausgeklügelte Taktik an, um Erinnerungen zu verändern, sein eigenes Bild des intelligenten, talentierten und introvertierten Künstlers zu erhalten, das die Alliierten von ihm hatten und natürlich das Bild des „*guten Nazis*“. Speer bekennt sich zwar moralisch schuldig und will eingenommen von Hitler gewesen sein, nicht aber von der NS-Ideologie. In einer Mischung aus Schuldbekenntnis und Schuldverleugnung versuchte er, sein positives Image zu wahren. Fried versucht, die Unwahrheiten, wozu auch die verschiedenen Erinnerungsverformungen beitragen, mit Hilfe von Parallelbelegen aufzudecken. So berichtet Speer über die so genannte *Reichskristallnacht*, das Geschehen habe ihn „*unberührt gelassen*“. Doch im Zuge der Überarbeitung seiner Memoiren wandelte er dieses Geschehen in „*eine der deprimierendsten Erfahrungen meines Lebens*“ um. Noch mehr bringt

die Posener Rede des SS-Reichsführers H. Himmler (6. Oktober 1943), in der er vor SS- und Parteifunktionären den Plan der systematischen Ermordung der europäischen Juden zugab, Speers Mythos zum wackeln. Dieser aber will bis zu seinem Lebensende hiervon nichts gewusst haben. Doch sprach Himmler Speer in dieser Rede direkt an, der wiederum erst 1971 von der Existenz einer Mitschrift erfuhr. Daraufhin erklärte er, vor der Rede abgereist zu sein, weil Hitler ihn treffen wollte. Die direkte Anrede von Himmler müsse ein Fehler dessen sein. Fried hält dies für unwahrscheinlich. So findet sich in den Tagebüchern von J. Goebbels kein Vermerk über die Abwesenheit Speers. Auch in Hitlers erhalten gebliebenem Terminkalender ist erst einen Tag später ein Treffen mit Speer notiert. Doch gibt es auch noch andere Indizien, so etwa die Zeugenaussage einer Person, die mit Speer nach Rastenburg gereist war. Abschließend betonte Constanze noch einmal Frieds wichtigste Aussagen: Die neuronale Wende ermögliche der Geschichtswissenschaft neue Erkenntnisse. Der Historiker müsse unterscheiden zwischen dem *was* erinnert wurde und *wie* es erinnert wurde. Die fraglichen Zeugnisse sollten dafür hypothetisch entzerrt und korrigiert werden, die hypothetisch-historische Argumentation tritt also stärker in den Vordergrund. Dadurch lasse sich mehr über die Dynamik des kulturellen Wandels erfahren. Abschließend kritisierte Constanze Frieds These, wonach wir Menschen gerade auf Grund unserer fehlerhaften Erinnerung kreativ bzw. schöpferisch seien als nicht begründet.

In der Diskussion wurde unter anderem diskutiert, ob Speer (auch) bewusst gelogen hat. Gesa bejahte dies unter Hinweis auf einschlägige Textstellen, meinte aber zugleich, dass er vielleicht irgendwann seine eigenen Lügen geglaubt habe. Lukas gab in diesem Kontext Speers mögliche Ideologieverstricktheit zu bedenken: Eventuell habe er selbst nicht mehr gewusst, was sozusagen Dichtung und Wahrheit sei. Speers Erinnerungsvermögen zweifelten wir auch dort an, wo er über recht lange Passagen wörtliche Zitate von früheren Begegnungen (etwa mit Hitler) wiedergibt: Er könne unmöglich ein so gutes Gedächtnis gehabt haben, und insofern frage sich, was mit diesen Zitaten überhaupt anfangen kann. Denn schon geringe Erinnerungslücken könnten die Veränderung wichtiger Aspekte bewirken. Christoph verwies im Weiteren auf einen jungen Historiker, der bereits 1982 mannigfaltige Ungereimtheiten in Speers *Spandauer Tagebüchern* konstatierte, was von der Forschung aber weitestgehend unbeachtet geblieben sei. Wir überlegten, dass dies nicht zuletzt damit zu tun haben könnte, dass diese Erkenntnisse sozusagen nicht dem Zeitgeist entsprachen. Speer galt noch als *guter Deutscher* und da er sich zugleich als schuldig bekannte, fühlten sich auch viele andere Deutsche dadurch moralisch entlastet.

## 6.12 Menschen erinnern sich: Adolf Hitler.

Michelle Schäfer
Betreuer: Moritz Nocher

**Der höchste NS-Funktionär: Nicht erst recht ein Lügner?**

Wir haben schon zuvor festgestellt, dass der Begriff *Erinnerung(en)* Unterschiedliches bedeuten kann und unterschiedlich verwendet wird. Letzteres gilt auch für A. Hitler, wie sich an Hand seines während seiner 8-monatigen Haft (1923/24) in der Festung Landsberg verfassten Werkes *Mein Kampf* gut herausarbeiten lässt. Einschlägige Auszüge aus diesem ja nach seinem Erscheinen vermeintlich viel zu wenig gelesenen Werk dienten Michelle als Textgrundlage. So verwendet Hitler den Terminus etwa im Sinne einer Erinnerung an reine Emotionen, und zwar bezogen auf seine Erlebnisse während seiner Wiener Zeit. Dabei behauptet er indirekt in seinem Werk, dass jeder Mensch individuelle Erinnerungen hat, an die er sich korrekt erinnern kann. Überdies benutzt er ihn im Sinne einer Erinnerung von Gruppen, also durchaus im Sinne eines kommunikativen oder kollektiven Gedächtnisses. Zu bedenken ist bei der Analyse seiner Ausführungen stets seine sehr unwissenschaftliche und verallgemeinernde Schreibweise. Dies erkennt man an seiner äußerst subjektiv geprägten Schilderung

der Zeit vor dem Ersten Weltkrieg. Und das Kriegsende beschreibt er als tiefen Sturz aus „*der früheren Höhe*“ und erinnert sich an „*damalige Größe und Herrlichkeit*“. Allerdings ist dies sein persönlicher Eindruck, der nicht auf das gesamte deutsche Volk zutrifft. Eine weitere wichtige Erinnerungsform ist die Erinnerung als Glorifizierung. So schreibt Hitler, dass ihn während seiner Schulzeit die Sonne mehr als das Zimmer gesehen habe. Dies soll wohl bedeuten, dass er so gut in der Schule war und deswegen nicht viel lernen musste. Allerdings unterschlug er den Aspekt, dass er keinen Schulabschluss erreicht hatte. Er verfälscht also sein eigenes Leben. Durch eine solche, hier nur beispielhaft angeführte Vorgehensweise könnte er seine Leser manipuliert bzw. beeinflusst haben. Überdies gibt er Ratschläge für die effiziente Verwendung von Erinnerungen. Er erklärt, dass es manchmal von Nöten ist, Erinnerungen zu tilgen, oder dass manche Erinnerungen ganz besonders im Gedächtnis der Menschen haften bleiben sollen. Abschließend kann man festhalten, dass viele der von Hitler angeführten „*Erinnerungen*“ ganz oder zumindest teilweise angezweifelt werden müssen.

Immer wieder wird ja behauptet, dass alles anders gekommen wäre, wenn nur genügend viele Zeitgenossen *Mein Kampf* rechtzeitig bzw. überhaupt gelesen hätten. Diese These wurde in der Diskussion sehr kontrovers besprochen. Dabei verwies Cordula auf die damalige Gesamtkonstellation. Die Folgen etwa der Weltwirtschaftskrise hätten schwerer gewogen als Sorgen etwa vor Hitlers rassistischen antijüdischen Aussagen in *Mein Kampf*. Michaela meinte, viele Menschen hätten damals zumindest ähnlich, wenn nicht genauso gedacht, vielleicht hätte Hitler sogar noch mehr Zulauf erhalten. Dann erörterten wir an einzelnen Textstellen, ob das, was in *Mein Kampf* steht, überhaupt ernst zu nehmen ist, ob es aufrichtig oder aber (nur) propagandistisch ist. Laura zufolge ist letzteres der Fall: Schließlich schreibe Hitler selbst, wie leicht man Menschen beeinflussen könne. Constanze verwies auf die sich hier in besonderem Maße zeigende Notwendigkeit von Parallelbelegen. Ann-Kathrin erklärte, diese Quelle sei genauso zu behandeln wie alle anderen Quellen. Grundsätzlich müsse man ihr also mit nicht mehr bzw. mit genauso viel Argwohn begegnen wie Quellen überhaupt. Dabei wies Patrik nach, dass manche Angaben Hitlers auch zutreffen.

## 6.13 Menschen erinnern sich: Carl J. Burckhardt.

Oliver Ditthardt
Betreuer: Moritz Nocher

**Wie Historiker Quellen verführen können**

Olivers Referat behandelte Leben und Wirken des 1981 verstorbenen Schweizer Diplomaten und Historikers C. J. Burckhardt und dabei wiederum vor allem eine Passage aus seinem 1960 publizierten Memoirenwerk *Meine Danziger Mission 1937-39* und die damit einhergehende Erinnerungsproblematik. Für uns wichtig war insbesondere, dass er 1937 zum Völkerbund als Kommissar für die Freie Stadt Danzig bestellt wurde. In seinem Buch berichtete Burckhardt unter anderem über ein persönliches Gespräch mit Hitler, das am 11. August 1939 stattfand. Rund drei Wochen später brach der Krieg aus. Burckhardt rekapituliert es und zitiert den deutschen Reichskanzler unter anderem wie folgt: „*Alles was ich unternehme, ist gegen Russland gerichtet; wenn der Westen zu dumm und zu blind ist, um dies zu begreifen, werde ich gezwungen sein, mich mit den Russen zu verständigen, den Westen zu schlagen, und dann nach seiner Niederlage mich mit meinen versammelten Kräften gegen die Sowjetunion zu wenden. Ich brauche die Ukraine, damit man uns nicht wieder wie im letzten Krieg aushungern kann.*“ In diesem laut Burckhardt selbst „*allermerkwürdigsten Ausspruch*“ offenbarte sich Hitlers künftiges Kriegsprogramm. Ist er aber wirklich authentisch? Zahlreiche Historiker haben ihn für bare Münze genommen, da er Hitlers weitere Außen- oder Kriegspolitik treffend beschrieb. Doch warum sollte Hitler sich ausgerechnet Burckhardt gegenüber offenbaren? Schließlich musste er damit rechnen, dass letzterer seine Worte sofort an Paris und London weitergeben würde. Der vermeintliche Ausspruch gibt aber noch weitere Rätsel auf. Denn in Aufzeichnungen von zwei Diplomaten, denen Burckhardt über das Gespräch berichtet hat, bleibt das Zitat unerwähnt. Dies machte schon vor Längerem Historiker misstrauisch.

1991 behauptete dann P. Stauffer (wie Burckhardt Diplomat und Historiker), Burckhardt habe den Ausspruch nachträglich hinzugefügt und zweifelte überdies die Authentizität anderer Tagebucheinträge, Briefe und Memoiren Burckhardts und dessen Glaubwürdigkeit als Historiker und Zeitzeugen generell an. Dies führte zur *Stauffer-Dönhof-Kontroverse*: M. Gräfin Dönhoff (verstorbene Mitherausgeberin der *Zeit*), verteidigte dabei ihren langjährigen Freund gegen Stauffers Vorwürfe. Doch erachten nunmehr viele Historiker Burckhardts Zeitzeugenschaft vielfach für äußerst zweifelhaft. Es wurde mehrfach nachgewiesen, dass er es mit der historischen Wahrheit nicht sehr genau nahm, um Freunde zu verteidigen oder ihren Ruf aufzubessern. Auch scheint er vergangenes Geschehen verfälscht zu haben, um selber in einem guten Licht dazustehen. Gerade Prognosen und Einschätzungen, die sich später als falsch erwiesen, vertuschte oder änderte er später. Allerdings ist oft unklar, ob er sich bewusst oder unbewusst falsch erinnerte. Wie dem auch sei: Es zeigt sich nicht nur hier, dass Memoiren und Tagebucheinträge sehr kritisch als auch nur relativ verlässliche historische Quellen zu bewerten sind. Es besteht die Gefahr, dass die eigene historische Wahrnehmung im Nachhinein absichtlich oder unabsichtlich verfälscht und damit die geschichtliche Wahrheit verzerrt wiedergegeben wird. Bei derartigen Publikationen existiert eine große Versuchung, die Vergangenheit nach dem eigenen Willen auszugestalten.

In der Diskussion diskutierten wir intensiv über die Stauffer-Dönhof-Kontroverse. Moritz gab zu bedenken, dass Dönhofs Freundschaft zu Burckhardt ihre Haltung beeinflusst haben könnte. Auch stelle sich die Frage nach ihrem Erinnerungs-, aber auch nach ihrem Reflexionsvermögen. Patrik verwies auf ein Diktum Kissingers bezüglich der Authentizität von Metternichs Erinnerungen. Sie seien *„psychologisch richtig“*. In Burckhardts Fall jedoch würden die Contra-Argumente zu sehr überwiegen. Hat Burckhardt nun bewusst gelogen? Lukas bejahte dies, weil man eine so eklatante Aussage nicht unbewusst erfinden könne. Oliver bekräftigte dies mit der Überlegung, dass Burckhardt Hitler unterschätzt und dies nachträglich zu vertuschen versucht habe. Schließlich mündete unsere Diskussion in die grundlegende Frage, inwiefern Memoiren überhaupt Aufschluss über vergangenes Geschehen geben können. Irgendwie verwertbar seien sie jedenfalls (zum Beispiel um etwas über Denkweisen eines Autors zu erfahren), meinte Moritz, aber damit noch keineswegs verlässlich.

## 6.14 Historiker erinnern sich.

Kristian Knauff
Betreuer: Christoph Berger Waldenegg

**Der Historiker als Kind und Gefangener seiner Zeit und Erfahrung**

In dem letzten Referat referierte Kristian über ein historiographisches Schlüsselproblem, dem Verhältnis zwischen *Emotionalität* und *Sachlichkeit* bei der Erforschung der Vergangenheit. Grundlage waren Auszüge aus der Dissertation von N. Berg *Der Holocaust und die westdeutsche Geschichtswissenschaft. Erforschung und Erinnerung* (2003). Sie hat zumindest bei Historikern Aufsehen erregt. Historiker versuchen zumeist, ihre Forschungen soweit wie irgend möglich emotionslos zu betreiben. Kann dies aber (immer ganz) gelingen, nicht zuletzt, wenn es um die systematische Ermordung der Juden geht, ein besonders für deutsche Historiker nach wie vor schwieriges Thema? *„Bis heute“*, so der Neuzeitler P. Steinbach,versage die menschliche Sprache, *„um die Ungeheuerlichkeit“* des *„Entschlusses zum Völkermord auszudrücken“*. Eine hierbei entscheidende Frage lautet: Ist Sachlichkeit gerade bei diesem Thema nicht das einzige Mittel, der Grausamkeit entgegenzutreten?

Dies bejaht **etwa H.E. Holthusen**: Man müsse „sachlich“ hierüber reden, „als ob es um ein historisches Faktum unter anderem ginge und nicht um die Annullierung alles menschlichen Fassungsvermögens“, also „mit gebändigtem, gewissermaßen schon überwundenem Entsetzen“. Man dürfe sich bei der Erforschung nicht übermannen lassen, was nur durch emotionale Distanz gelinge. Zunächst widersprachen nach 1945 nur wenige diesem sine ira-Axiom, so etwa H. Arendt: „Die Konzentrationslager „sine ira“ zu beschreiben, heißt nicht objektiv zu sein, sondern sie zu entschuldigen;

und eine solche Entschuldigung wird auch nicht durch eine Verurteilung, die der Autor vielleicht pflichtschuldig hinzufügt, die aber ohne Beziehung zur Beschreibung selbst bleibt, verändert.“ Noch schwerer, als auf deutschen Historikern lastete die Forderung nach Sachlichkeit auf jenen jüdischer Herkunft. Selbst das, was ihren eigenen Familien angetan wurde, sollten sie möglichst emotionslos beurteilen. Dabei proklamierte der Auschwitzüberlebende und Historiker H. Langbein Sachlichkeit als das höchste Gut der Historiographie. Entsprechend veränderte er den ursprünglichen Titel seines Werkes „*Teufel und Verdammte*“ in „*Menschen in Auschwitz*“, zweifelte sogar Berichte von Überlebenden an und versuchte die Täterseite nachzuvollziehen. Sogar den Lagerarzt nannte er eine Person, die „*widerwillig im Vernichtungsapparat diente*“. Keiner vereinte die **Besessenheit** vom Holocaust und das Bestreben, sich selbst durch dessen Erforschung zu therapieren, so sehr wie H.G. Adler: „Als es zu *den Deportationen kam, habe ich mir gesagt: Das überlebe ich nicht. Aber wenn ich es überlebe, dann will ich es darstellen und zwar in zweierlei Weise: Ich will es wissenschaftlich erforschen und in DIESER Gestaltung vollkommen von mir als Individuum loslösen, und ich will es dichterisch in irgendeiner Weise darstellen. Beides habe ich getan, und dass ich es getan habe, ist noch kein großes Verdienst, aber doch eine kleine Rechtfertigung dafür, dass ich diese Zeit überlebt habe.*“ Demnach wird wissenschaftliche Neutralität nur durch einen Balanceakt zwischen beiden genannten Ausdrucksformen möglich. Adler trennte Wissenschaft und Lyrik vollkommen voneinander, füllte sie jedoch beide mit dem gleichen Inhalt. Und was die Wissenschaft nicht leisten konnte, leisteten für ihn seine Romane, seine Prosa und Lyrik. Zentral ist seine These, das ethnologische Prinzip der *teilnehmenden* (und doch distanzierten) *Beobachtung* habe ihm als Vorbild beim Schreiben gedient. Konnte ihm dies gelingen, war er doch selbst Opfer? Dennoch erklärte er: *„Du musst das Leben in dieser Gesellschaft so vorurteilsfrei und nüchtern wie ein Gelehrter betrachten, der einen kaum bekannten Volksstamm erforschen will, und du darfst dich dabei in nichts von der waltenden Ordnung ausschließen, du musst an allem, was hier geschieht, immer ganz beteiligt bleiben.*“ Für ihn war die am eigenen Leib erlittene Grausamkeit in Person des Wissenschaftlers und Literaten nur durch ihre Versachlichung und gleichzeitige Emotionalisierung zu verarbeiten. Er betrachtete Versachlichung als Therapieform und die gleichzeitig entstehende Emotionalität im lyrischen Werk zu verarbeiten. Er klammerte sich schon im Lager förmlich daran, dass er als Betrachter fungiert, ja er klammerte sich an seine Aufgabe dies alles das er erlebt wiederzugeben, für die Nachwelt greifbar zu machen, damit sie die Grausamkeit zu erfahren im Stande sein wird. Dieser Wille war Therapie und Lebenselixier für ihn.

Ist ohne Emotionen keine Sachlichkeit möglich? Diese Frage beschäftigte uns in der Diskussion besonders intensiv. Gesa betonte überzeugend, dass man, um bloße Fakten zu erkennen, keine Emotionen benötige; vielleicht sei dies anders, um nicht nur die Ermordung, sondern etwa auch das Ende der Weimarer Republik zu verstehen, wobei hier vielleicht besser von Empathie zu sprechen wäre. Moritz thematisierte dazu den Begriff *Ermordung*. Schon er beinhalte bzw. evoziere (beim Leser) Emotion, auch wenn uns das nicht bewusst sei. Dennoch sei er adäquater als etwa von *Ableben* zu sprechen. Auch diskutierten wir, ob es möglich sei, andere Völkermorde emotionsloser zu erforschen.

## 6.15 Abschließende Sitzung

Christoph Berger Waldenegg

In unserer abschließenden Sitzung erörterten wir noch Aspekte, die einzelnen TeilnehmerInnen noch besonders am Herzen lagen. Außerdem diskutierten wir über den inhaltlichen und Verlauf des Kurses und die Atmosphäre in ihm (was wir auch schon ungefähr nach der Hälfte des Kurses getan hatten, um Aufschluss darüber zu finden, ob wir anders als bisher vorgehen sollten). Insgesamt darf wohl gesagt werden, dass der Kurs allen TeilnehmerInnen Spaß gemacht und auch inhaltlich viel – wie man so schön sagt – gebracht hat. Ob nun aber beispielsweise Constanze wirklich Geschichte studieren wird, dass muss sich erst zeigen.

# 7 Kursübergreifende Angebote

Aufgrund der Gesamtteilnehmerzahl von über 60 hatten wir uns entschlossen, die Einteilung der Gruppen für die kursübergreifenden Inhalte ebenso wie diejenige der Kurse schon vor Beginn der Akademie vorzunehmen. Einige der Angebote waren bereits in der Ausschreibung abgedruckt, die anderen hatten Studierende während des Vorbereitungsseminars in der Osterzeit gemacht. Im Tageslauf war vormittags eine Stunde, nachmittags eine Doppelstunde für die musischen Inhalte vorgesehen; und für SchülerInnen stand noch die Zeit der pädagogischen Besprechung direkt nach dem Abendessen zur Verfügung. Aus Gerechtigkeitsgründen wurden die Inhalte der langen und der kurzen Einheit nach der Hälfte der Tage getauscht. Der Chor fand in den ersten beiden Tagen wiederum als Plenumsveranstaltung statt und sang diesmal sogar vierstimmig.

## 7.1 Chor

Leitung: Dirk Schneider
Bericht: Alke Stelling und Tanja Jakowlewa

In den letzten zehn Tagen stellten sich zwölf mutige Schüler und Betreuer der Herausforderung, sich gemeinsam sängerisch zu betätigen. Unterstützt wurden diese von Musikstudent Dirk Schneider. Der Chor setzte sich aus brummenden Bässen, einem einsamen Tenor, dem schüchternen Alt und dem forschen Sopran zusammen. Dirk wurde vor ein hartes Stück Arbeit gestellt, da er aus „unter-der-Dusche-singenden" - Laien einen professionellen Chor zaubern wollte. Dies nahm er mit zwei sehr unterschiedlichen Stücken in Angriff: „Someday my prince will come" aus dem Disneyfilm Schneewittchen und einem geistlichen Werk „Locus Iste" von Anton Bruckner. Der blonde Chorleiter verzweifelte unter anderem an „lieblosen Hausdrachen", die partout nicht nach ihrem Prinzen schmachten wollten. Doch trotz aller Schwierigkeiten gelang es Dirk, die unterschiedlichen Temperamente zu einen. Die anfängliche chorische Stimmbildung sollte allen ein Gefühl für ihre Stimme vermitteln. Stück für Stück arbeitete sich Dirk mit dem Chor durch die Kompositionen. Während die Männer die Noten selbständig verinnerlichten, versuchte Dirk, die Damen durch den Irrgarten der Dynamik zu lotsen. Dies gelang ihm mit Charme und Witz. Neben der Heranführung an die Basis der Gesangstechnik bereitete das gemeinsame Singen uns viel Freude.

## 7.2 Musikalische Improvisation

Leitung: Wolfgang Metzler
Bericht: Stefan Thoß, Tobias Stohr

Aus dem Marstall der Burg Fürsteneck ertönen Rhythmen, Harmonien und Dissonanzen. Es musizieren die Teilnehmer der KüA „musikalische Improvisation". Meist mit geschlossenen Augen lauscht Wolfgang Metzler, um uns nach einem Moment der Stille auch häufig mit einem „Gut, gut!" zu loben. Spätestens dann fühlt man die familiäre Atmosphäre, die in unserem zehnköpfigen Kurs herrscht. Wolfgang führte uns mit Hilfe seiner Liebe zur Musik durch Trainingsübungen z.B. in den Themenbereichen Rhythmus und gegenseitige Absprache beim Improvisieren. Neben der instrumentalen Improvisation motivierte er uns mit Engagement zu vokalen Improvisationsübungen, darunter auch das Sprachostinato, welches nur aus gesprochenen Worten besteht. Er brachte uns bei, auch teilweise von verschiedenen Grundprinzipien wie Metrik und Harmonie abzuweichen. Dies veranlasste uns dazu, die Musik mit völlig neuen Augen zu sehen. Dadurch sprangen wir über unseren Schatten, improvisierten und musizierten nicht nur auf Akkordschemata moderner Musik, wie man sie im Radio

hören kann, sondern ließen uns auch auf virtuosere Klänge ein. Somit sprengten wir die Grenzen zwischen Rock-, Pop-, Jazz- und klassischer Musik. Nicht zuletzt verloren wir auch die Angst davor, vor Publikum etwas Neues auszuprobieren und uns völlig auf die Musik einzulassen.

## 7.3 Englisches Theater

Leitung und Bericht: Ingrid Baumann-Metzler

Here is a short summary of our play we have been practising within eleven hours during our summer academy 2008. During the first week we only had one hour practise in the morning. During the second week there had been two hours rehearsal in the afternoon for three days. So in this short period of time we did our best.

The play is about a Mrs Boynton. She was a wardress in prison. She had to watch over the people in prison. Now the prison director had lost his wife and was left behind as father of three small children: Lennox, Raymond, Ginevra. He married this wardress. She had to give up her job in order to look after his children and educate them. After the death of Mr Boynton it was clearly to be seen that the stepmother had trained the children to live within the family circle only and stick to whatever their stepmother ordered or forced them to do. So by the time each child, even Lennox' wife Nadine, had been brainwashed enough to do what the stepmother wanted. Nadine is a nurse and is obliged to give Mrs Boynton a hand whatsoever. But all of them want to free themselves from Mrs Boynton's sadistic way of treatment.

Actors:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mrs Boynton | Lena Walter | Gerard | Kristian Knauff |
| Lennox | Fabian Angeloni | Sarah | Ann-Kathrin Ruf |
| Nadine | Daria Hinz | Lady Westholme | Gaugau Zhang |
| Ginevra | Nora Schotten | Miss Pryce | Annika Walter |
| Raymond | Björn Wolf | Cope | Sophie Burkhard |
| Clerk/guide | Cynthia Hog-Angeloni | Inspector | Kai Wullbrandt |

Scenes:

Natalija Krüger, Dirk Kretschmer, Burkhard Ramm, Alexander Droste, Birthe Wiegand, Patrik Schmidt, Annika Walter, Alice Bertram, Rana Amirzadeh-Googhari.

Light:

Florian Thoß.

Thanks to all of you who supported our English Theatre this year.

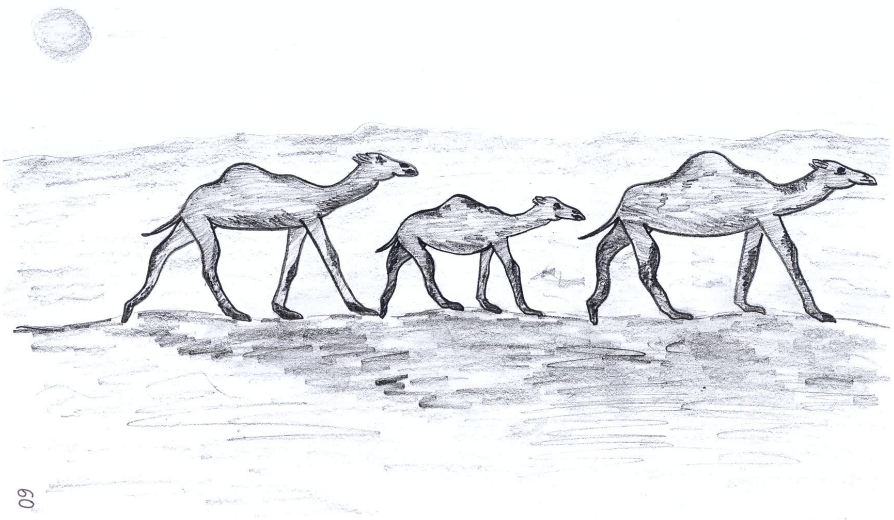
Thanks to Natalija and her team for her wonderful paintings.

Thanks to all actresses and actors who spent so much energy, abilities and good will in a quite demanding play.

## 7.4 Bühnenbilder

Leitung und Bericht: Natalija Krüger

Die Bühnenbilder haben wir im Team nach meinen schon vor der Akademie angefertigten Skizzen auf der Burg erstellt. Vor allem dank der tatkräftigen und fachmännischen Unterstützung von Dirk Kretschmer wurden die Leinwände in Windeseile imprägniert und die Grundfarben für die einzelnen Bühnenbilder mit sehr viel Kreativität gemischt und aufgetragen, so dass wir rechtzeitig vor der Aufführung die Bilder für alle Szenen fertig stellen konnten. Bei der Herstellung der notwendigen Rahmen haben uns zudem tatkräftig einige unserer handwerklich begnadeten Studierenden unter Leitung von Burkhard Ramm und Alexander Droste unterstützt.



## 7.5 Zeitungswerkstatt

Leitung: Corinne Schmitt, Dominik Christ
Bericht: Corinne Schmitt

Wie schon in den Jahren zuvor gibt es bei der HSAKA 2008 wieder eine Zeitungswerkstatt. Täglich erscheint eine Ausgabe der beliebten „newScastle"- Zeitung gefüllt mit lustigen und unterhaltsamen Artikeln, Witzen, Suchanzeigen und schwierigen Kreuzworträtseln oder Sudokus rund um das Burggeschehen. Sehr beliebt sind dabei, auch gerade unter den Lesern, Spekulationen über eventuelle Liebespärchen, sarkastische Situationsschilderungen und Statistiken. Das Ganze wird untermalt von einem schönen Layout mit passenden Bildern. Auch der informative Teil darf natürlich nicht fehlen: Jeden Tag wird der Essensplan für den nächsten Tag abgedruckt und auch das „newScastle-Wetter" gibt eine Vorausschau auf die Wetterlage der folgenden Tage. Interessant bei der Zeitungsarbeit ist, dass jeder Zeitungsmitarbeiter sich sein eigenes Thema für jeden Artikel aussuchen kann und somit die Themenwahl immer sehr vielfältig ist und für jeden etwas Interessantes enthält. Trotzdem wurde auch über manche Themen diskutiert, so dass beleidigende oder zu persönliche Artikel keinen Zugang zu der Zeitung erhalten haben. Denn „newScastle" verfolgt das Prinzip der lustig leichten Unterhaltung und deswegen hat auch die Redaktionsarbeit immer großen Spaß gemacht. Alles in allem bin ich sicher, dass „newScastle" auch in den nächsten Akademien ein wichtiger Bestandteil sein wird und finde es gut, dass so jeder (auch freie Mitarbeiter sind jederzeit willkommen) die Chance hat, seine Meinung kundzutun und zu einem angenehmen „Burgklima" beitragen kann.

Zu den diesjährigen festen Redaktionsmitgliedern gehörten
als Chefredaktion: Corinne, Dominik
als Designer/Layouter: Fabian
als Redakteure: Viviane, Sebastian, Julian, David, Björn, Jannis, Andreas und Bianca
als zeitweise freie Mitarbeiter: Birthe, Benedikt

## 7.6 Karate

Leitung: Natalija Krüger
Bericht: Malte Mathern

Dieses Jahr hatten alle Interessierten auf Burg Fürsteneck die Möglichkeit, an einer Karate-KüA teilzunehmen. Im Zuge des täglichen Trainings erlernten die Teilnehmer eine Grundlage an Arm- und Beintechniken, Schritten und Stellungen. Es wurde die Grundlage gelegt, um diesen Sport weiter zu betreiben. Die KüA gipfelte im Training der ersten zwei Katas, festgelegten Abfolgen von Techniken und in ersten Zweikampfübungen.

Großer Wert wurde auf allgemein anwendbare Grundlagen gelegt, wie den sicheren Stand und die richtige Anwendungstechnik. Alle Teilnehmer haben in den zwei Wochen ein Niveau erreicht, das es ihnen ermöglichen sollte, die Prüfung für den ersten Gürtel (9. Kyu) in Karate abzulegen.

Dabei waren alle sehr motiviert und haben praktisch nebenbei gelernt, auf japanisch bis 10 zu zählen, sowie eine Reihe anderer nützlicher/interessanter Dinge über das Protokoll und die geistige Einstellung hinter dem Kampfsport Karate erfahren.

## 7.7 Drachenbau

Leitung und Bericht: Maja Leja

Das Ziel dieser KüA sollte es sein, einen komplett flugfähigen Drachen selbst zu bauen. Ein großes Ziel, das wir in 10 Tagen bewältigen sollten. Zu Beginn der KüA erklärte uns Maja die Materialien, aus denen der spätere Drache bestehen sollte und zeigte uns ein schon fertiges Modell, nämlich ihren ersten Drachen. So konnten wir uns schon zu Beginn ein Bild unseres KüA Ziels machen.

Im Anschluss daran führte uns Maja die Stoffe vor und wir wählten die Farben für unseren Drachen aus. Dann begann die Bauphase.

Zuerst wurden die einzelnen, später zusammen zu nähenden Segelflächen mit Hilfe von Schablonen aufgezeichnet und ausgeschnitten. Danach folgte der zeitaufwändigste Teil des Ganzen, das Nähen. Nach einer kurzen Zeit der Eingewöhnung und der Hilfe von Maja wurden wir an der Nähmaschine immer besser, so dass wir auch hier bald ganz selbständig arbeiten konnten.

Nachdem das Gründgerüst für unseren Drachen stand, begannen wir, ihm damit die Form zu geben. Wir sägten die Glasfaserstäbe zu und versahen sie mit Spreizverbindern. Im Anschluß daran fädelten wir die Stäbe zusammen mit den Spreizverbindern in die vorher genähten Taschen an den Drachenseiten ein. So bekam der Drache seine Form.

Zum Schluß wurde noch die Wagleine angebracht und dann war unsere Arbeit vollendet, ein fertiger Drache lag vor uns. Uns blieb sogar noch die Zeit, eine Tasche für unseren Drachen zu nähen.

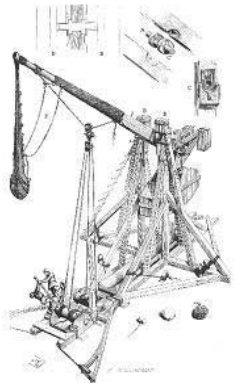
Als Resumee wäre zu sagen, dass die KüA allen Teilnehmern viel Spaß bereitet hat und dass sich alle an ihren fertigen Drachen erfreuten und diese gerne mit nach Hause nahmen.

## 7.8 Experimentelle Archäologie

Leitung und Bericht: Burkhard Ramm

Aus dem Wunsch, Forscherdrang mit handwerklicher Betätigung zu verbinden, wurde die Idee geboren eine mittelalterliche Belagerungsmaschine, ein Trébuchet nachzubauen. Das Trébuchet, oder auch deutsch Tribock oder Blide genannte Gerät, war die größte und präziseste Wurfwaffe unter den mittelalterlichen Belagerungsmaschinen. Sie funktioniert nach dem Hebelarmprinzip, bei dem ein Gegengewicht auf der kurzen Armseite für die notwendige Beschleunigung der langen Armseite sorgt. Zusätzlich ist am Ende der langen Armseite eine Schlinge angebracht, in der sich das Geschoss befindet. Die Rotation des Wurfarmes und der Schlinge sorgen für eine starke Beschleunigung des Geschosses. Ihr Gegengewicht wurde nach wissenschaftlichen Rekonstruktionsversuchen auf bis zu 12 Tonnen geschätzt, Wurfarme von 18 bis 20 m Länge führten zu enormen Reichweiten. Allerdings sind nahezu keine detaillierten Baupläne überliefert, so dass alle Rekonstruktionen in Anlehnung an historische Abbildungen, unter Zuhilfenahme von „neuzeitlicher" Mathematik und Physik, entstanden. Unser, mit einem Etat von ca. 50 €, gebautes Trébuchet hat einen Wurfarm von 1 Meter Länge und ein Gegengewicht von ca. 15 kg. Als Geschosse dienten uns anfangs Golfbälle und, nachdem wir diese unauffindbar verschossen hatten, Äpfel von wilden Apfelbäumen. Wir erreichten je nach Einstellung Reichweiten von 35 Metern bzw. Höhen von 10 Metern.

Teilnehmer: David Nase, David Dahlen, Alexander Droste, Cornelia Lutz, Lukas Wehrheim, Felix Brüggemann



## 7.9 Schachderivate

Leitung und Bericht: Johannes Galatsanos-Dück

Das allgemein bekannte „Schach" ist nicht das erste strategische Brettspiel. Es stammt ursprünglich aus Indien ca. 500 bis 700 n.Chr. Von da aus hat es sich in verschiedenen Regionen unterschiedlich entwickelt. In der Schachderivate-KüA haben wir viele der beliebtesten Schach-Varianten behandelt, gespielt und besprochen, von den historischen Varianten wie „Xiangji" (chinesisches Schach) und „4-Spieler-Chaturanga" (indisches Schach), regional beliebten Derivaten wie „Hexagonalschach" und international beliebten Derivaten wie „Tandem", „Alice", „Avalanche" und „Suicide", aber auch sehr extravaganten Variationen wie „Atomic Chess", „Dame und die 8 Bauern" und „Geisterarmee".

Die Teilnehmer kamen gut miteinander aus und empfanden das Schachspielen eher als eine angenehme Pause zwischen den Kursen und dem straffen Tagesablauf als eine zusätzliche mentale Anstrengung. Dies war schon in den ersten Sitzungen bemerkbar, was auch dazu führte, die ganze KüA etwas

entspannter durchzuführen. Während der Partien entstanden oft Diskussionen über den Alltag, aber auch über Mathematik, Informatik oder Philosophie, und zwischen den Partien sind die Schüler oft von Tisch zu Tisch gewandert, um dort interessante Partien zu verfolgen und eine kleine Denkpause einzulegen.

## 7.10 Theaterimprovisation

Leitung und Bericht: Michaela Feldman

Dieses Jahr wurde zum ersten Mal parallel zum englischen Theater eine Theaterimprovisation angeboten. In dieser KüA sollten Szenen und Geschichten nur von Impulsen ausgehend spontan gestaltet werden. Es fanden sich 6 Teilnehmerinnen, die sich diesem Experiment stellen wollten. Gegen Ende wurde die bis dahin ausschließlich weibliche Runde durch einen männlichen Teilnehmer bereichert. Nachdem in den ersten Tagen grundsätzliche Spieltechniken auf dem Programm standen, näherte man sich durch Einzel- und Gruppenimprovisationen immer mehr dem eigentlichen Ziel an: Theatersport. Diese Form des Improtheaters wurde von dem Engländer Keith Johnstone entwickelt. Hierbei treten zwei Mannschaften in verschiedenen Spielen gegeneinander an. Gefordert sind hierbei Kreativität, Reaktionsvermögen, Spielfreude und eine große Portion Selbstbewusstsein. Und so fand auch am Mittwochabend ein Theatersportwettbewerb statt. Das Publikum fungierte hier als Richter und Ideengeber, aber es konnte auch für ungebührliches Verhalten bestraft werden, wie zwei Plenumsmitglieder am eigenen Leib erfahren mussten. Die Spiele selbst forderten von den Kontrahenten ein Höchstmass an schauspielerischen und sprachlichen Fähigkeiten. Der Wettbewerb endete letztlich mit einem Unentschieden, da beide Teams extreme Stärke bewiesen hatten und dieses vom Publikum auch honoriert wurde.

## 7.11 Naturerkundung

Leitung: Wolf Aßmus
Bericht: Alina Brehm und Frank Kramer

Gleich zu Beginn wurde das Naturinteresse der Teilnehmer auf eine harte Probe gestellt. Trotz des strömenden Regens machten wir fünf (Alina, Georg, Frank, Sebastian und Wolf) uns auf den Weg. Da die Tier- und Pflanzenwelt es bei diesen Witterungsverhältnissen nicht schaffte, unsere Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen, entdeckten wir unter Leitung von Wolf die Geheimnisse unserer Umwelt auf eine philosophisch physikalische Sichtweise (Hochspannungsmasten).

Anfänglich noch belächelt, wurden wir nach einer Besserung des Wetters und hoch interessanten Pecha-Kucha Vorträgen um die entspannenden Naturspaziergänge beneidet, so dass wir an manchen Tagen sogar einige interessierte Begleiter (Bene und Ramin) fanden.

Ausgerüstet mit diversen Kosmos Pflanzen- und Insektenführern, Ferngläsern, Fotoapparaten und unserem „natürlichen" Fachwissen bestimmten wir unter anderem folgende Pflanzen und Tiere:

- Crépis biénnis [Wiesen-Pippau]
- Diánthus carthusianórum [Kartäuser-Nelke]
- Centaurea jacéa [Wiesen Flockenblume]
- Hippocrépis comósa [Schopf-Hufeisenklee]

- Cichórium íntybus [gemeine Wegwarte]
- Maniola jurtina[Großes Ochsenauge] (Schmetterling)
- Laubfrosch
- bunte Libellen

Alles in allem war Naturerkundung ein ebenso interessanter wie entspannter Kurs, der auf jeden Fall für nächstes Jahr weiter zu empfehlen ist.

# 8 interdisziplinärer Abendvortrag

## 8.1 ‚Wenn die Erinnerung kommt . . .' - Historiker und das Problem der Erinnerung

Vortrag und Diskussionsleitung: Georg Christoph Berger Waldenegg

*Wenn die Erinnerung kommt*, so lautet der Titel von Memoiren des bekannten Historikers Saul Friedländer. Für viele Menschen kann dies eine relevante Frage sein, insbesondere dann, wenn man sie ihnen als Frage formuliert: *Was ist, wenn die Erinnerung kommt?* Für die Arbeit von Historikern ist sie jedoch - ein wenig umformuliert - geradezu zentral: Denn sie arbeiten primär mit Quellen, die zumeist wenigstens auch Erinnertes enthalten (etwa Tagebücher, Memoiren, Briefe, diplomatische Akten, Interviews). Historiker deuten es mit Hilfe ihrer speziellen Arbeitsmethode, der so genannten *historisch-kritischen-Methode*. Dabei müssen sie unter anderem untersuchen, ob das in Quellen jeweils Erinnerte zutreffend ist und sie dies wenigstens teilweise mehr oder minder zweifelsfrei feststellen können. Historiker beschäftigt dies seit sozusagen jeher, in letzter Zeit aber noch drängender, und zwar infolge von Erkenntnissen der Neurowissenschaften, im speziellen der Hirnforschung. Dabei behauptet der führende deutscher Hirnforscher: *„Unbeantwortbar bleibt . . ., wie nahe diese Feststellungen* [das heißt die Deutungen der Historiker] *der idealen Beschreibung kommen, weil es dies aus unserer Perspektive nicht geben kann."* Sollte dies zutreffen, so wäre dies für Historiker wenig erfreulich, um es vorsichtig auszudrücken. Singer begründet seine These mit der Funktionsweise des Gehirns. Sie sorgt dafür, dass sich im Nachhinein und insbesondere bei bereits toten Menschen (mit denen es Historiker zumeist zu tun haben) nur schwer, wenn überhaupt feststellen lässt, wann sie sich richtig erinnern und wann nicht, beziehungsweise wie sehr ihre Erinnerung vom tatsächlich Erlebten abweicht. Bedeutet das nun das Aus für weite Teile der Geschichtswissenschaft als *Wissenschaft* (insofern sie je eine gewesen sein sollte)? Oder lässt sich dieser Befund für die Historiographie sogar fruchtbar machen? Hierüber wird nicht nur innerhalb der Zunft kontrovers diskutiert, wobei manche Kollegen die Relevanz der Erkenntnisse der Hirnforschung für die Historiographie abstreiten. In meinem Vortrag habe ich auf interdisziplinärer Basis sowohl diese Position kritisch hinterfragt als auch auf eventuelle Wege hingedeutet, aus der Not gewissermaßen eine Tugend zu machen, und zwar stets unter Berücksichtigung allgemeiner Zusammenhänge. Denn letztlich geht es hier um eine Thematik, die alle Menschen betrifft: Denn wie können wir zum Beispiel noch wissen, wie sehr das, was uns Freunde erzählen, zutreffend ist? Dabei habe ich mich an dem Mediävisten Johannes Fried orientiert. Er hat 2004 die meines Erachtens nach überaus wichtige Monographie *Schleier der Erinnerung. Grundzüge einer historischen Memorik* publiziert. Fried macht zum einen - auf Basis der Erkenntnisse der Hirnforschung - nicht weniger als 16 (inzwischen sogar 19) Faktoren der Verformung von Erinnertem aus und betont, dass *„jeder Erinnerung ein Anfangsverdacht innewohnt"*; zum anderen formuliert er *„erste methodische Postulate"*, mit deren Hilfe Historiker ihm zufolge wenigstens zuweilen doch dem Wahrheitsgehalt von Erinnertem zumindest nahe kommen können. Ich selbst habe dies allerdings bezweifelt, etwa weil mir Historiker schlicht überfordert erscheinen, sollten sie bei ihrer Quellenanalyse stets sämtliche, von Fried kenntlich gemachten Faktoren berücksichtigen.

# 9 Gästenachmittag

Das folgende Grußwort von Frau OStR'n Ulrike Frontzek wurde wegen einer kurzfristig aufgetretenen Erkrankung schriftlich übermittelt und verlesen:

## 9.1 Grußwort

**OStR'n Ulrike Frontzek, Hessisches Kultusministerium**

Sehr geehrter Herr Professor Metzler, sehr geehrte Frau Dr. Hog-Angeloni, liebe Schülerinnen und Schüler, liebe Eltern, sehr geehrte Damen und Herren,

sehr gern wäre ich heute – in Erinnerung an den vergangenen Sommer – nach Fürsteneck gekommen, um in meiner letzten Amtshandlung die Grüße des Hessischen Kultusministers, Herrn Banzer, zu überbringen - nicht nur Grüße, sondern in ganz besonderem Maße unseren Dank, der vor allem Herrn Prof. Metzler und Frau Dr. Hog-Angeloni gilt, die beide mit Idealismus, sehr viel Eigeninitiative, Ausdauer und Geduld die Hessische Schülerakademie aufgebaut haben.

Sie alle wissen, wovon ich spreche:

- Ihr, liebe Schülerinnen und Schüler, konntet in dieser besonderen Atmosphäre Eure kognitiven, kreativen und sozialen Möglichkeiten erkennen und ausschöpfen und Euch an neues Wissen herantasten.
- Sie, liebe angehende Lehrerinnen und Lehrer, haben Gelegenheit, erste konkrete pädagogische Erfahrungen zu sammeln und die Besonderheiten jedes einzelnen Schülers kennen zu lernen, denn diese Akademie ist ein praktischer Baustein in der Lehrerausbildung L3 und wird als fachbezogenes Schulpraktikum anerkannt. Ich kann mir gut vorstellen, dass manch einer Ihrer Kommilitonen Sie darum beneidet.
- Und was ich an dieser Akademie besonders schätze – die übergreifenden Angebote wie Musik, Theater, Sport, 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.

Bei der heutigen Abschlusspräsentation habt Ihr, liebe Schülerinnen und Schüler, Möglichkeiten, das bisher Erarbeitete darzustellen und Euren Eltern und den Gästen vorzuführen. So können alle sehen und miterleben, womit Eure letzten 14 Tage ausgefüllt waren und werden ein wenig in das Akademiegeschehen eingebunden.

Das Hessische Kultusministerium ist auch künftig bemüht, die enge Partnerschaft mit der Hessischen Schülerakademie fortzusetzen und diese in der bisherigen Form mit Haushaltsmitteln zu unterstützen. In diesem Jahr konnten wir diese Veranstaltung mit 5000 € bezuschussen.

Heute gilt mein besonderer Dank den beteiligten Schülerinnen und Schülern für die geleistete Arbeit und ihr 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 der Hessischen Schülerakademie, insbesondere

- dem Präsidium der Johann-Wolfgang-von-Goethe-Universität Frankfurt
- dem Amt für Lehrerbildung
- sowie der Hessischen Heimvolkshochschule und Akademie für berufliche und musisch-kulturelle Bildung Burg Fürsteneck.

Dass Ihnen diese wunderbaren Räume zur Verfügung gestellt wurden, verdanken wir dem Hausherrn, Herrn Günther Schmuck – vielen Dank!

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.

Ich wünsche Ihnen abwechslungsreiche Stunden und einen guten Verlauf der Veranstaltung.

## 9.2 Programm

15 Uhr
Gemeinsames Kaffeetrinken

16 Uhr
Begrüßung
Grußworte
Chor

**Präsentationen:**
Alles nur Fiktion? Historiker und ihre Quellen.
Symmetrie und ihre Beschreibung durch Gruppen
Lügen mit Bildern
Ähnlichkeiten in der Physik
***
Improvisation
Drachenbau
Zeitung ist, was Ihr draus macht
Karate
Naturkunde
Kammermusik
Experimentelle Archäologie

18:30 - 19:30 Uhr
Gemeinsames Abendessen

19:30 Uhr
English Theatre "Appointment with death" by Agatha Christie

Im Anschluss fand ein geselliger Ausklang
des Tages statt.

# 10 Auszüge aus studentischen Abschlussberichten

Die Teilnahme als Betreuer an der HSAKA 2008 war eine einzigartige Erfahrung die ich jedem Lehramtsstudenten nur empfehlen kann. Im Unterschied zu einem normalen Schulpraktikum ist man viel intensiver in den Ablauf und das Gelingen der Unterrichtseinheiten bzw. der ganzen Akademie eingebunden. Kommt man als Praktikant an einer Schule vielleicht noch um die Verantwortung für den Lernerfolg und um den Auftritt als aufsichtführende Respektsperson herum, so ist dies essentieller Bestandteil der Aufgaben eines Betreuers bei der HSAKA. (Burkhard)

Die HSAKA hat mir als zukünftigen Lehrer die Möglichkeit geboten, unter geradezu traumhaften Bedingungen mit SchülerInnen an einem Lernprozess zu arbeiten. Dazu gehört auch eine Physiksammlung auf Uni-Niveau. Im Zentrum stehen aber SchülerInnen mit dem Willen zur Erkenntnis, dem die Hessische Schülerakademie einmal im Jahr dafür die Gelegenheit bietet. Ein Möglichkeitsraum, den man sich auch für den Schulalltag wünscht, wie es Verona Eisenbraun in ihrer Ansprache am Gästenachmittag auf den Punkt brachte. Aber eben dieser Schulalltag macht sich auch während und erst recht in Vorbereitung auf die Akademie bemerkbar. Das in der Nachbereitung diskutierte Thema der Tendenz zum vorgetäuschten Lernen gibt dafür ein einschlägiges Beispiel ab. (Dirk)

(Anm. der Redaktion: Es ergaben sich vor der Akademie in einigen Fällen Informationsdefizite zwischen SchülerInnen und Studierenden über den Stand der Vorbereitung der Referate.)

Einmal abgesehen von diesen und anderen Schwierigkeiten war die Akademie für mich auch ein Ort, um neue Freundschaften zu knüpfen und Kommilitonen bzw. Kommilitoninnen einmal auf einer persönlicheren Ebene als in einer Vorlesung kennen zu lernen. Auch mit dem stellvertretenden Präsidenten der Universität, Dr. Wolf Aßmus, und anderen Dozenten zum einen per Du zu sein und zum anderen bei den geselligen Abenden in der Torschänke mit ihnen dem Wein zuzusprechen, war eine ganze neue Erfahrung. (Alke)

Auch möchte ich hier noch das Verhältnis zu den Kursleitern der Akademie erwähnen. Durch die entspannte, beinahe schon familiäre Atmosphäre konnte ich wichtige Einblicke erhalten. Die universitären Strukturen hinter der Schülerakademie erlaubten mir, in die Lehrerbildung hineinzuschnuppern, während die die Betreuung rund um die Referate dafür sorgte, dass ich mich im Bereich der Didaktik wesentlich fortbilden konnte. Somit kann ich die Schülerakademie als vollwertigen, wenn auch komplett unterschiedlichen, Ersatz für das normale Schulpraktikum ansehen.

Zu meinen Bedenken vor Beginn der Schülerakademie kann ich nur sagen, dass ich die Entscheidung für die Akademie keineswegs bereue. Die gängigen Clichés zu Hochbegabten, die sich in der Gesellschaft finden, konnte ich nicht bestätigen. Dies beruhigt mich auch hinsichtlich meiner eigenen Entwicklung, es war ziemlich reizvoll, zu sehen welche Möglichkeiten heutzutage in der Begabtenförderung vorhanden sind. Gut fand ich, dass auch einige Schüler teilnahmen, die aus den bereitgestellten Mitteln finanziert wurden. (Benedikt)

Lehren zu können ist, meines Erachtens, eine filigrane Kunst. Was kann man sich darunter vorstellen? Um ein Kunstwerk zu vollenden, sind zwei Dinge unverzichtbar: Erstens, das Rohmaterial und zweitens, das dafür geeignete Werkzeug. Das Rohmaterial wird je nach Beschaffenheit mit speziellem Werkzeug bearbeitet. Die Lehrperson als Künstler hat dieselbe Aufgabe. (Rana)

Die Akademie war eine außerordentliche Erfahrung, die ich im Schulalltag wohl nie gemacht hätte. Die Arbeit mit interessierten und begabten Schülern hat mir Spaß gemacht und mich gefördert. Ich habe durch diese Arbeitsweise eine andere, fast idealisierte Perspektive des Lehrens kennengelernt, wo kleine Klassen, individuelle Betreuung und Förderung, persönlicher und intensiver Kontakt mit den Schülern, exzellente Lehr- und Lernbedingungen, Selbstgestaltung der Lerninhalte, motivierte und interessierte Schüler, höchst interessante Themen und exzessiver Austausch mit den anderen Lehrenden zum Alltag gehört. Obwohl ich weiss, dass diese Situation im Lehrerberuf utopisch ist, empfinde ich es als eine fördernde Erfahrung. Nicht nur habe ich mich über interessante Themen meines Fachgebietes informiert, sondern auch Erfahrung im Umgang mit Begabung und Hochbegabung in der Schule gesammelt. Dazu kommt noch, dass ich viele interessante Leute kennengelernt und sogar Freundschaften geschlossen habe. Auch wenn ich das Praktikum nicht als Ersatz zu einem regulären Schulpraktikum - insbesondere zum ersten - und allen Situationen die dort entstehen empfinde, war es doch eine fördernde Erfahrung und eine schöne Zeit. Ich denke sicher daran, diese Erfahrung bei angebotener Gelegenheit zu wiederholen. (Johannes)

Die Eindrücke, die ich während der Akademie für mich gewonnen habe, haben mich in meiner Entscheidung zum Lehrerberuf nicht nur bestätigt, sondern auch voran gebracht. Ich habe so viele Erfahrungen gesammelt, dass ich am liebsten sofort als Lehrer arbeiten würde. (Dominik)

# 11 Teilnehmende

## 11.1 Leitung

| | | | |
|---|---|---|---|
| Prof. Dr. | Wolf | Aßmus | Physik |
| | Ingrid | Baumann-Metzler | Musik/Theater |
| Dr. | Helmar | Becker | Physik |
| Prof. Dr. | Georg Christoph | Berger Waldenegg | Geschichtswissenschaft |
| Dr. | Cynthia | Hog-Angeloni | Gesamtleitung/Mathematik |
| Prof. Dr. | Detlef | Krömker | Informatik |
| Prof. Dr. | Wolfgang | Metzler | Gesamtleitung/Musik |
| Dr. | Jürgen | Poloczek | Informatik |
| Dr. | Stephan | Rosebrock | Mathematik |
| | Dirk | Schneider | Musik |

## 11.2 Lehramtsstudierende

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Rana | Amirzadeh-Googhari | Mathematik | Natalija | Krüger | Physik |
| Dominik | Christ | Informatik | Maja | Leja | Mathematik |
| Laura | de Molière | Geschichte | Moritz | Nocher | Geschichte |
| Alexander | Droste | Physik | Burkhard | Ramm | Physik |
| Michaela | Feldman | Geschichte | Cordula | Rudek | Geschichte |
| Andreas | Fischer | Physik | Patrik | Schmidt | Geschichte |
| Johannes | Galatsanos-Dück | Informatik | Corinne | Schmitt | Informatik |
| Stefanie | Ginaidi | Mathematik | Alke | Stelling | Mathematik |
| Dr. Frank | Kramer | Physik | Benedikt | Weygandt | Mathematik |
| Dirk | Kretschmer | Physik | Birthe Anne | Wiegand | Mathematik |

## 11.3 Schülerinnen und Schüler

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Fabian | Angeloni | Geschichte | Bianca | Löw | Mathematik |
| Alice | Bertram | Physik | Cornelia | Lutz | Mathematik |
| Alina | Brehm | Physik | Viviane | Ly | Informatik |
| Felix | Brüggemann | Physik | Malte | Mathern | Physik |
| Georg | Bube | Mathematik | David | Nase | Mathematik |
| Sophie | Burkard | Informatik | Ann-Kathrin | Ruf | Geschichte |
| Sebastian | Büttner | Informatik | Michelle | Schäfer | Geschichte |
| Julian | Corbet | Physik | Nora | Schotten | Physik |
| David | Dahlen | Informatik | Tobias | Stohr | Mathematik |
| Oliver | Ditthardt | Geschichte | Constanze | Thomas | Geschichte |
| Daniel | Gerike | Mathematik | Stefan | Thoß | Informatik |
| David | Grünewald | Informatik | Florian | Thoß | Mathematik |
| Daria | Hinz | Geschichte | Annika | Walter | Physik |
| Gesa Mareile | Isermann | Geschichte | Lena | Walter | Mathematik |
| Tanja | Jakowlewa | Informatik | Lukas | Wehrheim | Geschichte |
| Roland | Jung | Mathematik | Björn | Wolf | Mathematik |
| Ramin | Karbalaie | Physik | Kai | Wullbrandt | Informatik |
| Kristian | Knauff | Geschichte | Gaugau | Zhang | Geschichte |
| Florian | Kroh | Informatik | | | |