



**MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung  
S2 „Grundbildung und Standards“**

---

# **DIE ARGE DIDAKTIK UND METHODIK DER HTL-STEYR ERPROBT UND EVA- LUIERT DEN PUZZLEUNTERRICHT ALS ALTERNATIVE UNTERRICHTSME- THODE**

**Mag. Michael Csongrady**

**Mag. Ernst Geretschläger, Mag. Christoph Kimbacher MA, Mag. Siegfried Nö-  
bauer, Mag. Karl Reiter**

**HTL-Steyr, J.Kepler-Universität Linz**

Steyr, 4.7.2006

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>INHALTSVERZEICHNIS</b> .....	<b>2</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>5</b>
<b>1 EINLEITUNG</b> .....	<b>6</b>
1.1 Der Aufbau des Puzzleunterrichts.....	6
1.2 Der Projektablauf .....	6
<b>2 PUZZLEUNTERRICHT UND VARIATIONEN DAZU (VON SIEGFRIED NÖBAUER)</b> .....	<b>8</b>
2.1 Der Puzzleunterricht in der 1 CHE .....	8
2.1.1 Einführung.....	8
2.1.2 Ziele, Erfolgsindikatoren und Evaluationsinstrumente .....	8
2.1.3 Ablauf.....	9
2.1.4 Erste Beobachtungen und Interpretationen.....	12
2.1.5 Evaluation .....	13
2.2 Modifizierter Puzzleunterricht in der 1AHE.....	13
2.2.1 Ablauf.....	13
2.2.2 Ergebnisse .....	14
2.2.3 Vergleich mit Frontalunterricht .....	15
2.3 Zwischenbilanz .....	15
2.4 Weitere Variationen .....	16
2.5 Resümee.....	21
<b>3 PUZZLEUNTERRICHT KIMBACHER</b> .....	<b>22</b>
3.1 Ziele und Evaluationsdesign .....	22
3.2 Puzzleunterricht Kunststoffe (Kimbacher).....	24
3.2.1 Der Ablauf im Überblick .....	24
3.2.2 Schüler/innenerwartungen .....	26
3.2.3 Endevaluation .....	28
3.2.4 Die Qualität der Handouts.....	41
3.2.5 Die Leistungsfeststellung .....	41
3.2.6 Schlussfolgerungen .....	45
3.2.7 Konsequenzen .....	46

<b>4</b>	<b>DER PUZZLEUNTERRICHT IN DER 2BHM ZUM THEMA „LASER“ VON ERNST GERETSCHLÄGER .....</b>	<b>48</b>
4.1	Ausgangssituation.....	48
4.2	Themenauswahl und Ablauf.....	48
4.2.1	Wie finde ich das passende Thema? .....	48
4.2.2	Ablauf.....	48
4.2.3	Ein erster Eindruck.....	50
4.3	Evaluation .....	50
4.3.1	Fachliche Ziele .....	50
4.3.2	Interpretation.....	51
4.3.3	Externe Evaluation (Univ. Linz).....	51
<b>5</b>	<b>PUZZLEUNTERRICHT IN DER 1CHK ZUM THEMA “KLIMA EUROPAS” VON MICHAEL CSONGRADY.....</b>	<b>53</b>
5.1	Ausgangssituation und Themenfindung.....	53
5.2	Vorbereitung und Planung des Unterrichts .....	53
5.3	Durchführung des Unterrichts .....	54
5.3.1	Einzelarbeit .....	54
5.3.2	Expertenrunden .....	55
5.3.3	Unterrichtsrunden .....	55
5.3.4	Test.....	56
5.4	Evaluation und Konsequenzen .....	56
<b>6</b>	<b>WEITERE PUZZLEUNTERRICHTSSEQUENZEN VON MICHAEL CSONGRADY.....</b>	<b>58</b>
6.1	Einleitung .....	58
6.2	Wirtschaftsstruktur Österreichs .....	58
6.2.1	Thema und Motivation.....	58
6.2.2	Durchführung und Ergebnis .....	58
6.3	Zeitungsartikel als Grundlage für den Puzzleunterricht.....	59
6.3.1	Themen und Motivation.....	59
6.3.2	Erfahrungen .....	59
6.4	Grundlagen der Vektorrechnung.....	60
6.4.1	Thema und Motivation.....	60
6.4.2	Ablauf und Ergebnisse .....	60
<b>7</b>	<b>DAS ARBEITEN IN DER LEHRERGRUPPE UND GEMEINSAMES ERGEBNIS .....</b>	<b>62</b>

7.1	Geschichte der ARGE Didaktik und Rückblick.....	62
7.2	Gemeinsames Ergebnis.....	63
7.3	Konsequenzen .....	63
<b>8</b>	<b>LITERATUR.....</b>	<b>64</b>
<b>A</b>	<b>ANHANG .....</b>	<b>1</b>
A.1	Interviews zum Puzzleunterricht, Nöbauer, 1 CHE .....	1
A.2	Interviews zum modifizierten Puzzleunterricht, Nöbauer, 1 AHE Interview 1 ..	3
A.3	Zwei Themenzettel zum Puzzleunterricht, Nöbauer (incl. Antwortzettel) .....	5
A.4	Test nach dem Puzzleunterricht, Nöbauer .....	8
A.5	Übungsaufgaben zur Relativitätstheorie, Nöbauer, 3CHE .....	9
A.6	Zum Puzzleunterricht in der 1CHE, Nöbauer .....	11
A.7	Anfangsevaluation .....	12
A.8	Endevaluation .....	14
A.9	Allgemeiner Fragebogen.....	15
A.10	Anhang Geretschläger .....	18
A.11	Texte zum Puzzleunterricht „Das Klima Europas“.....	26
A.12	Informationsblatt Schüler zum Gruppenpuzzle „Das Klima Europas“ .....	38
A.13	Übungsaufgaben zum Gruppenpuzzle „Das Klima Europas“.....	40
A.14	Test zum Gruppenpuzzle „Das Klima Europas“ .....	47
A.15	Anfangs- und Endevaluationsfragebögen (für Csongrady) .....	48
A.16	Beispielstext zum Gruppenpuzzle „Illegale Migration nach Europa“ .....	51
A.17	Beispielstext zum Gruppenpuzzle „Elendsviertel in den Städten der dritten Welt“.....	53
A.18	Texte zum Gruppenpuzzle „Vektorrechnung“ .....	60
A.19	Übungsaufgaben zu den vier Themen des Puzzleunterrichts „Vektorrechnung“ .....	83
A.20	Schularbeit in der zum Thema „Vektorrechnung“.....	87

## ABSTRACT

*Der Unterrichtsalltag an der HTL-Steyr ist in den ersten beiden Jahrgängen geprägt von großen Klassen. Daher wird der Lehrstoff vorwiegend im Lehrer/innenvortrag vermittelt. Unser Ziel als ARGE Pädagogik und Didaktik ist es, alternative Lernformen zu erproben und die Schüler/innen in den Mittelpunkt des Unterrichts zu stellen. Im Puzzle- oder Gruppenunterricht sahen wir eine Möglichkeit, dieses Ziel verwirklichen zu können. Bei dieser Unterrichtsform erarbeiten sich Schüler/innen selbständig Texte, die sie anschließend ihren Mitschülern/innen in einer Unterrichtsrunde vermitteln. Durch ein entsprechendes Evaluationsdesign in Zusammenarbeit mit der J.Kepler-Universität Linz wollten wir die Einstellung der Schüler/innen zu dieser Methode erfahren. Der Lernerfolg wurde von den Projektmitgliedern nach eigenen Vorstellungen festgestellt.*

*Wichtigstes Ergebnis war es, dass die Schüler/innen meistens nicht die notwendigen Fähigkeiten zum selbständigen Erfassen von Texten haben und die sozialen Kompetenzen zum verantwortungsbewussten und ergebnisorientierten Handeln in der Gruppe oft fehlen.*

Schulstufe: 9, 10, 11

Fächer: Physik, Chemie, Mathematik, Geographie

Kontaktperson: Mag. Michael Csongrady

Kontaktadresse: HTL-Steyr, Schlüsselhofgasse 63, 4400 Steyr

# 1 EINLEITUNG

Der Puzzleunterricht oder auch Gruppenunterricht ist eine Unterrichtsform, bei der sich Schüler/innen ein Stoffgebiet selbständig erarbeiten. Wir wollten diese Unterrichtsform erproben, weil sie unabhängig von der Klassengröße ist und für uns eine interessante Alternative zum herkömmlichen Unterricht bietet. Wichtig bei diesem Unterricht ist einerseits das Erlernen des Stoffgebiets, andererseits die Akzeptanz dieser Unterrichtsform bei den Schülern/innen.

## 1.1 Der Aufbau des Puzzleunterrichts

Der Puzzleunterricht besteht aus folgenden Teilen:

### **Das Lernmaterial**

Das Lernmaterial wird vom Lehrer/von der Lehrerin vorbereitet. Wichtig dabei ist, dass es sich um ein Stoffgebiet handelt, das in Teilgebiete aufgeteilt werden kann, die aber nicht aufeinander aufbauen dürfen. Jedes der Teilgebiete muss eigenständig erarbeitet werden können. Die Hauptaufgabe der Lehrperson ist die Zusammenstellung und Aufbereitung der Texte.

### **Der Wissenserwerb**

In der Phase des Wissenserwerbs ist jeder Schüler/jede Schülerin auf sich allein gestellt. Jeder/Jede soll seinen/ihren Text individuell erarbeiten und die Kontrollfragen am Ende des Textes bearbeiten. Die Lösungen zu den Kontrollfragen liegen auf und die Schüler/innen können ihre Lösungsansätze mit den richtigen Lösungen vergleichen.

### **Die Expertenrunde**

Im ersten Teil der Experten/innenrunde setzen sich alle Schüler/innen, die dasselbe Thema bearbeitet haben, zusammen und klären offene Fragen zum Text bzw. diskutieren die Kontrollfragen.

Anschließend planen die Schüler/innen ihren Unterricht zu diesem Thema in der Gruppe. Methoden zur Stoffvermittlung werden besprochen und Übungsaufgaben werden ausgearbeitet. Eventuell wird ein Handout für die zu Unterrichtenden erarbeitet.

### **Die Unterrichtsrunde**

Für die Unterrichtsrunde werden alle Gruppen neu zusammengesetzt: an einem Tisch sitzen jeweils ein Vertreter/eine Vertreterin jedes Themas.

Die Unterrichtsrunde besteht für jeden „Lehrer“/jede „Lehrerin“ aus zwei Teilen. Im ersten Teil vermittelt der Schüler/die Schülerin den anderen sein/ihr Thema. Nach dieser Wissensvermittlung haben die anderen Schüler/innen in einem zweiten Teil die Möglichkeit, Fragen zu stellen, Übungsaufgaben zu bearbeiten und Unklarheiten auszuräumen.

## 1.2 Der Projektablauf

Der folgende Projektbericht gliedert sich in zwei Teile. Im ersten Teil werden der Puzzleunterricht und die Erfahrungen von Siegfried Nöbauer mit dieser Unterrichts-

methode beschrieben. Im zweiten Teil werden die Gruppenpuzzles der Projektmitglieder Michael Csongrady, Ernst Geretschläger und Christoph Kimbacher beschrieben. Der Grund für diese Teilung liegt darin, dass der Puzzleunterricht des Kollegen Nöbauer und die Variationen dazu wesentlich früher als die drei anderen Gruppenpuzzles durchgeführt wurden und Zielentwicklung, Evaluationsdesign und Evaluation von ihm selbst gemacht wurden. Bei der Durchführung der Schüler/inneninterviews wurde er vom Kollegen Karl Reiter unterstützt.

Für die späteren Gruppenpuzzles hatten wir von vornherein geplant, eine Zusammenarbeit mit dem Institut für Pädagogik und Psychologie der Joh.Kepler-Universität Linz zu erreichen. Dazu überlegten sich die Kollegen ihre persönlichen Ziele und Vorstellungen zum Puzzleunterricht. Bei der Kooperation ging es darum, die Ziele zu präzisieren, sich auf gemeinsame Schwerpunkte zu einigen und ein darauf zugeschnittenes Evaluationsdesign erstellen zu lassen. Das wurde verwirklicht in einer Zusammenarbeit mit Studenten/innen im Rahmen der Veranstaltung „232.315 Seminar (Schwerpunkt): Evaluation von Schulen (SE2, 2.Stab., Wipäd) Fr 15 30 – 17 00, K153C, Herbert Altrichter“

In einer Besprechung mit den Studenten/innen Christa Schmolzmüller, Bettina Rinner, Christian Süßner konnten gemeinsame Ziele gefunden und ein Evaluationsdesign entwickelt werden.

## **2 PUZZLEUNTERRICHT UND VARIATIONEN DAZU (VON SIEGFRIED NÖBAUER)**

### **2.1 Der Puzzleunterricht in der 1 CHE**

#### **2.1.1 Einführung**

Ich unterrichte im heurigen Schuljahr drei erste Jahrgänge in Physik. Mein Beitrag zu unserem gemeinsamen Projekt „Die ARGE Didaktik und Methodik der HTL Steyr erprobt und evaluiert den Puzzleunterricht als alternative Unterrichtsmethode“ besteht darin, das Grundlegende zum Thema Kräfte in einem dieser drei Jahrgänge – es war in der 1CHE - mit dieser Unterrichtsmethode zu vermitteln. In der 1AHE behandelte ich diesen Stoff mit einer etwas abgeänderten Methode, und zwar mit Gruppenarbeiten und anschließenden Präsentationen an der Tafel. Bei dieser abgeänderten Methode berücksichtigte ich bereits die Erfahrungen mit dem Puzzleunterricht in der 1CHE. In der 1BHE war die Methode konventioneller Unterricht, d.h. Frontalunterricht – zwischendurch rechneten und erklärten Schüler an der Tafel die von ihnen bearbeiteten Aufgabenstellungen. Die Auswahl der 1CHE für den Puzzleunterricht erfolgte eher zufällig (z.B. ob terminlich günstig), ich schätzte die drei Jahrgänge leistungsmäßig als ziemlich gleichwertig ein.

In unserer ARGE-Gruppe herrschte Skepsis darüber, ob man schon im ersten Jahrgang Puzzleunterricht ausprobieren sollte. Große Klassen, oft mit mehreren schwachen Schülern - die Voraussetzungen ab dem zweiten Jahrgang werden als günstiger eingestuft. Zu den Klassenschülerzahlen: 1AHE: 33, und zwar 30 Schüler und 3 Schülerinnen, 1BHE: 32, und zwar 32 Schüler, 1CHE: 36, und zwar 35 Schüler und 1 Schülerin. Anmerkung zum Gender-Aspekt: Ich habe bei den folgenden Gruppenarbeiten keine Unterschiede zwischen Gruppen mit Mädchen und reinen Burschengruppen festgestellt.

Ich habe mich bemüht, möglichst einfache Themen und einfache Aufbereitungen zu wählen. Bei den Themen geht es um die Erklärung von sechs einfachen Versuchen, die vorher im Unterricht gezeigt wurden. Die Versuche wurden von Schülern unter meiner Anleitung der Klasse vorgeführt. Das Gesehene wurde beschrieben, aber zunächst noch nicht erklärt. Eine Videokamera wurde als Hilfsmittel verwendet, um die Versuchsdetails über Monitore allen sichtbar zu machen.

#### **2.1.2 Ziele, Erfolgsindikatoren und Evaluationsinstrumente**

Das Nachdenken über die Ziele unserer Gruppe wie auch über meine Ziele mit dieser Unterrichtsform sowie über die Art der Evaluation erwies sich als komplexer als zunächst vermutet. Sehr hilfreich war ein Treffen unserer Gruppe mit o.Univ.Prof. Dr. Herbert Altrichter am 9.11.05 in der Universität Linz. In einem fast zweistündigen Gespräch fanden wir viele wertvolle Hinweise, die zur Klärung beitrugen.

Hier die Ziele für meinen Puzzleunterricht in der 1CHE:

### **Die Schüler verstehen den Lehrstoff in folgenden Themen:**

Thema 1: Wie verhält sich ein Körper, auf den keine Kraft wirkt?

Thema 2: Wie verhält sich ein Körper, auf den eine Kraft wirkt?

Thema 3: Wie verhalten sich zwei Körper, die Kräfte aufeinander ausüben?

Thema 4: Wie misst man eine Kraft?

Thema 5: Was passiert, wenn mehrere Kräfte auf einen Körper einwirken?

Thema 6: Wie kann man Kräfte übersetzen?

### **Indikator und Evaluation:**

Das Verständnis der Experten ist gegeben, die Unterrichtsplanung ist schülergerecht. Die Unterrichtsplanungen, die Inhalte und Vorgangsweise enthalten, werden angesehen, gegebenenfalls wird eingegriffen.

Die grundlegenden Themen werden verstanden – Test dahinter, Bewertung der Einzelleistungen, Ermittlung der besten Gruppe.

### **Den Schülern gefällt dieser Unterricht:**

#### **Indikator und Evaluation:**

Die Schüler meinen, dass die Texte verständlich sind und dass der Lernstoff verstanden wird.

Die Schüler machen gern mit bei dieser Unterrichtsform und fühlen sich gut in der Gruppe.

Interview mit ein paar wenigen Schülern.

Leitfragen:

- Waren die Texte, die du bearbeiten musstest, verständlich – oder hast du länger nachdenken müssen? Wo?
- Hast du das Gefühl, dass du bei diesem Unterricht die Themen verstanden hast, dass du viel gelernt hast?
- Hast du bei diesem Unterricht gern mitgemacht? Hast du dich gut gefühlt in der Gruppe oder lernst du lieber allein?

### **2.1.3 Ablauf**

Der Ablauf des Puzzleunterrichtes in der 1CHE geht aus folgendem Anleitungsblatt für die Schüler hervor:

Wir haben schon einige einfache Beispiele mit Kräften gerechnet, ohne die genaueren Hintergründe zu kennen.

Kräfte sind nicht leicht zu verstehen, aber wer sie durchschaut, hat eine gute Basis für die gesamte Physik!

Folgende Themen sind wichtig:

**Thema 1:** Wie verhält sich ein Körper, auf den keine Kraft wirkt?

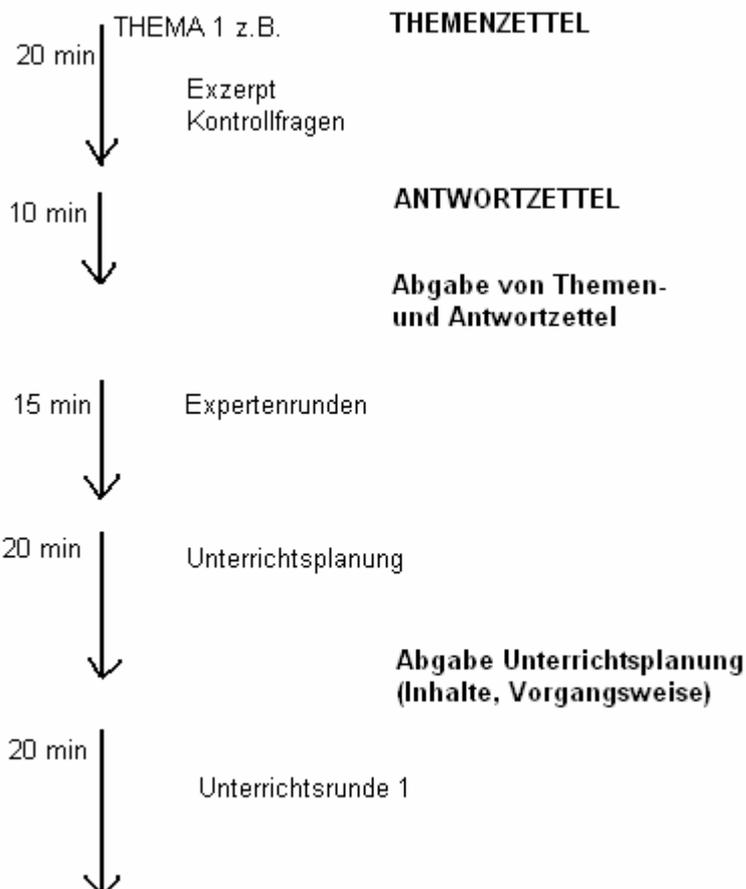
**Thema 2:** Wie verhält sich ein Körper, auf den eine Kraft wirkt?

**Thema 3:** Wie verhalten sich zwei Körper, die Kräfte aufeinander ausüben?

**Thema 4:** Wie misst man eine Kraft?

**Thema 5:** Was passiert, wenn mehrere Kräfte auf einen Körper einwirken?

**Thema 6:** Wie kann man Kräfte übersetzen?



Nähere Erläuterungen: Die Schüler erhalten ihre jeweiligen Themenzettel. Sie arbeiten zunächst allein und sollen ein Exzerpt erstellen sowie die Kontrollfragen bearbeiten. Nach einiger Zeit erhalten sie auch den jeweiligen Antwortzettel. Am Ende der Selbstlernphase müssen sie beide Zettel wieder abgeben. Sie gehen mit ihren eigenen Aufzeichnungen in die Expertenrunden.

Beispiele für Themen- und Antwortzettel: siehe Anhang A3.

Anweisung für die Gestaltung der Unterrichtszettel: Sie müssen die Angaben der Fragen und die selbst formulierten Lösungen enthalten. Das sollen die anderen Schüler dann auch im Heft stehen haben! Die weiteren Erklärungen dazu sollen darüber hinausgehen, ohne dass die anderen Schüler sie aufschreiben müssen. Damit wollte ich sicherstellen, dass nach diesem Unterricht zumindest die Mitschriften eine gute Qualität aufweisen.

Der Physikunterricht in der 1CHE findet immer in Doppeleinheiten (100 Minuten) statt. Der Puzzleunterricht verteilte sich auf fünf aufeinander folgende Doppeleinheiten. Parallellaufend zum Puzzleunterricht wurde der 2. Test auf herkömmliche Weise abgewickelt. So wurde z.B. eine Einheit Puzzleunterricht betrieben, die andere Einheit für den Test geübt. Diese Aufteilung wirkte sich viel weniger störend aus als zunächst von mir befürchtet.

Die Themen wurden von mir zufällig an die Schüler vergeben. Als Vorgabe für die Unterrichtsplanung wurde von mir verlangt, dass die Experten jeweils drei Blätter mit den Kontrollbeispielen ausarbeiten, u.zw. Angabe und Lösung übersichtlich dargestellt. Diese Blätter sollten in den Unterrichtsrunden reihum gehen, abgeschrieben und dann erklärt werden.



#### **2.1.4 Erste Beobachtungen und Interpretationen**

Der Arbeitseifer der Schüler war groß. Eine Kollegin als Beobachterin stellte noch Folgendes fest: einige Schüler arbeiteten mehr allein, manche in Untergruppen zu zweit oder zu viert. Die, die eher allein arbeiteten, holten sich hin und wieder Anregungen von anderen. Die Sitzordnung sollte zudem eher rund sein!

Obwohl den Schülern Lösungszettel gegeben wurden, waren 20 von 105 Ausarbeitungen mangelhaft, zum Teil falsch und unbrauchbar. Ich sah mich gezwungen, die Themen 5 und 6 neu und vereinfacht zu gestalten. In der nächsten Doppeleinheit wurden diese Themen neu bearbeitet. (Die restlichen Schüler bekamen zusätzliche Übungsbeispiele für den Test zum Rechnen.)

Die Unterrichtsrunden (mit von mir vollständig kontrollierten und korrigierten Unterlagen) liefen bisher im Allgemeinen so ab: das Abschreiben dauerte ca. 15 min, die Erklärungen gingen schnell.

Aus Gesprächen (keine systematische Meinungsbefragung, jedoch zufällige Auswahl) mit einzelnen Schülern oder Zweier- oder Dreiergruppen kurz vor Verlassen der Klasse am Ende des Unterrichts ging Folgendes hervor: 20 min pro Thema in den Unterrichtsrunden sind für die Schüler o.k. Die Lautstärke, die von mir manchmal als störend empfunden wurde, ist für die Schüler kein Problem. Die Schüler waren alle der Meinung, dass sie gut und ungestört lernen konnten. Die Frage, ob sie es verstanden hätten und ob etwas weitergegangen sei, wurde i.A. zustimmend beantwortet. Bezüglich der Präferenz für diese Unterrichtsform oder für Lehrervortrag sind die

Meinungen geteilt. In einer Gruppe wurde eher diese Unterrichtsform bevorzugt oder als gleich mit Lehrervortrag eingestuft, in einer anderen Gruppe fand sich eine Mehrheit für den Lehrervortrag, der als wirksamer angesehen wird.

## **2.1.5 Evaluation**

### **Das Verständnis der Experten ist vorhanden**

20 von 105 Ausarbeitungen für die Unterrichtsrunden beim Puzzleunterricht waren mangelhaft, zum Teil falsch und unbrauchbar. Die Themen 5 und 6 wurden daher neu und vereinfacht gestaltet.

### **Die Schüler verstehen den Lernstoff**

Notenverteilung des Tests nach der schriftliche Kurzarbeit: 0/3/8/7/14.

(Die Testaufgaben sind im Anhang A4 zu sehen.)

Die Arbeit ist allgemein schlecht, quer durch die Aufgabenstellungen, ausgefallen. Zudem habe ich die ersten 13 Schüler bei der Testrückgabe in Einzelgesprächen gebeten, mir konkret zu sagen, was denn unklar war. 12 meinten, dass (jetzt) alles klar sei, nur ein Schüler sagte, das Thema mit dem Kräfteparallelogramm sei ihm unklar. Ich konnte aus dieser Befragung keinen Hinweis ableiten, worin die Unklarheiten bestanden, die zu dem schlechten Testresultat führten. Klarheit brachte erst ein Gespräch mit der Klasse zu Schulschluss (siehe Anhang A6).

### **Die Schüler empfinden den Unterricht mit dieser Methode als verständlich und dieser Unterricht gefällt ihnen**

Vier Schüler der 1CHE wurden von Koll. Karl Reiter ausgewählt und interviewt.

Ich weiß nicht, wer diese Schüler sind und bin nur darüber informiert, dass es sich um zwei gute Schüler und um zwei schlechte Schüler handelt. Die Leitfragen wurden von mir vorgegeben, die Frage nach konkreten Verbesserungsvorschlägen ist eine Ergänzung, die sich aus den Interviews heraus ergeben hat. Die Interviews finden sich im Anhang A1.

Die Interviews in der 1CHE zeigen keinen einheitlichen Trend, weder in der Frage, ob der Puzzleunterricht verständlich ist noch in der Frage, ob er Gefallen findet. Es bleibt der Eindruck, dass die Schüler mit dem Weitergeben des Wissens deutlich überfordert waren.

## **2.2 Modifizierter Puzzleunterricht in der 1AHE**

### **2.2.1 Ablauf**

Ich habe sehr bald erkannt, dass beim Puzzleunterricht in der 1CHE vieles nicht funktioniert! Zu große Gruppen, mit Gruppenarbeit nicht vertraute Schüler, Probleme beim Erstellen der Unterrichtsunterlagen und erst recht bei der Wissensweitergabe. Das widerspiegelt sich auch in den vier Interviews mit 1CHE-Schülern.

Bei der Suche nach hilfreicher Literatur zum Thema „Gruppenunterricht“ stieß ich auf das Buch von Margit Weidner „Kooperatives Lernen im Unterricht“, Kallmeyer 2005, 2. Auflage. Dort werden leistungsmäßig heterogen zusammengesetzte Kleingruppen mit einer zusätzlichen Struktur (Checker, Lautstärkemanager, Zeitwächter) als gut für das Gelingen von Gruppenunterricht beschrieben.

In der 1AHE wurden die Schüler von mir in 12 Dreiergruppen eingeteilt. Jede Gruppe bestand aus jeweils einem Schüler mit bisher guten Noten, einem Schüler mit bisher mittelmäßigen und einem Schüler mit bisher schlechten Noten in Physik. (Dieser Aspekt der Gruppeneinteilung wurde den Schülern gegenüber natürlich nicht erwähnt!) Jede Gruppe musste eine Hälfte eines Themenzettels bearbeiten, und zwar entweder den theoretischen Teil mit der Erklärung oder die drei anschließenden Aufgaben. Ziel für die Gruppen war es, ihre Ausarbeitungen an der Tafel der Klasse zu präsentieren.

Der erste Teil des Puzzleunterrichts (Selber lernen, Expertenrunden, Unterrichtsplanung) findet sich hier wieder, der zweite Teil (Unterrichtsrunden) wurde ersetzt durch Vorführungen der Gruppen an der Tafel. Das hat für den Lehrer den Vorteil, die Wissensweitergabe mit weniger Aufwand direkt kontrollieren und steuern zu können.

Noch einmal zu den Gruppen: sie sind klein gehalten (3 Schüler, in einigen wenigen Gruppen finden sich auch eine bzw. zwei Schülerinnen), zusätzlich hat jeder bzw. jede in der Gruppe noch eine der folgenden Funktionen:

**Lautstärkemanager:** achtet auf „40 cm – Stimme“ und auf Sachlichkeit.

**Checker:** achtet auf Verständnis und gleichmäßige Beteiligung aller, fasst Erledigtes/Offenes zusammen (i.A. der beste Schüler bzw. die beste Schülerin).

**Zeitwächter:** achtet auf die vorhandene Zeit und darauf, dass alle bei der Arbeit bleiben.

Bei jedem Schüler bzw. jeder Schülerin findet sich ein L, C, oder Z auf dem Themenzettel...

## 2.2.2 Ergebnisse

Die Schülermeinungen (wieder keine systematische Meinungsumfrage!) über diese Methode: kommt gut an; nicht immer machen, aber hin und wieder als Abwechslung.

Die Präsentationen in der 1AHE halte ich großteils für gelungen – einige Schüler haben sogar selbst ausgedachte einfache Experimente zu ihren Themen vorgeführt, wobei anzumerken ist, dass diese Idee von den Schülern selbst kam. Was an die Tafel und ins Heft geschrieben wurde, ist eine Koproduktion von den Schülern und von mir.

Laut Interviews (siehe Anhang A2) ist diese Unterrichtsform in Bezug auf Verständlichkeit und Akzeptanz sehr gut angekommen!

Der Test in der 1AHE hat folgendes Ergebnis gezeigt: 6/9/8/3/1. Damit kann man sagen, dass diese Unterrichtsform überaus erfolgreich gelaufen ist!

### 2.2.3 Vergleich mit Frontalunterricht

Die Unterrichtsform in der 1BHE war herkömmlicher Frontalunterricht. Die Versuche zum Thema „Kräfte“ wurden von mir erklärt, die Aufgaben als Hausübung gegeben. Die Hausübung wurde in der nächsten Doppeleinheit von Schülern bzw. von mir an der Tafel vorgeführt und erklärt. Dabei hatte ich den Eindruck, dass viele Schüler die Aufgaben als nicht leicht einstufen.

Ergebnis der schriftlichen Kurzarbeit: 3/3/11/8/3.

Das ist ein durchschnittliches und übliches Ergebnis.

## 2.3 Zwischenbilanz

Die Ergebnisse des Puzzleunterrichts waren für mich nicht befriedigend, weil der Test sehr schlecht ausfiel und die Methode bei den Schülern keine eindeutige Zustimmung fand (siehe Interviews). Die Abänderung mit den Präsentationen funktionierte wesentlich besser. Im Unterschied zum Puzzleunterricht entwickelte sich eine angeregte Lernatmosphäre. Diese Lebendigkeit entstand durch die Schülervorträge, die kleineren Ergänzungen von mir und die Fragen der zuhörenden Schüler in der Klasse. Das gemeinsame Erarbeiten dessen, was ins Heft geschrieben wurde, regte die Aufmerksamkeit und das Denken der Schüler an.

Die Probleme beim Puzzleunterricht versuchte ich durch die folgenden Maßnahmen in den Griff zu bekommen:

- durch kleine Dreiergruppen mit einer zusätzlichen Struktur (jeder hat noch eine der Rollen Checker, Lautstärkemanager oder Zeitwächter), und
- dadurch, dass jede Gruppe aus einem Schüler mit bisher guten, einem Schüler mit bisher mittelmäßigen und einem Schüler mit bisher schlechten Noten in Physik zusammengesetzt wird, und
- durch eine völlig andere Art der Wissensweitergabe: Präsentationen der Schüler an der Tafel vor der ganzen Klasse. Das ermöglicht dem Lehrer wenn notwendig sofort einzugreifen.

Die Schülervorträge, zum Teil mit eigenen kleinen Experimenten, mit kurzen Ergänzungen von mir (ich habe versucht, mich möglichst zurückzunehmen) und mit Zwischenfragen aus dem Kreis der zuhörenden Schüler wurden von den meisten als gelungen und lebendig empfunden (- ich hatte diesen Eindruck).

Diese wesentlichen Änderungen im Vergleich zum Puzzleunterricht haben dann in der 1AHE tatsächlich zum Erfolg geführt.

Die Unterrichtsform hat aber auch noch sehr viel mit dem Puzzleunterricht gemeinsam: Selbstlernphase, Expertenrunden, Vorbereitung der Wissensweitergabe. Aus diesem Grund glaube ich, dass sie als Einstiegsform geeignet ist.

Das wertvolle Ergebnis für mich ist, dass die Vorgangsweise zunächst wie beim Puzzleunterricht (Selber lernen, Expertenrunden, Unterrichtsplanungen), gefolgt von den oben beschriebenen Präsentationen vor der ganzen Klasse, meine Erwartungen (siehe „ZIELE“: die Schüler verstehen den Lernstoff und die Unterrichtsmethode gefällt ihnen) erfüllt hat.

Ich setzte mir als neues Ziel zu erproben, ob der modifizierte Puzzleunterricht immer so gut funktioniert. Im Folgenden gebe ich eine kurze Zusammenfassung der Ergebnisse.

## 2.4 Weitere Variationen

Ich möchte in Bezug auf Gruppenarbeiten eine Unterrichtsmethode in meinem Repertoire haben, die folgende Bedingungen erfüllt: einfach handhabbar, vielseitig anwendbar und stabil funktionierend.

Nach den Vergleichen in den drei ersten Jahrgängen ergibt sich für mich die Frage, ob der modifizierte Puzzleunterricht vielleicht ein geeigneter Kandidat ist und immer so gut funktioniert. Gut funktionieren bedeutet für mich, dass der Lernerfolg passt (evaluiert mit Methoden, die in der Schule üblich sind, also zum Beispiel mit Tests oder Schularbeiten), und dass die Unterrichtsform bei den Schülern gut ankommt (evaluiert mit einem Fragebogen). Ich habe in drei Fällen den modifizierten Puzzleunterricht, allerdings mit weiteren Abänderungen, ausprobiert.

### **Beispiel 1: Themengleicher Gruppenunterricht, Schüler bilden Gruppen selbst, zusätzliche Gruppenstruktur. Anschließende Präsentationen.**

Thema: Fragen und Aufgaben zur speziellen Relativitätstheorie (siehe Anhang A5).

Klasse: 3CHE (19 Schüler und 3 Schülerinnen).

Termine: 6.3. (2 UE), 13.3. (2 UE) und 20.3. (2 UE).

Die Relativitätstheorie wurde vor diesen Terminen nicht in einem Block, sondern ab und zu während einer Doppelinheit für 15 Minuten in kleinen überschaubaren Teilen eingestreut: beginnend mit einem Überblick und einfachen Berechnungen, dann mit Ergänzungen und schwierigeren Rechnungen. Hintergedanke: Bei Desinteresse oder Nichtbewältigen der Schwierigkeiten wäre ein Ausstieg ohne Schaden nach dem ersten Überblick möglich gewesen. So geschehen in der Parallelklasse.

Keine Selbstlernphase. Die Gruppenbildung erfolgte durch die Schüler selbst. Anweisung von mir: 2er - oder 3er - Gruppen, Sitzordnung so, dass jeder jeden sieht (nicht linear aufgefädelt).

Es bildeten sich zwei 2er - , vier 3er - und eine 4er - Gruppe.

Tafel:

**C**hecker: Zwischenzusammenfassungen; Offenes/ Erledigtes; haben alle kapiert?

**L**autstärkewächter: „40 cm – Stimme“!

**Z**eitwächter: pro Aufgabe ca. 7 min ...

Die Zuordnung **C, L, Z** in den Gruppen erfolgte von mir. - Es wurde intensiv gearbeitet. Jede Gruppe hatte alle Aufgaben zu behandeln. Von mir wurden Zwischenfragen beantwortet und Hinweise gegeben. Dauer: eine Doppel­einheit. In der nächsten Doppel­einheit erfolgte zu Beginn die Festlegung, welche Aufgabe durch welche Gruppe präsentiert werden sollte, und zwar im Einvernehmen mit den Schülern. Hierauf bereitete jede Gruppe ihre Präsentation vor. Diese Vorbereitung dauerte 30 Minuten. Nach den ersten drei Präsentationen füllten die Schüler den folgenden Fragebogen aus:

<b>FRAGEBOGEN:</b>			
<b>trifft zu</b>	<b>trifft mit Einschränkungen zu</b>	<b>trifft kaum zu</b>	<b>trifft nicht zu</b>
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
1) Die Aufgaben waren bewältigbar.			
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2) Die Präsentationen der Mitschüler waren verständlich.			
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3) Ich habe mich gut gefühlt in der Gruppe.			
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4) Frontalunterricht wäre besser gewesen.			
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5) Man sollte so etwas öfter machen.			
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eventuelle Ergänzung in (kurzen) Worten, was ich noch dazu sagen möchte: <b>Rückseite!</b>			

Ergebnis:

---

trifft zu	trifft mit Einschränkungen zu	trifft kaum zu	trifft nicht zu
○	○	○	○
<hr/>			
1) Die Aufgaben waren bewältigbar.			
7	13	0	1
2) Die Präsentationen der Mitschüler waren verständlich.			
11	10	0	0
3) Ich habe mich gut gefühlt in der Gruppe.			
19	2	0	0
4) Frontalunterricht wäre besser gewesen.			
1	6	5	8
5) Man sollte so etwas öfter machen.			
12	7	1	1

Eventuelle Ergänzung in (kurzen) Worten, was ich noch dazu sagen möchte:

*Lehrer hält Versprechen nicht! (2x)*

Die Ergänzung in Worten bezog sich auf meine Aussage, dass die Relativitätstheorie nicht zum Test kommt. Ich wollte dieses Kapitel ursprünglich nur kurz streifen, und habe mich nach der positiven Reaktion der Schüler/innen zu einem weiteren Ausbau entschieden.

In der dritten Doppeleinheit wurden die restlichen Präsentationen abgewickelt.

Der Test am 27.3. brachte ein überdurchschnittliches Ergebnis: 14/1/2/1/2.

Zur 3CHE muss ich noch anmerken, dass es sich um eine leistungsstarke Klasse handelt. Bei Interesse für ein Thema sind Testergebnisse wie dieses möglich. Ich hatte daher auch keine Bedenken dabei, die Gruppen von den Schülern selbst bilden zu lassen, obwohl die Gruppenarbeit für die lange Zeitdauer von nicht ganz drei Einheiten vorgesehen war!

### **Beispiel 2: Gruppenunterricht mit verschiedenen Aufgaben, Gruppen vom Lehrer eingeteilt, zusätzliche Struktur. Anschließende Präsentationen.**

Thema: Übungsbeispiele zur Integralrechnung.

Klasse: 3AHE (23 Schüler).

Termine: 15.3. (2 UE), 17.3. (1 UE), 22.3. (2 UE).

Die Gruppeneinteilung wurde von mir im Vorhinein festgelegt, so dass jede der acht Gruppen leistungsmäßig heterogen zusammengesetzt war. Auch die Checker, Lautstärkemanager und Zeitwächter waren schon eingeteilt. Jede Gruppe musste andere Integrale berechnen. Der Ablauf geht aus folgendem Anleitungszettel hervor:

**Selber lernen**    ANGABEZETTEL

↓    10 min

**dann Gruppe**

↓    25 min    weitere Ausarbeitungen, Probe

**dann Beginn Präsentationsplanung**

↓    10 min

**(Ziel:) die Vorfürhungen vor der Klasse sind vorbereitet**

---

Lautstärkemanager: „40 cm – Stimme“, Sachlichkeit

Checker: Verständnis, gleichmäßige Beteiligung, Erledigtes/Offenes

Zeitwächter: bei der Arbeit bleiben, vorhandene Zeit

Hier die Evaluation des Fragebogens:

---

<b>trifft zu</b>	<b>trifft mit</b>	<b>trifft</b>	<b>trifft nicht zu</b>
<b>○</b>	<b>Einschränkungen zu</b>	<b>kaum zu</b>	<b>○</b>
<b>○</b>	<b>○</b>	<b>○</b>	<b>○</b>
9	5	2	0
4	11	1	0
14	1	0	1
1	1	4	10
11	4	0	1

Eventuelle Ergänzung in (kurzen) Worten, was ich noch dazu sagen möchte:

*Gruppenarbeit besser, weil man Mitschüler fragen kann. (3x)*

*Gut für schlechte Schüler, wenn sie mit einem guten Schüler zusammenarbeiten. (1x)*

*Gut für längerfristiges Merken. (1x)*

*Voreinteilen der Gruppen schlecht. (1x)*

Vor der Schularbeit fand noch eine Unterrichtseinheit statt, in der für die Schüler unklare Integralbeispiele aus dem Buch vorgerechnet wurden.

Ergebnis der Schularbeit: 6/3/1/2/8, ein für die Klasse durchaus übliches, gar nicht so schlechtes Resultat!

### **Beispiel 3: Themengleicher Gruppenunterricht, Schüler bilden Gruppen selbst, keine zusätzliche Gruppenstruktur. Anschließende Präsentationen.**

Thema: Übungsbeispiele vor dem Test - Kapitel Kräfte und Arbeit.

Klasse: 1BHE (32 Schüler).

Termin: 15.3. (2 UE).

Es handelte sich um Wiederholungsbeispiele, die in der Doppeleinheit vor dem Test berechnet wurden. Die Berechnung erfolgte in 2er – oder 3er – Gruppen, deren Zusammensetzung von den Schülern selbst gewählt wurde. Keine Selbstlernphase, keine zusätzliche Gruppenstruktur wie **C**, **L**, **Z**. Dauer der Gruppenarbeit nicht ganz 30 Minuten. Vor den Gruppenarbeiten: Anleitungen zum Lösen der Beispiele durch den Lehrer.

Der Grund dafür, den Schülern die Zusammensetzung der Gruppen zu überlassen und auf eine zusätzliche Struktur zu verzichten, war die kurze vorgesehene Zeitdauer für die Gruppenarbeit.

Nach den Gruppenarbeiten erfolgte die Festlegung der Schüler fürs Vorrechnen (freiwillige Meldungen). Von den fünf Schülern wurden sehr gute Tafelleistungen geboten.

Evaluation:

---

trifft zu	trifft mit Einschränkungen zu	trifft kaum zu	trifft nicht zu
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<hr/>			
1) Die Aufgaben waren bewältigbar.			
24	6	0	0
2) Die Präsentationen der Mitschüler waren verständlich.			
17	13	0	0

3) Ich habe mich gut gefühlt in der Gruppe.

21                      8                      1                      0

4) Frontalunterricht wäre besser gewesen.

0                      5                      14                      9

5) Man sollte so etwas öfter machen.

23                      6                      1                      0

Eventuelle Ergänzung in (kurzen) Worten, was ich noch dazu sagen möchte:  
---

Ergebnis des Physiktests: 2/3/11/13/3

Das Ergebnis sehe ich so: 16 Schüler (Noten 4 und 5), also die Hälfte, hat deutliche Mängel im Verständnis. In der 1BHE fand vor der beschriebenen Gruppenarbeit nur konventioneller Unterricht statt. Das Ergebnis ist typisch für diese Unterrichtsmethode (Frontalunterricht; Tests mit Schwerpunkt auf Mechanik – Rechenbeispielen).

## 2.5 Resümee

Dass den Schülern die Methode gefällt, geht klar aus der Beantwortung der Fragebögen hervor. Ich hege auch keine Zweifel daran, dass die Schüler dabei etwas gelernt haben, aber es gibt einen problematischen Punkt beim Nachweis: Die Integrationsmethoden in der 3AHE (Beispiel 2) wurden nur zu einem kleinen Teil mit dieser Methode erlernt. Die gleiche Problematik besteht bei den Übungsbeispielen vor dem Physiktest in der 1BHE (Beispiel 3). Das Stoffgebiet, das beim Test geprüft wurde, wurde hauptsächlich mit herkömmlichem Frontalunterricht erlernt.

Die Ergebnisse von Schularbeit und Test müssen dann noch mit den Leistungsniveaus der Klassen in Verbindung gebracht werden.

Etwas günstiger liegt die Relativitätstheorie in der 3CHE (Beispiel 1).

Die entscheidende Lernphase (6 UE) erfolgte nämlich gänzlich durch Gruppenarbeit mit Präsentation. Außerdem waren die Testfragen sehr eng an die Übungsfragen angelehnt. Hier lässt das Testergebnis einen (positiven) Rückschluss auf die Methode zu. Man kann sagen, dass die Schüler den Stoff durch die Methode „Gruppenarbeit mit Präsentation“ gut erlernt haben.

In weiteren Fällen von Gruppenunterricht, die aber sonst keine neuen Aspekte bieten und daher nicht mehr angeführt werden, konnte ich die Erfahrung machen, dass die Test- und Schularbeitenergebnisse im Rahmen des Üblichen liegen.

Eine weitere positive Erfahrung war, dass bei voreingeteilten Gruppen (in jeder Dreiergruppe je ein Schüler/eine Schülerin mit bisher guter, mittlerer und schwacher Schulleistung in Physik) alle Gruppen in etwa gleich gut arbeiteten.

### 3 PUZZLEUNTERRICHT KIMBACHER

Die Grundlage für die Gruppenpuzzles der oben Genannten bilden die folgenden Ziele und das darauf abgestimmte und von drei Studenten/innen entworfene Evaluationsdesign.

#### 3.1 Ziele und Evaluationsdesign

Im Mittelpunkt stehen folgende Fragen:

- Waren die Unterlagen geeignet, selbständiges Arbeiten zu ermöglichen und Kontrollfragen zu beantworten? Welche Schwächen gab es in den Unterlagen?
- War der Zeitrahmen angemessen?
- War der Unterricht so effizient, dass die Schüler zu Hause weniger Zeit fürs Lernen aufwenden mussten?
- Wurden die Aufgaben genau verstanden?
- War diese Methode für Schüler/innen angenehm?
- Haben die Schüler/innen diese Methode ernst genommen?
- Hat die Methode die Schüler/innen zur aktiven Mitarbeit motiviert; wie intensiv war die Auseinandersetzung?
- Konnten offene Fragen in der Experten/innenrunde geklärt werden?
- Konnten die Schüler/innen ihr eigenes Stoffgebiet den anderen gut vermitteln?
- Welche Methoden haben die Schüler/innen zur Bearbeitung angewandt?
- Welche Qualität hat das Handout?
- Wurden die Schüler/innen als Experten/innen ernst genommen?
- Wie fühlten sich die Experten/innen beim Unterrichten?
- Wie war die Kommunikation in den Gruppen?

#### Messinstrumente:

Wir haben uns geeinigt, als Messinstrumente zur Erhebung dieser Fragestellung Fragebögen einzusetzen.

Weiters wird eine Vor- sowie eine Endevaluation der Schüler/innen bezüglich Vorstellungen, Erwartungen, Befürchtungen, möglicherweise Ängste wie auch Einstellung gegenüber diesem Projekt „Puzzleunterricht“ durchgeführt, um dann einen Vergleich zwischen Anfangseinstellungen/Anfangserwartungen und tatsächlich Empfundem darzustellen.

## **Zeitraahmen**

Kimbacher:

Thema: Kunststoffe

Beginn: Dienstag 2. Mai. 2006 3+4 Einheit (9:55-11:55); Dauer: 3 – 4 Wochen (insgesamt 3 Termine)

- Bis 24.4.06 wird der Fragebogen der Vorevaluierung per Mail zugesandt
- Beobachtungen erfolgen am 2. Mai sowie 9. Mai
- Fragebögen zu den allgemeinen Fragen werden per Mail oder persönlich bis zum Ende des Projektes eingereicht
- Vor der letzten Stunde der Evaluierung werden die Fragebögen für die Endevaluation per Mail zugesandt

Geretschläger:

Beginn: Dienstag 2. Mai. 2006 1.+2. Einheit (8:00-9:40)

Dauer: Max. 2 Doppeleinheiten

- Bis 24.4.06 wird der Fragebogen der Vorevaluierung per Mail zugesandt
- Beobachtungen erfolgen am 2. Mai 2006
- Fragebögen zu den allgemeinen Fragen werden persönlich zur Beobachtung mitgebracht

Eine Woche nach Beendigung des Projektes wird der Fragebogen für die Endevaluation per Mail zugesandt

Csongrady:

Thema: lt. Lehrplan

Beginn: Montag 8. Mai. 2006 3+4 Einheit (9:55-11:55)

Dauer: Max. 2 Doppeleinheiten

- Bis 24.4.06 wird der Fragebogen der Vorevaluierung per Mail zugesandt
- Beobachtungen erfolgen am 8. Mai 2006
- Fragebögen zu den allgemeinen Fragen werden persönlich zur Beobachtung mitgebracht
- Eine Woche nach Beendigung des Projektes wird der Fragebogen für die Endevaluation per Mail zugesandt

Endergebnisse der Evaluation erfolgen Anfang Juni (höchstwahrscheinlich erste Juniwoche)

## 3.2 Puzzleunterricht Kunststoffe (Kimbacher)

Das Thema Kunststoffe hat im zweiten Jahrgang der höheren Abteilung für Kraftfahrzeugbau im Chemieunterricht eine große Bedeutung. Kunststoffe sind wichtig im Fahrzeugbau und stellen damit im Chemieunterricht einen wichtigen Alltagsbezug dar.

Für mich persönlich sind Kunststoffe allerdings ein sehr langweiliges Thema. Das hat mehrere Gründe. Für mich ist die Aufzählung von Kunststoffen, die Herstellung, die Eigenschaften und ihre Verwendung eine sehr unbefriedigende Form von Unterricht. Die Unterrichtsform war bisher immer Frontalunterricht. Ich habe keine Möglichkeit für Partner- oder Gruppenunterricht gesehen. Schließlich interessiert mich das Thema nicht besonders. Trotzdem hat es große Relevanz aus technischer wie auch aus gesellschaftspolitischer Sicht.

Die Konsequenz aus dem Gesagten bestand für mich darin, eine neue Form des Unterrichts und der Unterrichtsorganisation für dieses Thema zu finden, um das Gebiet Kunststoffe in einer für alle akzeptablen Form zu vermitteln.

Mit der Unterrichtsmethode „Puzzleunterricht“ hatte ich schon einmal bei einem eher langweiligen Thema gute Erfahrungen gemacht. Ich glaube, dass sich auch das Thema „Kunststoffe“ gut dazu eignet. Das Stoffgebiet lässt sich sehr leicht in kleinere, voneinander unabhängige Teilgebiete unterteilen. Die von mir dazu vorgesehene Klasse hat schon im Vorjahr den Puzzleunterricht als abwechslungsreiche Unterrichtsform empfunden.

### 3.2.1 Der Ablauf im Überblick

#### Die Klasse

ist die 2 BHK, (höhere Abteilung für Kraftfahrzeugbau) mit 24 Schülern und einer Schülerin. Die Klasse erscheint sehr homogen, mit einer guten Klassengemeinschaft und einem guten Leistungsvermögen. Bereits im Vorjahr erreichte mein Puzzleunterricht zum Thema „Periodensystem der Elemente“ eine hohe Akzeptanz. Ich unterrichte eine Doppeleinheit Chemie in der Klasse, zusätzlich noch drei Stunden Mathematik – das ermöglicht eine gewisse Flexibilität bei der Planung des Puzzleunterrichts.

#### Die Themen

##### Aufbau, Struktur und Zustandsbereiche von Kunststoffen

Die Bindungskräfte und die Art der Bindungen in einem Kunststoff bestimmen ganz wesentlich die Eigenschaften des Kunststoffs. Auch der räumliche Aufbau und die Kettenlänge sind eng mit dem Verhalten des Kunststoffs verbunden.

##### Zusatz- und Hilfsstoffe

Der Kunststoff, der aus einer chemischen Synthese hervorgeht ist für eine Verwendung kaum geeignet. Erst durch Zusatz- und Hilfsstoffe kann man dem Kunststoff die für eine Anwendung gewünschten Eigenschaften geben.

##### Polyvinylchlorid

Polyvinylchlorid gehört zu den Massenkunststoffen. Die Verwendung dieses Kunststoffes ist aber nicht unumstritten. Das hängt eng mit dem Ausgangsstoff Vinylchlorid als auch mit den Umweltproblemen bei der Entsorgung des Kunststoffs zusammen.

##### Polystyrol und Styrol-Copolymerisate

Polystyrol gehört zu den wichtigsten und vielseitigsten Kunststoffen. Als Styropor liegt es in aufgeschäumter Form vor. Als Bestandteil von Napalm hat es aber auch seine Schattenseiten.

### **Kautschuk**

Kautschuk ist der älteste Kunststoff. Der Ausgangsstoff ist ein reines Naturprodukt mit bis heute unerreichten Eigenschaften. Inzwischen wird Kautschuk auch rein synthetisch hergestellt, ohne aber die Eigenschaften des Naturkautschuks zu erreichen.

### **Recycling von Kunststoffen**

Dieses Thema beschäftigt sich mit den Grenzen und Möglichkeiten des Kunststoffrecyclings unter besonderem Bezug auf den Kraftfahrzeugbereich.

### **Das Vorwissen**

Die grundlegenden Reaktionen und Begriffe der Kunststoffchemie wurden von mir im lehrerzentrierten Unterricht den Schülern/innen als Voraussetzung für den Puzzleunterricht vermittelt und durch verschiedene Lehrerversuche zum Thema illustriert.

### **Gruppeneinteilung und Themenauswahl**

Durch die Anzahl der Themen ist die Gruppengröße vorgegeben. Das bedeutet bei 25 Schülern/innen drei Sechsergruppen und eine Siebenergruppe. Die Gruppeneinteilung erfolgte in Absprache mit der Klasse ähnlich einer Fußball-WM-Auslosung. Die Schüler/innen wurden von mir in sechs Töpfe eingeteilt. Topf 1 enthielt die besten, Topf 6 die schlechtesten Schüler. Die Grundlage für diese Einteilung bildete der Notenstand zum Zeitpunkt der Durchführung. Anschließend wurde jeder Gruppe ein Schüler aus dem ersten Topf, ein Schüler aus dem zweiten Topf usw. zugelost. Damit war die Gruppeneinteilung fertig. Jede Gruppe einigte sich anschließend, wer welches Thema bearbeiten sollte. Das wurde dann von den Schülern/innen selbst in ein Raster auf einer Pinwand übertragen. Mit diesen Vorbereitungen konnte der eigentliche Unterricht beginnen.

### **Zeitlicher Ablauf**

In der ersten Doppeleinheit wurden Wissenserwerb und Expertenrunde abgewickelt.

Bis zur darauf folgenden Doppeleinheit erhielt ich von jeder Expertengruppe ein Handout, das Grundlage für die Wissensvermittlung bilden sollte und einen Teil der Bewertung ausmachte.

In der zweiten Doppeleinheit fanden die Unterrichtsrunden zu den ersten drei Themen statt.

In der dritten Doppeleinheit gab es einen informellen Test zu den ersten drei Themen, der die Grundlage für das Gruppenergebnis war.

In der vierten Doppeleinheit gab es die Unterrichtsrunden zu den anderen drei Themen.

In der fünften Doppeleinheit gab es einen zweiten informellen Test und die Abschlussevaluation.

### 3.2.2 Schüler/innenerwartungen

Am Beginn des Puzzleunterrichts stand eine Vorerhebung unter den Schülern/innen zu den Erwartungen bzgl. des Puzzleunterrichts. Nachdem die Schüler/innen der Klasse schon im Vorjahr an dieser Unterrichtsform teilnahmen – bis auf einen Schüler -, waren natürlich aufgrund der Vorerfahrungen Einstellungen vorhanden. Der vollständige Fragebogen findet sich im Anhang A7.

Interessant ist bei der ersten Frage „Hast du bereits mit dieser Unterrichtsmethode ein Stoffgebiet erlernt?“, dass vier Schülern/innen die Unterrichtsmethode nicht bekannt war.

Mit der zweiten Frage wurden positive und negative Erfahrungen mit der Unterrichtsmethode erfasst. Dazu folgender Auszug aus dem Evaluationsendbericht der Studenten/innengruppe:

#### Positive Erfahrungen

- Abwechslungsreich: 4 Nennungen
- Besseres Verstehen/Intensivere Auseinandersetzung des Themas: 6 Nennungen
- Gruppenarbeit besseres Lernklima: 4 Nennungen

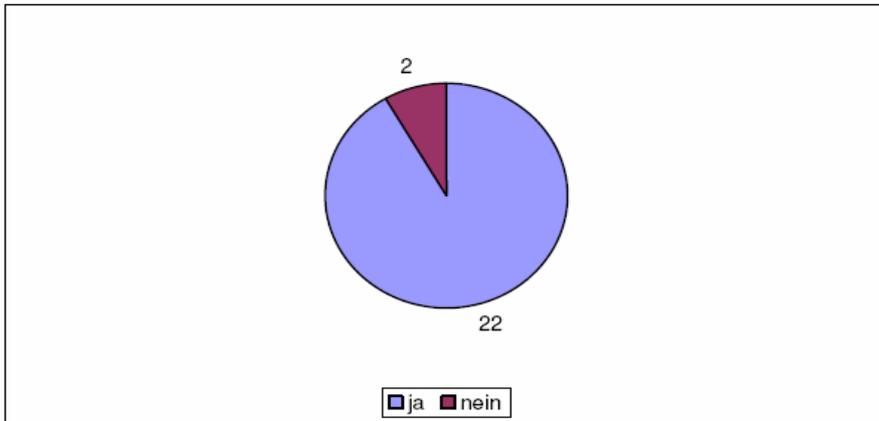
#### Negative Erfahrungen

- Endwiederholung 3 Nennungen
- Weitergabe des Wissens scheitert oft am Verständnis des Lehrenden: 9 Nennungen
- Aufwändig: 3 Nennungen

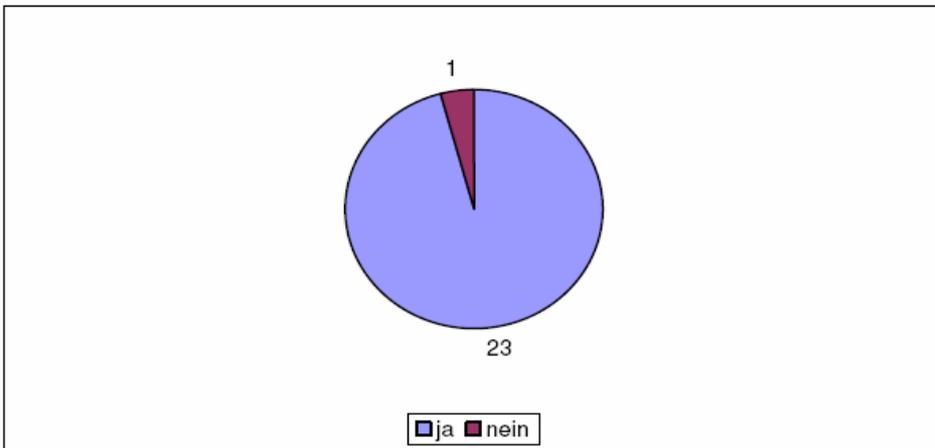
Die Frage 3 geht näher auf den zu erwartenden Arbeitsaufwand ein. 3 Schüler/innen erwarten einen sehr hohen Arbeitsaufwand, immerhin 19 Schüler/innen glauben, dass die Bearbeitung aufwändig sein wird. Interessant ist, dass bei Frage 2 nur drei Schüler/innen den großen Arbeitsaufwand als negative Erfahrung erlebt haben.

Sehr optimistisch sind die Schüler/innen hinsichtlich der Qualität der Unterlagen, der Bewältigung und Weitergabe des Lehrstoffs. Das zeigen die Auswertungen der Fragen 4 – 6:

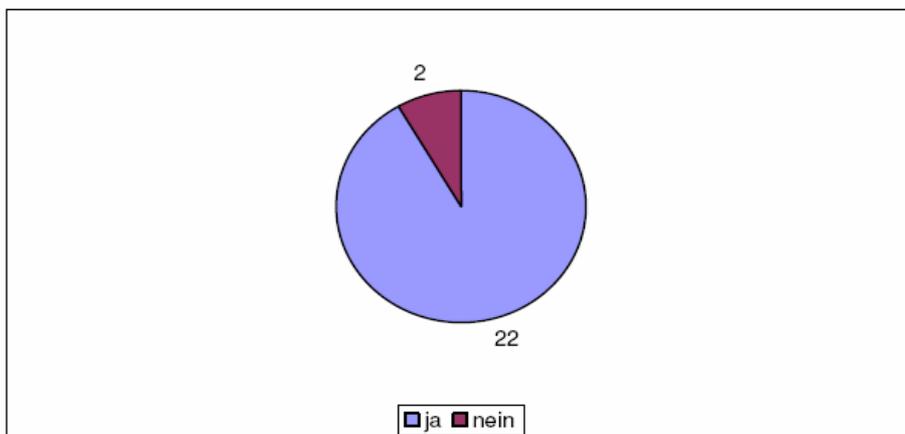
4. Fühlst du dich in der Lage dir den Stoff mit den bereitgestellten Unterlagen selbständig anzueignen?



5. Fühlst du dich in der Lage selbst angeeignetes Wissen an deine Mitschüler weiterzugeben?

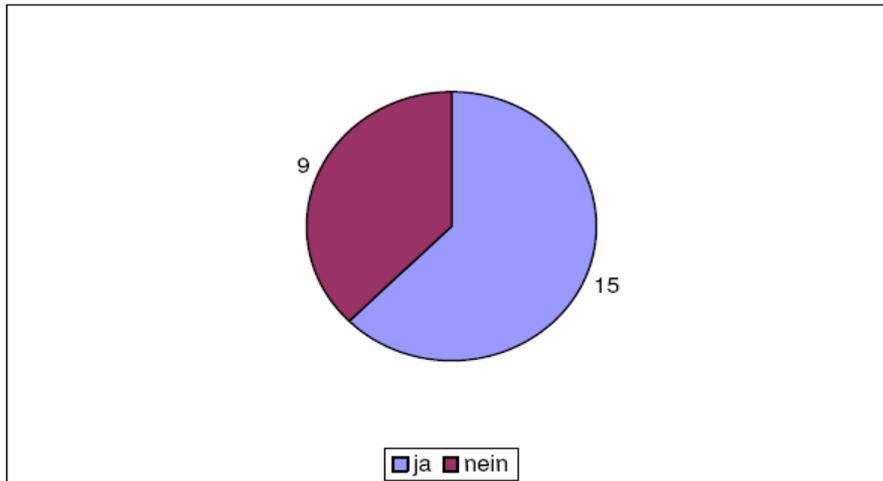


6. Denkst du, dass du dich in der Gruppe sowohl als Lernender als auch als Lehrender wohl fühlen wirst?



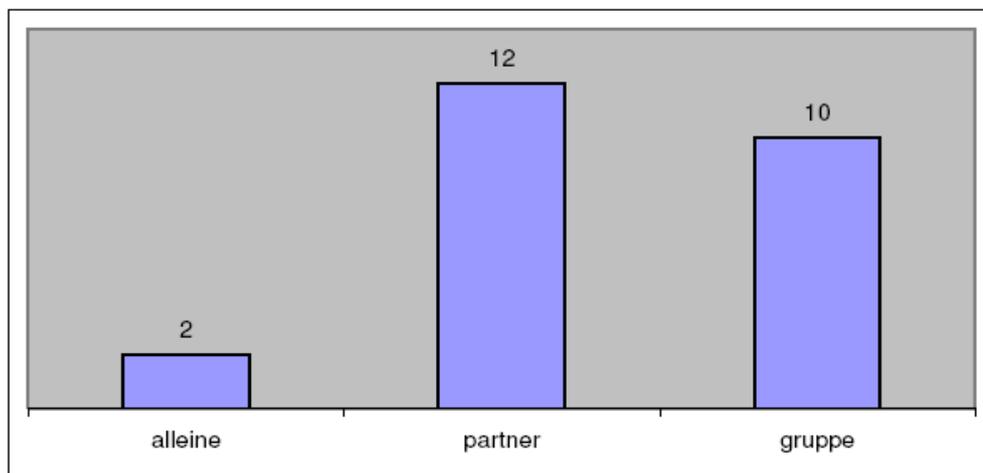
Wesentlich skeptischer sind die Schüler/innen beim Wissenserwerb mit dieser Unterrichtsmethode. Viele schätzen den Lehrervortrag als die bessere Unterrichtsform ein:

7. Denkst du, dass du dir nach einer Doppeleinheit dieser Unterrichtsform mehr an Wissen angeeignet haben wirst als wenn der Lehrer einen Vortrag über dieses Thema abgehalten hätte?



Die letzte Frage gibt Auskunft über die von den Schülern/innen bevorzugten Arbeitsformen:

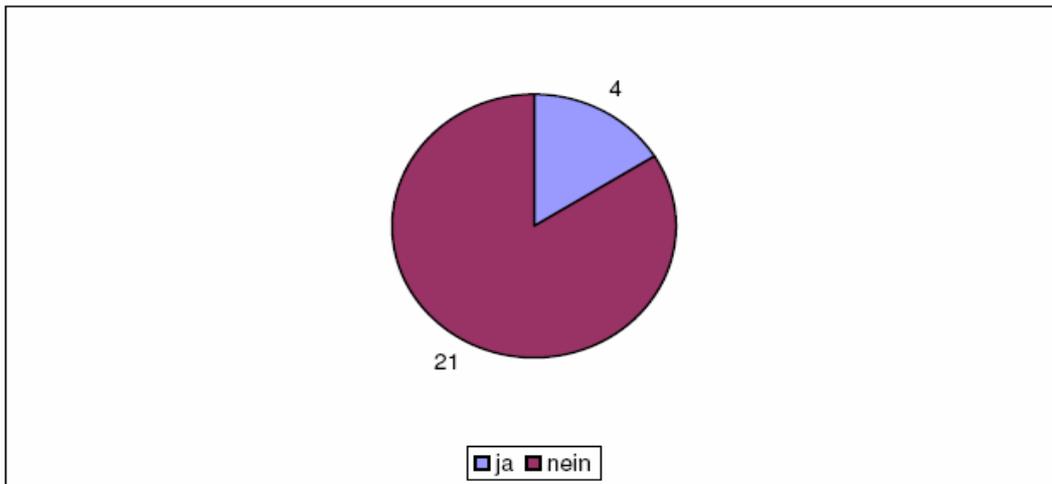
8. Kreuze bitte jene Antwort an die dir am ehesten entspricht: Wenn dir der Lehrer bei einer Projektarbeit die Wahl ließe, dann würdest du:



### 3.2.3 Endevaluation

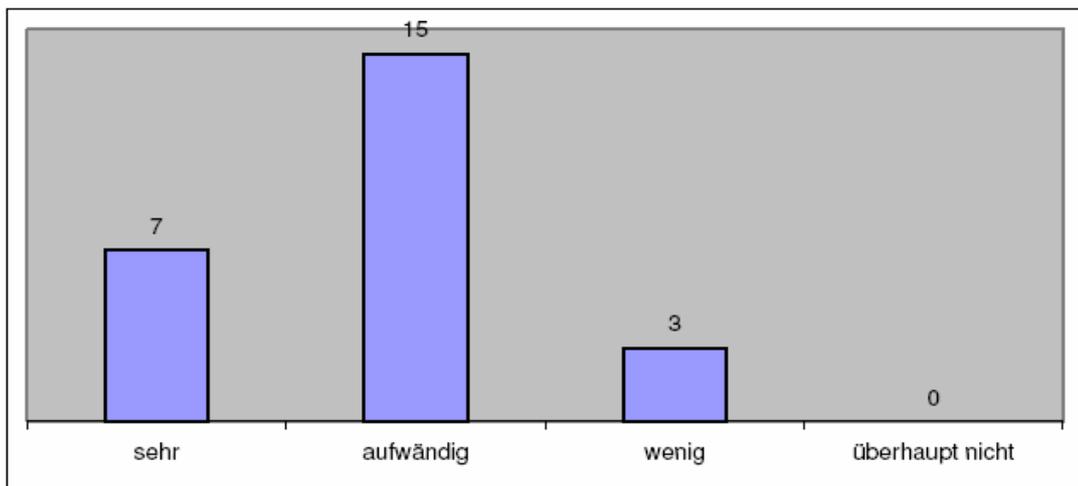
Die Endevaluation bestand aus zwei Teilen. Der Fragebogen „Endevaluation“ war auf den Fragebogen zu den Vorerwartungen abgestimmt (Anhang A9). Im Folgenden sind Auswertung und Interpretation der Studierenden zu lesen:

1. War eine Doppeleinheit ausreichend um sich ein Expertenwissen aneignen zu können?



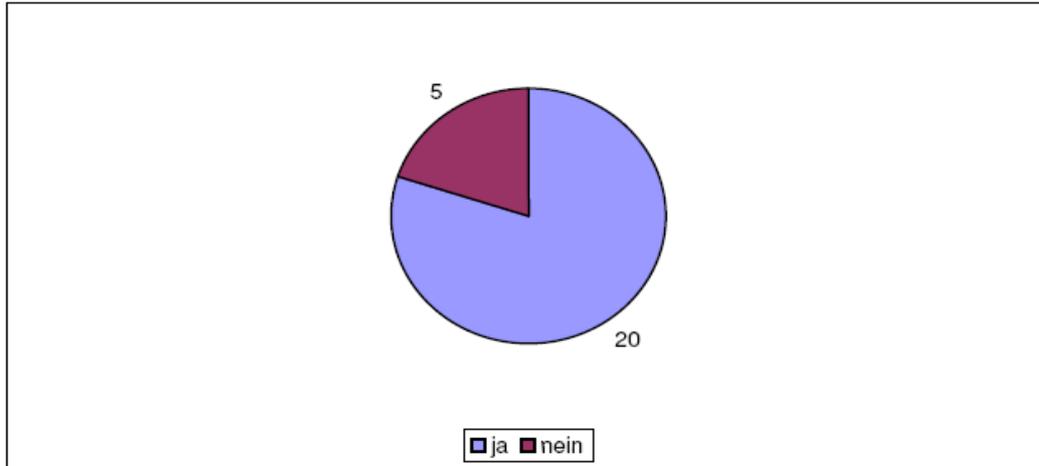
Einundzwanzig der befragten Schüler fanden, dass eine Doppeleinheit nicht ausreichend war und vier Schüler waren nicht dieser Meinung.

2. Wie aufwändig war die Bearbeitung und Wiedergabe des Stoffes?



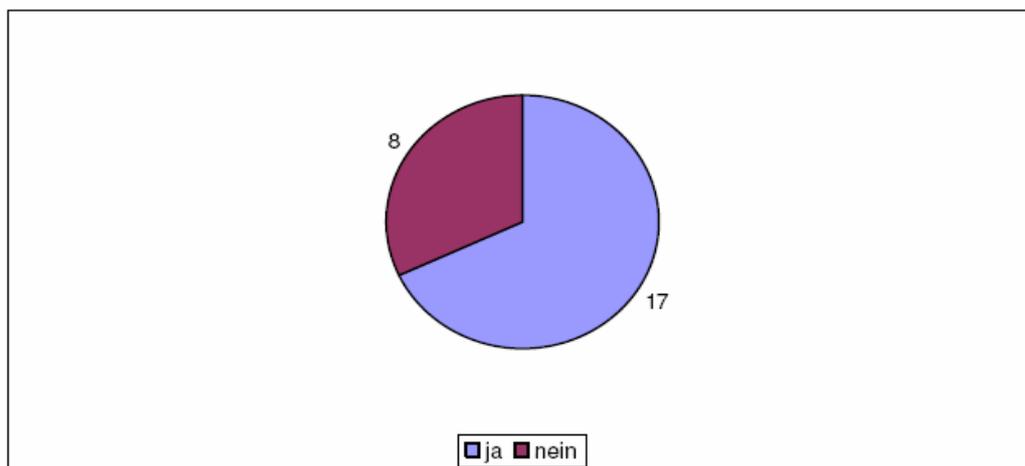
Fünfzehn Schüler waren der Meinung, dass die Bearbeitung aufwändig war. Sieben fanden die Bearbeitung sehr aufwändig und nur drei Schüler empfanden die Bearbeitung wenig aufwändig. Die Ergebnisse der Endevaluation decken sie nicht ganz mit den Erwartungen der Anfangsevaluation. Dort waren neunzehn der Meinung, dass die Bearbeitung aufwändig werden würde und drei Schüler hatte die Befürchtung, dass es sehr aufwändig sein würde. Immerhin vier Schüler empfanden die Bearbeitung und Wiedergabe des Stoffes als aufwändiger als sie erwartet hatten

3. Fühltest du dich in der Lage dir den Stoff mit den bereitgestellten Unterlagen selbstständig anzueignen?



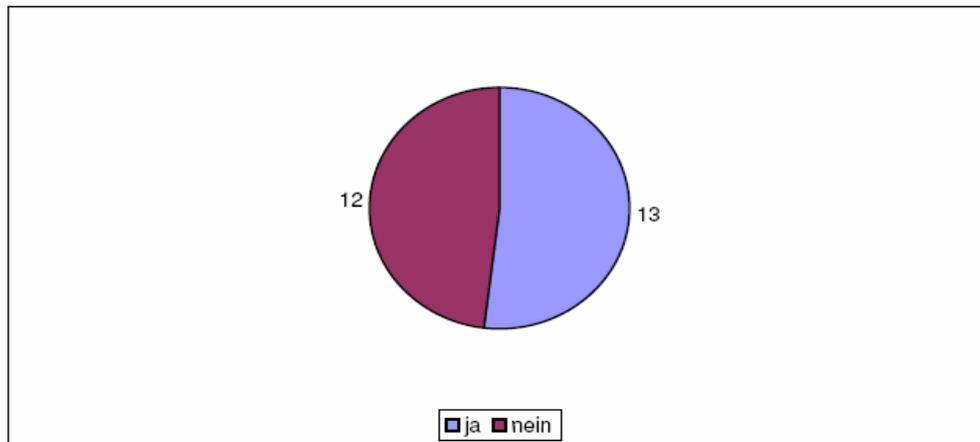
Fünf Schüler fühlten sich nicht in der Lage sich den Stoff mit den bereitgestellten Unterlagen selbstständig anzueignen. Zwanzig von ihnen fühlten sich jedoch in der Lage. Vergleicht man diese Ergebnisse mit jenen der Anfangsevaluation zeigen sich auch hier Unterschiede. Bei der Anfangsevaluation hatten 22 Schüler die Erwartung sich den Stoff selbstständig anzueignen zu können und nur 2 fühlten sich nicht in der Lage.

4. Fühltest du dich in der Lage das angeeignete Wissen an deine Mitschüler weiterzugeben?



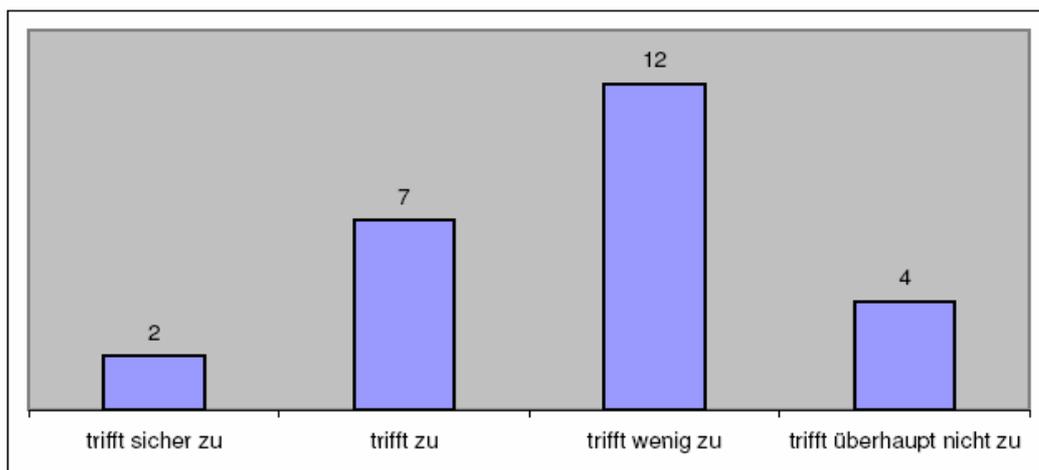
Auch hier decken sich die Erwartungen der Anfangsevaluation nicht mit den Ergebnissen der Endevaluation. Waren vor Durchführung des Gruppenpuzzles noch 23 von 24 Schülern der Meinung das angeeignete Wissen weitergeben zu können, waren es nach Durchführung der Unterrichts nur mehr 17 Schüler.

5. Hast du dich in der Gruppe sowohl als Lernender als auch als Lehrender wohl gefühlt?



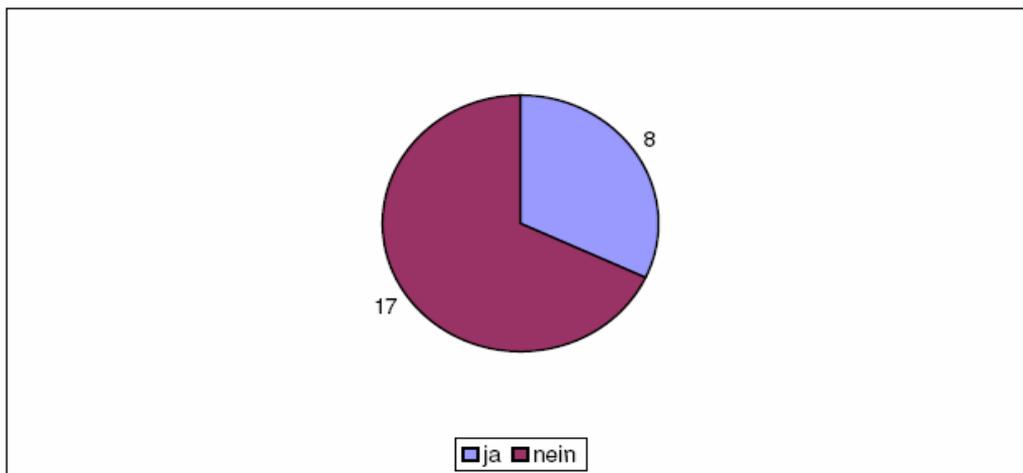
Mehr als die Hälfte der Schüler haben sich in beiden Rollen nicht wohl gefühlt. Die Erwartungen der Schüler waren jedoch bei der Anfangsevaluation durchwegs positiver. Hier waren 22 von ihnen der Meinung sich in beiden Rollen wohlfühlen. D.h. 10 Schüler fühlten sich als Lernender und Lehrender in der Gruppe unwohl, als sie anfangs gedacht hatten.

6. Ich habe mir nach einer Doppereinheit dieser Unterrichtsform mehr an Wissen angeeignet, als wenn der Lehrer einen Vortrag über dieses Thema abgehalten hätte...



Ca. zwei Drittel der Schüler sind der Meinung, dass Frage 6 wenig oder nicht zu trifft. D.h. 16 sind der Meinung, dass sich durch den Lehrervortrag mehr an Wissen aneignen hätten können. Für das andere Drittel trifft die Mehraneignung des Wissens durch das Gruppenpuzzle nur zu oder sicher zu. Bei der Anfangsevaluation waren 15 Schüler der Meinung, dass ihnen das Gruppenpuzzle mehr an Wissen bringt als der Lehrervortrag.

7. Würdest du auch in anderen Fächern gerne mit Gruppenpuzzle arbeiten?



Die Tatsache, dass 17 der 25 Schüler das Gruppenpuzzle in anderen Fächern nicht gerne anwenden würden lässt darauf schließen, dass die Schüler keine guten Erfahrungen mit dieser Methode gemacht haben.

Begründet wurde diese Antwort mit folgenden Nennungen:

Die Schüler finden diese Methode abwechslungsreich (4 Nennungen). Sie dient zur Förderung eines guten Gruppenklimas (4 Nennungen).

Die 17 Schüler die diese Unterrichtsmethode nicht mehr durchführen möchten, begründen die zum einem mit der mangelnden Qualifikation der Mitschüler (10 Nennungen) und zum anderen mit der Gruppenbenotung (2 Nennungen). Sechsmal wurde auch angeführt, dass das Gruppenpuzzle sehr aufwändig sei. Auch der Text wurde mit 2 Nennungen als negativ empfunden.

**Fazit:**

Man kann sagen, dass ich die Erwartungen der Schüler im Vergleich von Anfangs- und Endevaluation deutlich verschlechtert haben. 28 % der Schüler empfinden im Nachhinein die Bearbeitung als sehr aufwändig. Bei der Anfangsevaluation waren es nur 12 %. Der Anteil der Schüler, die nicht in der Lage waren den Stoff selbstständig anzueignen stieg um 12 %.

Sehr große Probleme hatten die Schüler bei der Wissensvermittlung. Fühlte sich vor Durchführung des Gruppenpuzzles nur ein Schüler nicht in der Lage das Wissen den Mitschülern weiterzuvermitteln, waren es nach der Durchführung 8 Schüler.

In der Rolle des Lernenden und Lehrenden fühlen sich nach Durchführung mehr als 50 % (13 Schüler) nicht wohl. Bei der Anfangsevaluation waren es nur 2 Schüler. Weiters sind 16 Schüler der Meinung, dass der Lehrervortrag mehr zum Wissenserwerb beiträgt als das Gruppenpuzzle. Wert bei der Anfangsevaluation 9.

Die Tatsache, dass zwei Drittel der Schüler in anderen Fächern nicht mehr mit dem Gruppenpuzzle arbeiten möchte ist daher nicht überraschend.

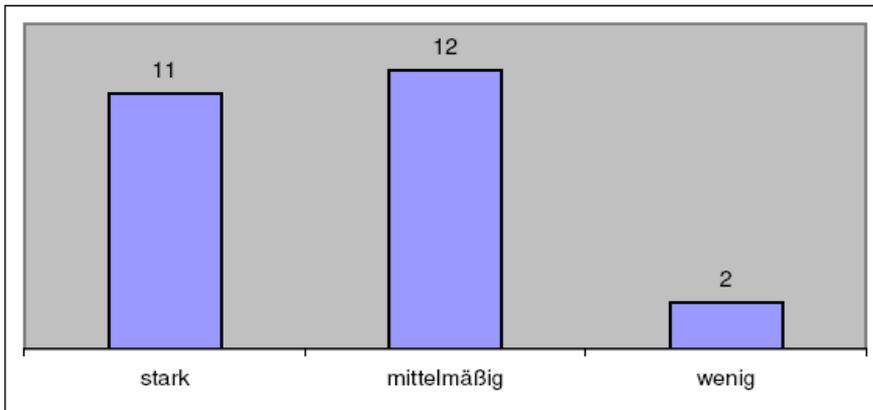
Ein zweiter Fragebogen (Anhang A10) ging genauer auf die einzelnen Fragen ein. Es wurde den Schülern/innen durch offene Antworten detailliert Stellung zu beziehen.

Die ersten drei Fragen bezogen sich auf die Qualität der Unterlagen. 20 Schüler/innen kamen mit den Unterlagen gut zurecht, konnten die Kontrollfragen richtig beantworten und in der Expertenrunde auch die noch offenen Fragen klären. Für fünf Schüler/innen war das nicht möglich. Die Aufgabenstellungen waren für die Schüler/innen größtenteils verständlich (Frage 6). Insgesamt bedeutet das für mich, dass die Unterlagen und Fragestellungen von den Schülern/innen verstanden werden.

Großes Problem hatten die Schüler/innen mit dem vorgegebenen Zeitrahmen (Frage 5). Hier sagen 12 Schüler/innen, dass die Zeit nicht ausreichend war, lediglich 11 Schüler/innen konnten die Aufgaben in der vorgegebenen Zeit erledigen. 12 Schüler/innen empfanden deshalb auch die Bearbeitung als stressig (zweiter Teil Frage 5). Dieses Problem lässt sich auch an der Qualität der Handouts nachvollziehen, auf die ich später noch eingehen werde. Das Zeitproblem liegt meiner Meinung nach deshalb auch nicht im Umfang der Unterlagen, sondern in der Fähigkeit der Schüler/innen, Texte zusammenzufassen und sich auf das Wesentliche zu beschränken.

Der für die Schüler/innen schwierigste Teil bei diesem Puzzleunterricht war die Unterrichtsreihe. Hier sind zunächst die Vorbereitung und die Einstellung der Experten/innen zu berücksichtigen:

8. Wie gewissenhaft habe ich mich mit der Aneignung des Stoffgebietes auseinandergesetzt?



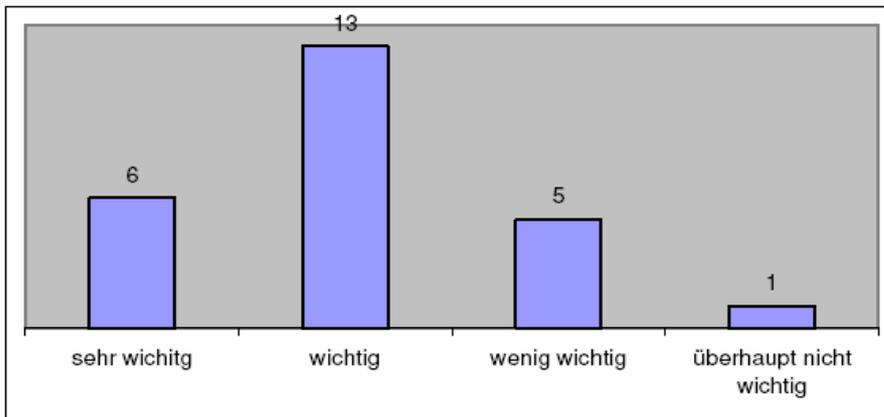
Nur 11 Schüler/innen haben diese Unterrichtsform so ernst genommen, dass sie sich intensiv mit ihrem Stoffgebiet auseinandergesetzt haben. Wie man später noch sieht, hat sich das aber ganz entscheidend auf die Qualität der Unterrichtsrunden ausgewirkt. Passend zu dieser Frage ist auch die Selbsteinschätzung der Schüler/innen bzgl. Des eigenen Engagements:

11. Welche Schulnote würdest du dir selbst für dein Engagement während des Gruppenunterrichts geben?



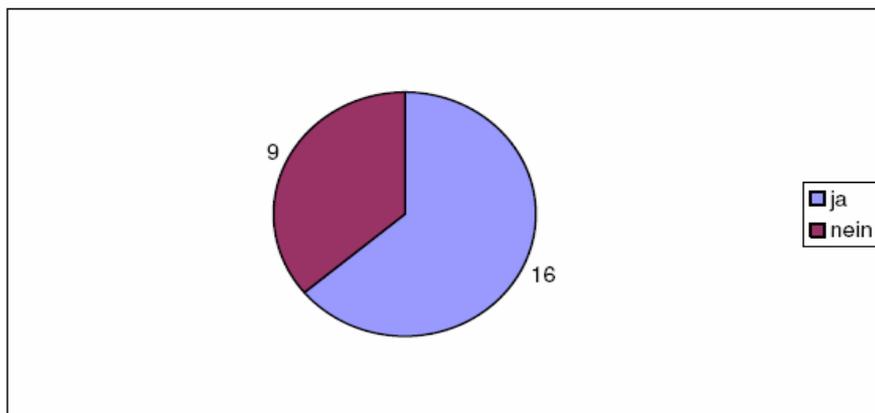
Interessant ist, dass es den meisten Schülern/innen wichtig war, ihr Wissen gut vorzubereiten, dieses Wissen aber aufgrund des fehlenden Engagements beim Wissenserwerb sehr lückenhaft war.

9. Mir war es wichtig mein ExpertInnenwissen gut vorzubereiten, um dies meinen MitschülerInnen gut vermitteln zu können.



Dass die Auseinandersetzung mit dem eigenen Stoffgebiet nicht ausreichend war, zeigen die Fragen zum Unterricht in der Experten/innenrunde:

4. Gab es in der Unterrichtsunde Wissenslücken, die auch mit Hilfe der Materialien nicht beantwortet werden konnten?



Falls es Wissenslücken gab, welcher Art waren diese?

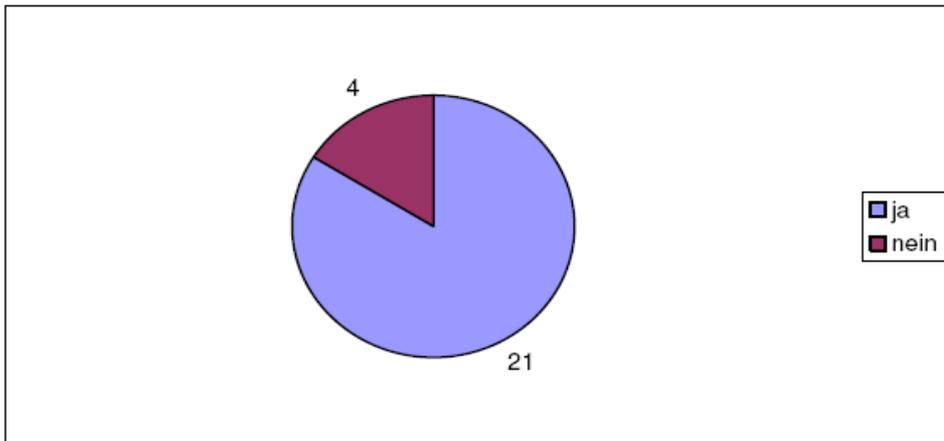
Diese Frage betreffend wurden von den Schülern folgende Begründungen angeführt:

- i. Teilweise mit manchen Ausdrücken
- ii. Einige Mitschüler haben nur vorgelesen ohne das Stoffgebiet wirklich zu beherrschen, wenn Fragen auftauchten meistens keine Antwort
- iii. z.B. Gewicht von 200000-400000; Aber was? => Ungenaue Bearbeitung des eigenen Stoffgebietes, man kann sich nachher nicht mehr bei den Ursprungsunterlagen informieren, wichtiges, das unwichtig erschien beim Bearbeiten weglassen
- iv. PVC => Chlorherstellung synthetische Kautschuke
- v. Bei Polyvinylchlorid => Herstellung
- vi. Durch zu wenig Zeit die Unterlagen genau zu studieren
- vii. Nebensächliche Begriffe hauptsächlich
- viii. Experten wussten teilweise selber nicht was sie gerade reden.
- ix. Viele Handouts beschränkten sich nur auf die Fragebeantwortung.
- x. Hintergründe Warum? Und Wieso? Manchmal fehlte es an Grundwissen.
- xi. Es war nicht angegeben wie ein Stoff hergestellt wird.
- xii. Einige Personen wussten selbst nicht worüber sie sprachen und waren ihr Thema betreffend völlig desinteressiert.
- xiii. Einige Fachausdrücke konnte niemand erklären und auch mit Hilfe der Materialien nicht.
- xiv. Fachausdrücke, Verarbeitungssparten

Probleme waren oftmals die fehlende fachliche Kompetenz der Experten oder fehlende Informationen in den Unterlagen.

Mit Unterlagen sind hier die von den Experten/innen zur Verfügung gestellten Handouts, Skizzen usw. gemeint.

10. Gab es in deiner Gruppe einen Experten/Exppterin, dessen/deren Kompetenzen deiner Meinung nach nicht ausreichend waren?



Wenn ja, wo waren Defizite:

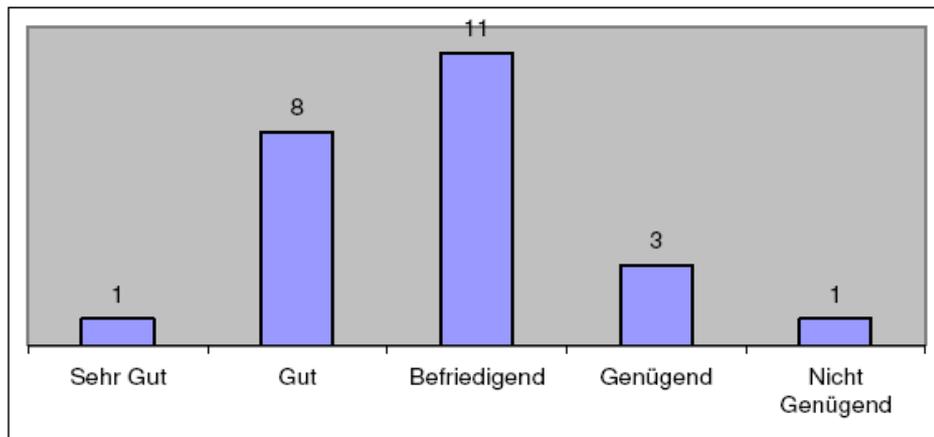
- xv. Oft wurde nur vom Zettel heruntergelesen, in einem Fall war nicht einmal ein Handout vorhanden und es wurden Fragen beantwortet ohne entsprechende Unterlagen.
- xvi. Konnte nicht erklären wie einige Reaktionen ablaufen oder es fehlten Skizzen auf dem Handout, Konzentrationsschwäche.
- xvii. Er kannte sich selbst nicht wirklich im Stoffgebiet aus.
- xviii. Konnten nicht erklären, da andere aus der Gruppe das Handout machten und er/sie nur vorlas und es stank => Konzentrationsschwächen, da jemand glaubt nicht Zähnte putzen zu müssen.
- xix. Bei fast allen gab es Defizite. Er hat sich keine Mühe gegeben, die meisten haben das Handout ausgeteilt und die Schüler lesen lassen.
- xx. Siehe Frage 4 => Experten wussten teilweise selber nicht was sie gerade reden.
- xxi. In der Aufbereitung des Lehrstoffes, schlechte Handouts bis gar keine in der Zeit
- xxii. Konnten manche Fragen nicht beantworten und schlecht vorbereitet
- xxiii. Handout war zu lange
- xxiv. Bei Erklärung des Themas und zu langes Handout.
- xxv. Schüler sind schlechte Lehrer! Die meisten.

- xxvi. Einfaches herunterlesen und nicht beachten der Mitgenossen.
- xxvii. Die wichtigen Fragen am Schluss fehlten!
- xxviii. Keine Fragen
- xxix. Meistens nur Bruchteile des Stoffes bekannt und das andere nur vorgelesen.
- xxx. Bei der allgem. Beherrschung des Stoffgebietes => zum Zettel heruntergelesen.
- xxxi. Hatte sich nicht vorbereitet. Wusste so gut wie nichts über sein Thema. Las nur vom Handout vor => langweilig
- xxxii. Ich kannte mich besser aus als er und er hat nichts kopiert und sich nicht vorbereitet.

Wie man aus obiger Aufzählung sieht gab es hier ein Vielzahl an Nennungen. Hauptsächlich wurde wiederum die fehlende fachliche Kompetenz und die fehlenden Didaktik/Methodik zur interessanten Darbietung des Expertenwissens bemängelt.

Eine gute Selbsteinschätzung der eigenen Rolle als Unterrichtende/r zeigen die folgenden Fragen:

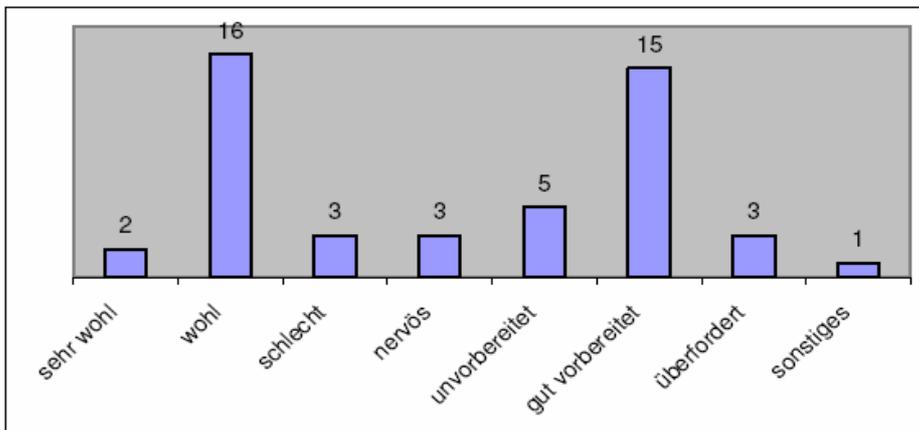
11. Welche Schulnote würdest du dir selbst für dein Engagement während des Gruppenunterrichts geben?



13. Wie gut, glaubst du, hast du dein erworbenes Expertenwissen an deine MitschülerInnen weitergeben können? Gib dir selbst eine Schulnote.



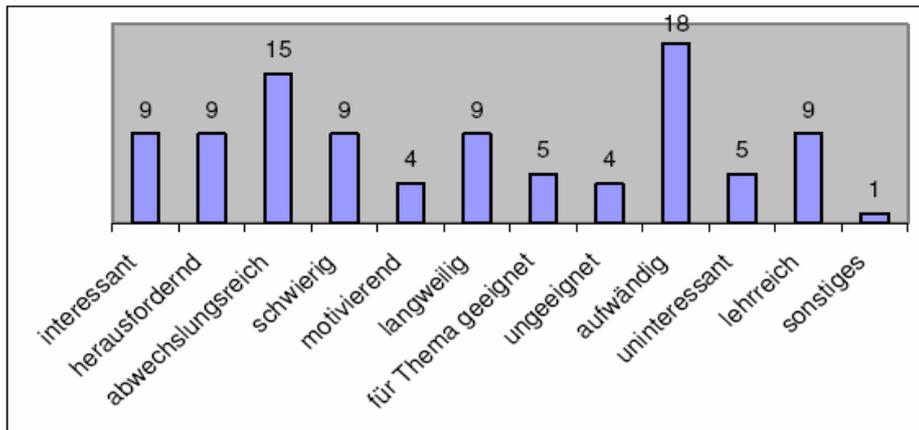
14. Beim Unterrichten fühlte ich mich ... (Mehrfachnennung möglich)



Die meisten Schüler fühlten sich beim Unterrichten wohl und gut vorbereitet. Einige fühlten sich jedoch auch unvorbereitet, schlecht, nervös oder überfordert. In Verbindung mit der vorigen Frage nach der Selbstbenotung bei der Lehrertätigkeit zeigt sich unserer Meinung nach ein Widerspruch. D.h. obwohl sich die meisten Schüler wohl und gut vorbereitet beim Unterrichten fühlten, würden sie sich in der Lehrerrolle nur ein Befriedigend geben.

Die Beurteilung der Methode „Puzzleunterricht“ durch die Schüler/innen erlaubt Frage 7:

7. Die Methode des Gruppenpuzzles war für mich ... (Mehrfachnennungen möglich)



Hier die abschließende Einschätzung des Puzzleunterrichts durch das Studenten/innen-Team:

**Fazit:**

Ca. ein Viertel der Schüler hatte Probleme mit den Unterlagen, Probleme beim selbstständigen Wissenserwerb, bei der Beantwortung der Kontrollfragen, bei der Klärung der offenen Fragen in der Expertenrunde und es sind Wissenslücken aufgetreten. Problematisch sind die Unterlagen hinsichtlich des Umfang an Informationen, der Detailliertheit und der Erklärung der Fachbegriffe. Die Aufgabenstellungen selbst waren für die meisten klar und verständlich. Probleme gab es hier bei der zu kurzen Bearbeitungszeit.

Fast alle Schüler haben sich mit der Aneignung des Stoffgebietes gewissenhaft auseinandergesetzt. Es war ihnen auch wichtig das Expertenwissen gut vermitteln zu können. Jedoch hatten viele Probleme in der Rolle des Lehrenden. Es wurde von den Schülern oft kritisiert, dass die fachliche Kompetenz und die Methoden zur interessanten Darstellung des Stoffes bei den Experten fehlten.

Paradox ist, das sich die Schüler durchwegs wohl und gut vorbereitet beim Unterrichten fühlten, sich aber meistens nur mit Befriedigend hinsichtlich der Lehrertätigkeit benoteten.

Das Gruppenpuzzle empfanden viele als abwechslungsreich und aufwändig. Das ist vermutlich auch ein Grund dafür, das drei Viertel der Schüler das Gruppenpuzzle in anderen Fächern nicht anwenden möchten.

Der vollständige Evaluationsbericht findet sich in einer Anlage im PDF-Format.

Wichtig sind meine eigenen Schlussfolgerungen und Konsequenzen aus den Fragebögen und dem Evaluationsbericht, auf die ich weiter unten eingehen werde.

### **3.2.4 Die Qualität der Handouts**

Die Handouts wiesen sehr unterschiedliche Qualität und Länge auf. Das kürzeste Handout hatte eine Seite und erhielt das Grundgerüst für den Experten/innenvortrag. Das umfangreichste Handout hatte sieben Seiten. Vier der sechs Handouts waren inhaltlich in Ordnung, zwei Handouts enthielten einige Fehler. Der Grund für die unterschiedliche Qualität liegt sicher darin, dass ich es verabsäumt hatte, Kriterien für ein gelungenes Handout zu definieren. Klar zeigt sich auch bei den Handouts, dass die Schüler/innen keinerlei Erfahrung im Exzerpieren von Texten besitzen. In den Handouts finden sich deshalb auch wortwörtlich aus den Texten übernommene Formulierungen und Passagen. Damit Puzzelunterricht in Zukunft optimal gelingt, halte ich es für unbedingt notwendig, als Vorbereitung das Exzerpieren von Texten intensiv zu üben bzw. in diesem Bereich eine Zusammenarbeit mit Kollegen/innen zu suchen.

### **3.2.5 Die Leistungsfeststellung**

Ein mir wesentliches Ziel des Puzzleunterrichts „Kunststoffe“ ist die Beherrschung des Lehrstoffs. Als Ergebnissicherung hatte ich mir die folgende Variante überlegt und das auch den Schülern und der Schülerin so mitgeteilt.

Nach der Unterrichtsrunde zu den ersten drei Themen gab es in der darauf folgenden Doppelstunde einen informellen Test mit einer Bearbeitungsdauer von 40 Minuten. Und folgender Struktur:

- Vier Fragen zum Thema A
- Je drei Fragen zu den Themen B und C

Die Auswertung des Tests erfolgte gruppenweise mit folgenden Kriterien:

- Eine Frage galt als positiv beantwortet, wenn mindestens die Hälfte der Gruppenmitglieder die Frage positiv beantwortet hatte.
- Thema A galt als positiv abgeschlossen, wenn die Hälfte der Fragen positiv beantwortet wurde.
- Die Themen B und C galten als positiv abgeschlossen, wenn zwei der drei Fragen positiv beantwortet wurden.

Wurde ein Thema negativ abgeschlossen, mussten alle Gruppenmitglieder das Thema nachlernen und an einer schriftlichen Wiederholung zu diesem Thema teilnehmen. Dabei zählte nicht mehr das Gruppenergebnis, sondern es wurde von mir die Einzelleistung bewertet.

Im Folgenden ist die Auswertung dieses ersten Tests dargestellt:

## Auswertung des Tests „Puzzleunterricht Kunststoffe“ für die Themen A, B, C

	<b>Gruppe 1</b> Egger, Riegler, Binder, Ganglbaur, Moschner, Satt- ler M.	<b>Gruppe 2</b> Hinterberger, Enzenhofer, Boitllehner, Neubauer, Rei- fenauer, Weber	<b>Gruppe 3</b> Johanek, El- mer, Holemar, Baldinger, Rei- ter, Tragler, Rieder	<b>Gruppe 4</b> Rudelstorfer, Gruber, Sattler St., Königswen- ger, Staudinger, Lueghamer
<b>Frage 1</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>
<b>B</b>	<b>1 1 4</b>	<b>3 2 1</b>	<b>1 1 4</b>	<b>1 1 2 2</b>
<b>Frage 2</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>
<b>A</b>	<b>1 5</b>	<b>1 5</b>	<b>2 4</b>	<b>1 5</b>
<b>Frage 3</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>
<b>A</b>	<b>1 5</b>	<b>1 3 2</b>	<b>1 1 4</b>	<b>1 1 4</b>
<b>Frage 4</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>
<b>B</b>	<b>2 1 3</b>	<b>1 1 4</b>	<b>2 4</b>	<b>1 2 1 2</b>
<b>Frage 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>
<b>C</b>	<b>1 5</b>	<b>1 1 4</b>	<b>1 5</b>	<b>2 4</b>
<b>Frage 6</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>
<b>A</b>	<b>3 1 2</b>	<b>2 2 2</b>	<b>1 2 1 2</b>	<b>3 1 2</b>
<b>Frage 7</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>
<b>A</b>	<b>2 4</b>	<b>2 4</b>	<b>1 5</b>	<b>1 1 4</b>
<b>Frage 8</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>
<b>C</b>	<b>2 5</b>	<b>1 5</b>	<b>1 5</b>	<b>1 5</b>
<b>Frage 9</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>
<b>B</b>	<b>1 4 1</b>	<b>2 2 2</b>	<b>2 3 1</b>	<b>1 1 3 1</b>
<b>Frage 10</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>	<b>1 2 3 4 5</b>
<b>C</b>	<b>1 2 3</b>	<b>1 1 1 3</b>	<b>1 5</b>	<b>1 1 4</b>
<b>Schriftliche Wiederholung am 13.6.2006</b>	<b>Thema A Thema C</b>	<b>Thema C</b>	<b>Thema A Thema B Thema C</b>	<b>Thema A Thema C</b>

Rot markiert sind die Fragen, die von der Gruppe negativ beantwortet wurden. Klar zu erkennen ist das katastrophale Ergebnis. Nach meiner Einschätzung wurde diese Form der Leistungsfeststellung nicht ernst genommen. Die Klasse zeigte sich auch nicht überrascht vom Ergebnis.

Ich wollte trotzdem am Design der Leistungsfeststellung nichts ändern und führte zum geplanten Zeitpunkt den zweiten Test für die Themen D, E und F durch. Die Ergebnisse dieses Tests waren wesentlich besser. Drei der vier Gruppen schlossen die Themen D, E, F ohne weiteren Lernaufwand ab. Eine Gruppe – diese hatte auch beim ersten Test am schlechtesten abgeschnitten – musste zwei Themen nachlernen und diesmal in Form einer mündlichen Wiederholung einen Leistungsnachweis erbringen, bei dem ebenfalls wieder die Einzelleistung bewertet wurde.

**Auswertung des Tests „Puzzleunterricht Kunststoffe“ für die Themen D, E, F**

	<b>Gruppe 1</b> Egger, Riegler, Binder, Ganglbaur, Moschner, Satt- ler M.	<b>Gruppe 2</b> Hinterberger, Enzenhofer, Boitllehner, Neubauer, Rei- fenauer, Weber	<b>Gruppe 3</b> Johanek, El- mer, Holemar, Baldinger, Rei- ter, Tragler, Rieder	<b>Gruppe 4</b> Rudelstorfer, Gruber, Sattler St., Königswen- ger, Staudinger, Lueghamer
<b>Frage 1</b> F	1 2 3 4 5 1 2 3	1 2 3 4 5 3 3	1 2 3 4 5 2 5	1 2 3 4 5 1 2 3
<b>Frage 2</b> E	1 2 3 4 5 1 2 3	1 2 3 4 5 1 3 2	1 2 3 4 5 4 2	1 2 3 4 5 1 2 1 2
<b>Frage 3</b> E	1 2 3 4 5 2 2 2	1 2 3 4 5 1 3 2	1 2 3 4 5 3 4	1 2 3 4 5 2 1 1 1 1
<b>Frage 4</b> D	1 2 3 4 5 1 1 1 3	1 2 3 4 5 1 4 1	1 2 3 4 5 1 4 2	1 2 3 4 5 1 1 3 1
<b>Frage 5</b> F	1 2 3 4 5 2 2 2	1 2 3 4 5 3 3	1 2 3 4 5 1 1 1 1 3	1 2 3 4 5 1 1 2 2
<b>Frage 6</b> D	1 2 3 4 5 1 3 2	1 2 3 4 5 2 1 3	1 2 3 4 5 2 2 3	1 2 3 4 5 1 1 2 1 1
<b>Frage 7</b> D	1 2 3 4 5 1 1 2 2	1 2 3 4 5 3 3	1 2 3 4 5 3 2 2	1 2 3 4 5 2 1 1 1 1
<b>Frage 8</b> E	1 2 3 4 5 1 4 1	1 2 3 4 5 1 5	1 2 3 4 5 2 5	1 2 3 4 5 2 4
<b>Frage 9</b> F	1 2 3 4 5 1 5	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 7	1 2 3 4 5 6
<b>Frage 10</b> D	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 7	1 2 3 4 5 6
<b>Mündliche Wiederholung am 20.6.2006</b>			Thema E Thema F	

Insgesamt musste ich feststellen, dass die Schüler/innen mit dieser Form der Leistungsfeststellung noch nichts anfangen konnten. Beim ersten Test wurde das System nicht ernst genommen, Schüler/innen, die sich auf die Tests gut vorbereitet hatten, beklagten sich darüber, dass es keine Einzelbenotung gab. Die Verantwortung für die Gruppe wurde von vielen nicht ernst genommen. Das Problem der Gruppenzusammenstellung und damit der Leistungsfähigkeit der einzelnen Teams versuchte ich, durch einen möglichst „objektiven“ Gruppenbildungsprozess zu umgehen – trotzdem gab es eine ausgesprochen schwache Gruppe. Im Anschluss gebe ich eine abschließende Bewertung des Puzzleunterrichts zum Thema „Kunststoffe“.

### **3.2.6 Schlussfolgerungen**

#### **Die Methode**

Der wichtigste Aspekt der Methode aus der Sicht der Schüler/innen ist die Abwechslung. Schon aus meinen früheren Erfahrungen zu dieser Unterrichtsform zeigt sich, dass für die Unterrichteten gerade diese Alternative zum lehrerzentrierten Unterricht die Attraktion des Puzzleunterrichts ausmacht. Für mich ist diese Abwechslung deshalb auch ein wesentlicher Aspekt. Als eine besonders geeignete Methode, sich Wissen anzueignen, sehen es die meisten Schüler/innen nicht. Ganz im Gegenteil, die Methode wird als sehr aufwändig empfunden. Gerade diese Punkte sind es aber, die für mich als Unterrichtenden wichtig wären. Es gibt für mich einige Gründe, warum das von den Schülern/innen der 2 BHK anders gesehen wird.

- Es fehlen die sozialen Kompetenzen zum Arbeiten im Team. Die Verantwortung für die Gruppe und das Ergebnis ist bei vielen nicht vorhanden. Deswegen wird ein Puzzleunterricht in diesem Umfang und dieser Komplexität von vielen als Belastung empfunden. Die Auseinandersetzung mit dem Stoff wird nicht ernst genug genommen, so misslingt zum Teil auch der eigene Unterricht der Schüler/innen und die Ergebnisse bei der Leistungsfeststellung zeigen diese Defizite. Die Schüler/innen wurden und werden aber auf diese Arbeitsformen in ihrem Schulalltag nicht vorbereitet. Im Mittelpunkt steht der Frontalunterricht. Die Unterrichteten haben keine Erfahrung im selbständigen Erarbeiten von Fragestellungen und auch keine Erfahrungen in ergebnisorientierter Gruppenarbeit.
- Die meisten empfanden die Zeit als zu knapp bemessen, deshalb wurde der Unterricht als von vielen als stressig beurteilt. Diese Beurteilung ist aus der Sicht der Schüler/innen natürlich richtig, weil ihnen die Kompetenzen zum Exzerpieren aus den Texten fehlen. Beobachtungen in der Phase des Wissenserwerbs haben mir gezeigt, dass viele einfach beginnen, die Texte wortwörtlich abzuschreiben ohne Rücksicht auf die Arbeitsaufgaben. Dass bei dieser Methode dann die Zeit viel zu knapp wird, ist klar. Ein Puzzleunterricht in diesem Umfang macht damit keinen Sinn, wenn nicht vorher ausgiebig das eigenständige Arbeiten mit und das Zusammenfassen von Texten geübt wurde.

## **Die Texte**

Aus meiner Sicht ist die Qualität der Unterrichtsmaterialien – Texte, Arbeitsaufgaben usw. – sehr gut. Das zeigen auch die entsprechenden Teile der Fragebögen. Der Arbeitsaufwand zur Erstellung des Puzzleunterrichts (ca. 100 Stunden) hat sich auf jeden Fall gelohnt. Texte, Arbeitsaufgaben, Lösungen wurden als klar und verständlich beurteilt. Trotzdem war der Unterricht unter den gegebenen Voraussetzungen – vor allem mit den fehlenden Kompetenzen der Schüler/innen in der Teamarbeit und dem selbständigen Erarbeiten von Texten – zu umfangreich und zu komplex. Um ihn in dieser Form weiter verwenden zu können, müssen die entsprechenden Grundlagen auf Seiten der Schüler/innen geschaffen und geübt werden.

## **Die Leistungsfeststellung**

Die Qualität der Handouts zeigt genau diese fehlenden Fertigkeiten zur Erarbeitung von Texten. Erschwert wurde das für die Schüler/innen noch dadurch, dass es von mir keine klare Vorgaben und Kriterien für die Handouts gab. Hier wären entsprechende Anleitungen sicher eine große Hilfestellung gewesen.

Mit den informellen Tests konnten die Schüler/innen zumindest beim ersten Durchgang nichts anfangen. Gewohnt, immer Einzelleistungen zu erbringen und nur für sich selbst verantwortlich zu sein, war diese Form der Leistungsfeststellung für die Schüler/innen ungewohnt und wurde nicht ernst genommen. Auch hier muss es im Vorfeld eine entsprechende Bewusstseinsbildung geben, damit von Anfang an die fachlichen Ziele erreicht werden können.

### **3.2.7 Konsequenzen**

Puzzleunterricht ist keine Methode, die ohne gründliche Vorbereitung eingeführt werden kann. Die Schülerinnen und Schüler müssen gelernt haben, selbständig mit Texten umzugehen, das Wesentliche in diesen Texten zu erfassen und in Form eines Handouts kurz und prägnant zusammenzufassen. Soll Puzzleunterricht mehr sein als nur eine Abwechslung zum herkömmlichen Unterricht, müssen diese Fertigkeiten erlernt und immer wieder geübt werden.

Ebenso wichtig ist es, auf soziale Kompetenzen bei den Schülerinnen und Schülern bauen zu können. Gruppen- und Teamarbeit funktioniert nicht so ohne weiteres. Die Verantwortung jedes einzelnen/jeder einzelnen für die Gruppe und das Arbeiten auf ein Gruppenergebnis hin gehören zu den wichtigsten Voraussetzungen. Ein sorgfältiges Planen und damit der richtige Umgang mit dem vorgegebenen Zeitrahmen gehören ebenfalls zu den entscheidenden Kompetenzen. Das kann nicht erst beim Puzzleunterricht verlangt werden, sondern muss ebenfalls vorher intensiv immer wieder geübt werden.

Schließlich ist es der Umgang mit informellen Leistungsfeststellungen, die Schüler und Schülerinnen erst lernen müssen. Beim Gruppenunterricht ist ein Ergebnis nur dann gut, wenn alle Gruppenmitglieder davon profitieren und dafür verantwortlich sind. Es kommt nicht nur auf die Einzelleistung an. Das ist für die meisten Schülerinnen und Schüler an unserer Schule ungewohnt und neu. Auch hier kann nur intensive Schulung und Übung Abhilfe schaffen.

Aus dem Gesagten ist für mich klar, dass Puzzleunterricht nur dann zu einem vollen Erfolg werden kann, wenn klar ist, dass die Schüler und Schülerinnen alle dafür notwendigen Kompetenzen besitzen. Das gilt für den Puzzleunterricht „Kunststoffe“ we-

gen des Umfangs und Komplexität in besonderem Maße. Diese Erfahrungen mit Puzzleunterricht waren für uns als Gruppe schließlich insofern wichtig, als wir beschlossen haben, selbst in einem ersten Jahrgang des kommenden Schuljahres dafür zu sorgen, dass diese Kompetenzen systematisch von den Schülerinnen und Schülern erworben und geübt werden, damit wir gerade in solchen Situationen darauf zurückgreifen können.

# 4 DER PUZZLEUNTERRICHT IN DER 2BHM ZUM THEMA „LASER“ VON ERNST GERETSCHLÄGER

## 4.1 Ausgangssituation

Bereits im Schuljahr 2004/05 habe ich mit dieser Klasse im Gegenstand „Angewandte Physik“ den Puzzleunterricht zu einem Thema durchgeführt. Heuer wurde diese Unterrichtsform hinsichtlich der oben genannten Ziele genauer unter die Lupe genommen. Die 32 Burschen und 1 Mädchen der 2BHM stellen eine relativ leistungsstarke Klasse dar, die im Unterricht bei der Sache ist. Außerdem herrscht ein angenehmes Klima der Zusammenarbeit. Da ein Schüler seit geraumer Zeit fehlt (er wird sich von der Schule abmelden) war die Ausgangssituation mit 31 Schülern und 1 Schülerin ideal für die Gruppenbildung.

## 4.2 Themenauswahl und Ablauf

### 4.2.1 Wie finde ich das passende Thema?

Im Physikunterricht den Puzzleunterricht durchzuführen, stellte sich nach anfänglicher Begeisterung etwas schwierig dar. Schwierig deswegen, weil es galt eine Thematik zu finden, die

1. zum Lehrplan passt,
2. nicht aufbauend oder sonst ineinander verzahnt ist.

Ich wählte das Thema LASER, weil es neben den physikalischen Aspekten auch noch eine breite Palette von Anwendungen des Lasers gibt, die unabhängig nebeneinander behandelt werden können. Es ergaben sich vier Kapitel zum Thema Laser: A - Funktionsprinzip; B – Anwendungsübersicht; C – Lasertypen; D – spezielle Anwendungen. Im Anhang befinden sich die Unterlagen, die ich den Schülern/der Schülerin zur Verfügung stellte.

### 4.2.2 Ablauf

Der Unterricht sollte in zwei Doppeleinheiten abgehalten werden. Da Kollege Nöbauer bereits wertvolle Erfahrungen aus seinem Unterricht gewonnen hatte, modifizierte ich den Unterricht, indem nach der Expertenrunde eine kleine Vortragsrunde eingebaut wurde.

2. Mai 2006

25 Minuten für die wöchentlichen mündlichen Wiederholungen (ich halte in der Klasse keine Tests ab). In dieser Zeit wurden auch die Fragebögen der Eingangsevaluation bearbeitet.

Dann der eigentliche Start des Puzzleunterrichts

**ca. 10 Minuten:** Vorstellung des Puzzleunterrichts und der Themen. Die Gruppenbildung erfolgt durch „Themenecken“, d. h. in den vier Ecken des Klassenraumes ist jeweils ein Thema, die Schülerinnen/Schüler stellen sich in jene Ecke, dessen The-

ma sie interessiert. Entstehen Gruppen unterschiedlicher Größe werden einzelne anderen Themen zugeteilt. Die Unterlagen werden den, in den Ecken stehenden Schülerinnen/Schülern bereits ausgeteilt.

**ca. 20 Minuten:** Selbststudium am Platz

**ca. 25 Minuten:** Expertenrunden und didaktische Vorbereitung

**ca. 15 Minuten:** Vortragsrunde

Durch die Erfahrung der Klasse mit dem Puzzleunterricht wurde für die Vorstellung der Methode wenig Zeit eingeplant. Bei der Erstbegegnung ist hier sicher mehr Zeit vorzusehen.

Die Zeitangaben sind Richtwerte und können bei zügigem Arbeiten unterschritten werden bzw. überschritten werden, wenn die Klasse höheren Zeitbedarf hat.

Die Studentinnen Schmölmüller und Rinner führten Unterrichtsbeobachtungen durch. Einige Eindrücke von der Arbeit



Schüler/in bei der Expertenrunde



Studentin bei der Unterrichtsbeobachtung



Schüler beim Kurzvortrag

9. Mai 2006

Bei der 25 minütigen Wiederholung stellte ich den Experten entsprechende Fragen zu ihren Themen, die ausnahmslos gut beantwortet wurden. Danach starteten die Unterrichtsrunden. Zunächst erfolgte die Bildung der Unterrichtsgruppen. Dazu stell-

ten sich die Schülerin bzw. die Schüler in ihre Themenecken. Dann bat ich die Gruppenmitglieder mit dem Thema A, sich mit großem Abstand im Physiksaal zu setzen. Zu den bereits Sitzenden gesellten sich dann jene mit den anderen Themen. Nach 5 Minuten waren die Gruppen gebildet.

Da ein Schüler mit dem Thema A fehlte, ergab sich eine Dreiergruppe. Das Thema A wurde dann in der Abfolge als letztes behandelt, wobei sich die 3 Schüler zu je einer anderen Gruppe setzten, sodass bei der letzten Unterrichtsrunde 3 Fünfergruppen vorhanden waren.

Zum Unterrichten der einzelnen Themen standen den Schülern/der Schülerin je 15 Minuten zur Verfügung. Die verbleibenden 10 Minuten vor dem Läuten waren als Puffer vorgesehen und dienten auch zum Ausfüllen der Fragebögen der externen Evaluation. Die Studentin Rinner und Student Süßner führten während der Gruppenarbeit Unterrichtsbeobachtungen durch.

Eine Gruppe hatte in der Freizeit ihr Thema auf dem PC aufgearbeitet und die Unterlagen per Mail an die Schulkollegin/die Schulkollegen gesandt. Daher entstand hinsichtlich des Mitschreibens während des Unterrichts eine gewisse Unsicherheit – da die Informationen ohnehin jedem zur Verfügung standen. Die einzelnen Gruppen fanden unterschiedliche Lösungen – in manchen Gruppen wurde der Inhalt trotzdem mitgeschrieben – in anderen Gruppen wurde der Inhalt nur besprochen und anhand von Fragen behandelt.

Nach jeweils 15 Minuten wurde von mir ein Zeichen zur Überleitung auf das nächste Thema gegeben. Einige Gruppen arbeiteten aber in ihrem Tempo die einzelnen Themen ab und lagen manchmal etwas vorne. In diesen Gruppen stellte ich den Schülern gezielte Fragen zu den besprochenen Inhalten, die zum Teil beantwortet werden konnten. Bei Lücken vertieften sich die Schüler wieder in die Arbeit, sodass ich mich der nächsten Gruppe zuwenden konnte.

Beim Unterrichten wurden die Inhalte meistens den anderen vorgelesen und diktiert. Bei Unklarheiten wurde in den Gruppen direkt nachgefragt.

### **4.2.3 Ein erster Eindruck**

Mir fiel zunächst das positive Arbeitsklima während des Erarbeitens und der Unterrichtsrunden auf. Die Schülerin/die Schüler waren intensiv bei der Sache – nur ab und zu wurden „Privatgespräche“ geführt – aber erst nachdem die Aufgaben in der Gruppe erledigt waren. Ich führe dies einerseits auf die Leistungsbereitschaft der Klasse zurück, andererseits findet der Physikunterricht in den ersten beiden Einheiten statt, sodass die Schülerin/die Schüler noch ausgeruht und aufnahmefähig sind. Die Qualität der Mitschriften wich mitunter deutlich voneinander ab – diese Form stimmte aber mit den Mitschriften aus dem herkömmlichen Unterricht weitgehend überein.

## **4.3 Evaluation**

### **4.3.1 Fachliche Ziele**

Fachlich stand natürlich das Beherrschen des Stoffes im Zentrum. Es sollte das Funktionsprinzip des Lasers sowohl mündlich als auch anhand einer Skizze dargestellt und erklärt werden können. Neben der groben Übersicht der Anwendungsge-

bierte, sollten auch aus Teilgebieten Details genannt werden können – z. B. welche Lasertypen zum Schneiden und Schweißen von Metallen verwendet werden.

Zur Überprüfung dieser Ziele fanden bereits am 9. 5. 06 halbschriftliche Wiederholungen statt. 8 Schüler wurden befragt. Jeder Experte bekam eine oder zwei Fragen aus den schriftlichen Unterlagen seines Themas zur Beantwortung vorgelegt. Sieben Schüler konnten die Fragen sehr gut beantworten. Einer gut.

Am 16. Mai 2006 wurde die Wiederholung so gestaltet, dass die Schüler solche Aufgabenstellungen hatten, die nicht zu ihrem Expertengebiet gehörten. So erhielt z. B. ein Schüler, der Experte vom Thema D war, eine Frage aus dem Themengebiet A. Die Fragen waren an die Fragen von den Arbeitsunterlagen angelehnt oder wurden zum Teil wörtlich übernommen. Von den 7 gaben 4 gute, 2 befriedigende und einer genügende Auskünfte.

Am 23. 5. 2006 wurde bei der Wiederholung nochmals diese Vorgehensweise gewählt. Von den 6 befragten Schülern gaben 2 sehr gute, einer befriedigende, zwei genügende und nur einer eine nicht genügende Antwort.

Die fachlichen Ziele wurden von den Befragten gut erreicht.

### **4.3.2 Interpretation**

Das gute Ergebnis führe ich auf mehrere Ursachen zurück:

1. Die Schüler/die Schülerin waren durch die „Ausnahmesituation“ – andere Unterrichtsform, Beobachtung durch schulfremde Personen, eingehende Erprobung einer neuen Unterrichtsmethode – mehr motiviert als im übrigen Unterricht.
2. Die fachlichen Anforderungen an die Schüler/die Schülerin waren nicht allzu hoch. Es handelte sich zum größten Teil um die Wiedergabe von Fakten und Daten. Nur ein geringer Teil forderte die Verständniskraft der Schüler/in.
3. Die Art der Bearbeitung gab den Schülern/der Schülerin die Gelegenheit, einzelne Inhalte zu Hause – entgegen meiner Absicht – nach- bzw. vorzubereiten.
4. Ein Teil der Inhalte ist von anderen Zusammenhängen her bekannt – etwa der Einsatz des Lasers in der Kunst (Unterhaltung) oder in der Medizin.
5. Die Schüler/die Schülerin hatten eine positive Einstellung zu dieser Unterrichtsform (siehe Anfangsevaluation Frage 2).

Welchen genauen Einfluss die Methode auf den Erfolg und die Haltung der Schüler/in genommen hat, lässt sich aus meiner Sicht sehr schwer herausfiltern. Erst ein oftmaliger Einsatz dieser Methode wird hier mehr Aufschluss geben.

### **4.3.3 Externe Evaluation (Univ. Linz)**

Details siehe im Anhang.

#### **„Fragebogenauswertung Professor Geretschläger**

Allgemeines

Der Gruppenpuzzleunterricht wurde im zweiten Jahrgang der Abteilung Mechatronik im Gegenstand angewandte Physik zum Thema Laser abgehalten. Für die Durchführung des Unterrichtes wurden 2 Doppereinheiten verwendet. Am 2. Mai 2006 fand die

Expertenrunde statt. Am Beginn dieser Einheit wurden auch die Anfangsevaluationsfragebögen von den SchülerInnen ausgefüllt. Die Unterrichtsrunde erfolgte eine Woche später am 9. Mai 2006 statt. Beide Runden wurden von uns beobachtet. Am Ende dieser Runde wurden die Endevaluationsfragebögen ausgefüllt.“ ([Zitat Seite 5](#))

**„Fazit:**

Bis auf einen Schüler haben bereits alle durchwegs positive Erfahrungen mit der Unterrichtsmethode Gruppenpuzzle gemacht. Obwohl die Bearbeitung von den meisten Schülern als aufwändig eingestuft wurde, möchte die Mehrheit das Gruppenpuzzle auch in anderen Fächern anwenden. Die Schüler hatten mit der Wissensaneignung und mit dessen Wiedergabe keine Probleme. Verbesserungsbedarf besteht vermutlich hinsichtlich der Gefühle, die die Schüler in der Rolle des Lehrenden/Lernenden verspürt haben. Bemerkenswert ist auch, dass nur die Hälfte der Schüler der Meinung ist, dass sie sich durch das Gruppenpuzzle mehr an Wissen angeeignet haben als durch einen Lehrervortrag zu diesem Thema.“ ([Zitat Seite 12/13](#))

„Abschließend kann man jedoch behaupten, dass diese Unterrichtsmethode für diese Klasse ein positives Erlebnis war, da die Schüler engagiert und aktiv am Unterricht teilgenommen haben.“ ([Zitat Seite 26](#))

# **5 PUZZLEUNTERRICHT IN DER 1CHK ZUM THEMA “KLIMA EUROPAS” VON MICHAEL CSONGRADY**

## **5.1 Ausgangssituation und Themenfindung**

Die 1CHK besteht aus 35 ausschließlich männlichen Schülern. Die Klasse hatte bislang keine Erfahrungen mit dem Puzzleunterricht. Die Klasse ist leistungsmäßig sehr heterogen, sehr guten Schülern steht eine Reihe leistungsschwacher Schüler gegenüber. Der Unterricht findet ein Mal pro Woche am Montag in einer Doppelstunde von 9.55 bis 11.35 Uhr statt. Diese längere Zeitspanne ist für Gruppenarbeiten ideal.

In Geographie wurde dieses Schuljahr vor allem auf physiogeographische Themen eingegangen. Die Formung der Landschaft durch geologische und geomorphologische Prozesse und die Entstehung und Wirkung des Klimas waren hier die zentralen Punkte. Im Vorfeld wurden die Klimazonen der Tropen und der Subtropen (exklusive Mittelmeerklima) besprochen, es blieben also noch die humiden Mittelbreiten, die subpolaren und polaren Klimate übrig. Hierbei wollte ich mich vor allem auf Europa und Russland (inklusive Sibirien) beziehen. So kristallisierte sich als Thema für den Puzzleunterricht die Aufarbeitung der verschiedenen Klimazonen und –faktoren in Europa heraus.

Grundsätzlich ist die Themenfindung im Geographieunterricht sicherlich einfacher als in anderen naturwissenschaftlichen Fächern. Es ist nicht schwierig ein klar abgegrenztes Thema zu finden, das sich in mehrere disjunkte Teile aufteilen lässt. Allerdings stellt für mich eine leichte Überlappung der Teile kein Problem, sondern eher sogar einen Vorteil dar, da in der Unterrichtsphase so leichter der Eindruck eines zusammenhängenden Themas entsteht.

## **5.2 Vorbereitung und Planung des Unterrichts**

Das Thema „Klima Europas“ wurde von mir in vier Teile geteilt (Texte siehe Anhang A.11)

- Hochdruck-, Tiefdruckgebiete und Frontengeschehen
- Klima Süd-, West- und Mitteleuropas
- Klima Österreichs
- Tundra und Taiga

Für jedes Teilthema wurde auch ein Blatt mit Übungsaufgaben erstellt, das auch als Fragenkatalog für den zuletzt stattfindenden Test dienen kann.

Ich schrieb für jeden Schüler ein Informationsblatt, in dem er über den inhaltlichen und zeitlichen Ablauf des Puzzleunterrichts, die Leistungsanforderungen in jeder einzelnen Phase und die Beurteilungskriterien genau informiert wurde (siehe Anhang A.12).

In der Einzelarbeit wurden die Schüler aufgefordert, ein Exzerpt des Textes zu erstellen und die gestellten Übungsaufgaben so weit wie möglich zu beantworten.

Für die Expertenrunde und die Unterrichtsrunde wurden je ein Formular erstellt, in das die Gruppenmitglieder ihre Namen, das Gruppenthema (Expertenrunde) und die Lösungen zusätzlicher themenübergreifende Übungsaufgaben (Unterrichtsrunde) einzutragen hatten.

In der Expertenrunde sollten die Schüler nach der Klärung eventuell offener Fragen gemeinsame Antworten auf die Übungsfragen formulieren und vor allem als Unterlage für die abschließende Unterrichtsrunde eine Handreichung (im Unterricht „Hand-out“ genannt) erstellen, die auf maximal einer Seite stichwortartig den Inhalt des Themas zusammenfasst. Diese Handreichung sollte dann vom Experten an seine Schüler in der Unterrichtsrunde verteilt werden. Weiters sollten sich die Experten zumindestens Gedanken über die Art der späteren Wissensvermittlung machen.

In der Unterrichtsrunde sollten die Experten also auf Basis der erstellten Handreichung den Inhalt ihres Themas ihren Schülern nahe bringen und auch die Übungsaufgaben mit ihnen durchbesprechen. Wie bereits oben erwähnt wurden den Unterrichtsrunden auch weiterführende Fragen zur Bearbeitung gegeben.

Diese themenübergreifenden Fragen am Ende der Unterrichtsrunde stellen für mich eine sinnvolle Ergänzung des Puzzleunterrichts dar. Im Idealfall stelle ich mir hier ein Zusammenwirken aller Experten bei der Lösung eines komplexeren Problems vor, die Informationen aus allen Teilthemen benötigt. Im vorliegenden Fall war das nicht ganz so einfach, hier bietet sich etwa die Mathematik wesentlich besser an (siehe Gruppenpuzzle „Vektorrechnung“ in Kapitel 6.4).

## **5.3 Durchführung des Unterrichts**

### **5.3.1 Einzelarbeit**

Am 24.4. informierte ich die Schüler, dass das nächste Thema mit Hilfe der Puzzlemethode durchgenommen werden würde und erklärte ihnen die Methode allgemein. Eigentlich hätte in der Vorplanung des Puzzleunterrichts erst eine Woche später beginnen sollen. Doch auf Grund der zeitlichen Knappheit (Feiertage, Zeitrahmen der evaluierenden Studenten) und in Erwartung von in dieser unerfahrenen und jungen Klasse eventuell auftretenden Schwierigkeiten in der Durchführung des Puzzleunterrichts nutzte ich die zweite Einheit für die Einführung in die neue Unterrichtsform, anschließend für die Ausgabe und Bearbeitung der Anfangsevaluationsfragebögen (Anhang A15. Wegen des im Vergleich zu den Kollegen früheren Beginns meiner Unterrichtssequenz wurde bei mir ein Fragebogen verwendet, der später nach Kritik unsererseits noch modifiziert wurde. Im Interesse der Längsschnittstudie wurde auch die erste unkorrigierte Version des Endevaluationsfragebogens bei mir verwendet.), in denen die evaluierenden StudentInnen die Anfangserwartungen der Schüler be-

züglich des Puzzleunterrichts abfragten, und die letzten 20 Minuten für den Beginn der Einzelarbeit. So konnten die Schüler die Texte vorbereitend zumindestens ein bis zwei Mal durchlesen und sich mit dem Inhalt etwas vertraut machen.

Auf Grund des Feiertages am 1.5. wurde der Unterricht erst am 8.5. fortgesetzt. Die Schüler erhielten jetzt zu ihren Texten auch die Übungs- und Selbstprüfungsaufgaben. Für den Abschluss der Einzelarbeit hatten die Schüler weitere 30 Minuten Zeit.

### **5.3.2 Expertenrunden**

Auf Grund der Anzahl der Schüler wurden zu jedem Thema zwei Expertenrunden zu je 4 bis 5 Schülern gebildet. Die Gruppen wurden beauftragt, bis zum Ende der Doppereinheit zusammen die Übungsaufgaben (Anhang A12) zu besprechen und eine Handreichung zu erstellen. Leider führte diese Anweisung zu einem Missverständnis. Einige Gruppen dachten, auch die Übungsaufgaben schriftlich ausarbeiten zu müssen, was mir zu spät auffiel. Dies führte dazu, dass die an sich großzügig bemessene Zeit für diese Gruppen nicht ausreichte. Ich sah mich deshalb gezwungen, den für die nächste Woche geplanten Start der Unterrichtsrunden zu verschieben und am 15.5. den betroffenen Gruppen noch eine halbe Stunde Zeit zu geben. Die restliche Zeit an diesem Tag wurde anderweitig gestaltet, da die Schüler noch die Gelegenheit bekommen sollten, ihre Handouts am Computer zu schreiben und für ihre Kollegen zu vervielfältigen.

### **5.3.3 Unterrichtsrunden**

Am 22.5. starteten dann die Unterrichtsrunden. Diese waren schon am 15.5. durch Losentscheid mit jeweils 4 oder 5 Schülern besetzt worden. Dadurch waren in einigen Runden zu einem Thema 2 Unterrichtende vorhanden, was sich schlussendlich auf Grund einiger krankheitsbedingt fehlender Schüler als günstig erwiesen hat. Es wäre überhaupt zu überlegen, zu jedem Thema einen Ersatzexperten zur Verfügung zu haben, weil sonst bei eventuellen Absenzen organisatorische und zeitliche Probleme bei der Durchführung des Puzzleunterrichts auftreten könnten.

Die Unterrichtenden hatten jeweils 30 Minuten Zeit ihr Thema ihren Schülern zu vermitteln. Ich hatte den Eindruck, dass die „Lehrer“ dies mit viel Einsatz taten, was mir auch von der anwesenden Studentin der Universität Linz bestätigt wurde, die auch die Qualität der Handouts positiv bewertete. Bezüglich der Handouts zeigte sich auch, dass die Entscheidung, jeweils zwei Expertenrunden zu jedem Thema einzurichten, gut gewesen war. Denn da eine Gruppe ihr Handout „vergessen“ hatte, konnte wenigstens das Handout der zweiten Expertengruppe als Unterrichtsunterlage verwendet werden.

Auf Grund der oben erwähnten Verschiebung musste das letzte Thema am 29.5. besprochen werden. An diesem Tag wurden auch die Endevaluation (Anhang A15) zum Vergleich mit den Anfangserwartungen (Anfangsevaluation) und die große und detaillierte Evaluation (Anhang A9) zum Puzzleunterricht durchgeführt. Zum Abschluss zeigte ich den Schülern eine Universumdokumentation über die Alpen als Klima- und Wetterfaktor, in der viele Stichworte und Themen aus den Themen der Puzzleunterrichtssequenz angesprochen wurden.

### 5.3.4 Test

Wegen des Feiertages am 5.6. wurde der Test zum Thema „Klima Europas“ am 12.6. durchgeführt (Aufgabenstellung siehe Anhang A14). Das Ergebnis fiel eher durchschnittlich bis schlecht aus. Es gab 2 „Sehr Gut“, 7 „Gut“, 4 „Befriedigend“, 11 „Genügend“ und 8 „Nicht Genügend“. Leider habe ich hier keine Vergleichsmöglichkeit, da ich sonst zur Benotung vor allem mündliche Stundenwiederholungen und die Mitarbeit heranziehe und deshalb kein themenmäßig abgeschlossenes Leistungsbild aus einer anderen Klasse habe.

Allerdings ist zu berücksichtigen, dass wie so oft in ersten Klassen die Leistungsbereitschaft zum Jahresende hin bei einigen Schülern, deren negativer Abschluss des Schuljahres bereits praktisch feststeht, stark nachlässt.

## 5.4 Evaluation und Konsequenzen

Aus der Auswertung der von den StudentInnen der Universität Linz durchgeführten Schülerbefragung ergaben sich einige Schlüsse (Detailergebnisse siehe [Endbericht Evaluation HTL Steyr.pdf](#)):

Der Ablauf des Unterrichts inklusive Zeitplanung wurde von den Schülern als angemessen bewertet. Die Texte erschienen den Schülern verständlich und geeignet, das Thema selbständig erarbeiten zu können. Die gestellten Übungsaufgaben konnten im Wesentlichen mit Hilfe der Informationen aus den Texten beantwortet werden.

Bei der Bewertung des Puzzleunterrichts durch die Schüler fiel auf, dass diese Unterrichtsmethode von den Schülern als sehr aufwändig angesehen wurde. Das verwundert nicht, da von den Schülern ein wesentlich größeres Maß an Eigenaktivität gefordert wurde als im herkömmlichen Unterricht. Weiters empfanden die Schüler diesen Unterricht als Abwechslung, während die Bewertungen „interessant“ und „uninteressant“ sich in etwa die Waage hielten. Häufig (mehr als 1/3 der Klasse) genannte Begriffe waren auch „lehrreich“ und „schwierig“. Letzteres ist wohl auch darin begründet, dass die Vorerfahrung mit Unterrichtsformen dieser Art bei den Schülern eher gering war. Die hier notwendigen Anforderungen müssen von den Schülern erst gelernt werden und waren für sie hier zusätzlich zum Wissenserwerb ein erschwerender Faktor.

In der Eigenbewertung der Schüler in Bezug auf ihre Eigenverantwortung gaben sie sich durchwegs gute Noten. Sowohl bei der Gewissenhaftigkeit der Erarbeitung des Stoffes als auch bei der Vorbereitung auf die Unterrichtsphase und bei dem eigenen Engagement bewertete sich die überwiegende Mehrheit der Schüler positiv. Bei der Bewertung des eigenen Unterrichts in der Unterrichtsphase etwa gaben sich 15 Schüler die Noten „Sehr Gut“ oder „Gut“, 12 Schüler die Note „Befriedigend“ und 7 Schüler die Noten „Genügend“ oder „Nicht Genügend“.

In der Fremdbeurteilung allerdings zeigte sich, dass exakt die Hälfte der Schüler den Eindruck hatte, dass zumindestens ein Gruppenmitglied in der Unterrichtsphase nicht ausreichend vorbereitet war. 20 Schüler gaben an, dass sie bei einem Lehrervortrag genausoviel oder mehr gelernt hätten.

Ein wichtiges Kriterium für mich war das Gefühl der Schüler während des Puzzleunterrichts. Das Ergebnis hier fiel sehr positiv aus. Die häufigste Nennung war „gut vorbereitet“ (18) vor „wohl“ (13), „sehr wohl“ und „nervös“ (je 8). Allerdings wurden auch

7 Mal „unwohl“ und 5 Mal „überfordert“ genannt. Grundsätzlich allerdings mögen die Schüler Gruppenunterrichtsformen eher weniger. Nur fünf von Ihnen wählten auf die Frage „Wie lernst du am liebsten?“ die Antwort „In der Gruppe“.

Als Konsequenz aus den Ergebnissen der Befragungen und unserer eigenen Beobachtung kann ich sagen, dass die SchülerInnen im Vergleich zu den lehrerzentrierten Unterrichtsmethoden einer wesentlich höheren Arbeitsbelastung („Stress“) unterliegen. Ich denke, dass das einigen Schülern nicht besonders gefällt und einige negative Beurteilungen dieser Unterrichtsform daher rühren. Auf der anderen Seite zeigt sich, dass diese höhere Eigentätigkeit eine etwas tiefere Auseinandersetzung mit dem Stoffgebiet erzeugt und bestimmte Anforderungen an die sozialen Kompetenzen stellt. Diese sind häufig in einem zu geringen Ausmaß vorhanden, was uns zu einem Folgeprojekt für nächstes Schuljahr motiviert hat. Die Grundlagen dieser sozialen Kompetenzen müssen erst gelegt werden, damit schülerzentrierte und auf Kommunikation zwischen den SchülerInnen basierende Unterrichtsmethoden ihre Wirkung voll entfalten können. Die Erfahrungen dieses Schuljahres waren in Bezug auf diese Erkenntnis äußerst wertvoll.

Rein inhaltlich, von der Form und vom Zeitplan her erscheint mir die durchgeführte Unterrichtssequenz als gelungen. Hier werde ich nur einige kleinere Adaptionen und Aktualisierungen vornehmen und diesen Puzzleunterricht nächstes Jahr wieder durchführen.

# 6 WEITERE PUZZLEUNTERRICHTSSEQUENZEN VON MICHAEL CSONGRADY

## 6.1 Einleitung

Die folgenden Beispiele sind nicht Teil der für diese Arbeit evaluierten Puzzleunterrichtssequenzen und sind zum Teil nicht oder nur oberflächlich von mir evaluiert worden. Nichtsdestotrotz möchte ich hier einige Erfahrungen aus diesen Experimenten darlegen und die Unterrichtsmaterialien hier allgemein zur Verfügung stellen. Es handelt sich zum Teil um Varianten des Puzzleunterrichts und um ein Beispiel aus der Mathematik, in der die Themenfindung für den Puzzleunterricht ja nicht ganz einfach ist. Die von mir erstellten Unterrichtsmaterialien sind im Anhang zu finden.

## 6.2 Wirtschaftsstruktur Österreichs

### 6.2.1 Thema und Motivation

In der 2AHK mit 24 ausschließlich männlichen Schülern versuchte ich eine Puzzleunterrichtssequenz auf der Text- und Übungsaufgabenbasis, die ein Geographieschulbuch (WAGNER et.al. Seiten 140 bis 154. – siehe Literaturverzeichnis) zur Wirtschaftsstruktur Österreichs zur Verfügung stellt. Dieses Gebiet wurde in die folgenden vom Buch vorgegebenen Kapitel eingeteilt:

- Land- und Forstwirtschaft
- Bergbau und Energiewirtschaft
- Industrie
- Tourismus

Da die Schüler dieses Schulbuch nicht im Rahmen der Schulbuchaktion erhalten sondern die Bücher von mir in den Unterricht mitgenommen werden, ist die Voraussetzung des Puzzleunterrichts erfüllt, dass die Schüler die Unterlagen nicht zu Hause haben.

### 6.2.2 Durchführung und Ergebnis

Ich ließ die Schüler ihr Thema selbst wählen, indem ich den vier Ecken des Klassenzimmers je ein Thema zuordnete und die Schüler sich in das ihnen angenehmste stellen sollten. Diese Einteilung funktionierte schnell und einfach.

Der Ablauf der verschiedenen Phasen war normal und problemlos. Nur die vom Schulbuch zur Verfügung gestellten Übungsaufgaben erwiesen sich als Vorbereitung für einen abschließenden Test nicht immer als geeignet. Hier hätte eine eigene Formulierung Vorteile gehabt.

Die Schüler zeigten zwar während des Unterrichts großes Interesse für die Themen und fragten viele Dinge bei mir nach und wollten Weiterführendes wissen, doch fiel der abschließende Test etwas schlechter als von mir erwartet aus (5 „Sehr Gut“, 2 „Gut“, 4 „Befriedigend“, 8 „Genügend“ und 4 „Nicht Genügend“).

Als Resümee kann von mir gesagt werden, dass die vom Schulbuch hier zur Verfügung gestellten Texte für den Puzzleunterricht geeignet waren, jedoch die Übungsaufgaben besser von mir hätten zur Verfügung gestellt werden sollen. Ich werde hier auf jeden Fall weiter experimentieren, auch weil natürlich der Arbeitsaufwand durch die fertigen, altersgerechten und schüleradressierten Texte erheblich geringer ausfällt als sonst.

## **6.3 Zeitungsartikel als Grundlage für den Puzzleunterricht**

### **6.3.1 Themen und Motivation**

In derselben 2AHK hatte ich bereits früher im Jahr zwei Unterrichtssequenzen durchgeführt, in denen die Schüler Zeitungsartikel zu einem Thema lesen, in Expertenrunden Verständnisprobleme ausmerzen und in gemischten Gruppen ihre Kollegen über den Inhalt ihrer Artikel informieren sollten. Insofern war der Ablauf dem Puzzleunterricht entnommen. Allerdings lag mein Hauptaugenmerk hier nicht auf der Wissensvermittlung, sondern auf einem sinnvollen Abschluss eines vorangegangenen Themas.

Das erste Thema war Migration. Die Zeitungsartikel sollten die verschiedenen Seiten der illegalen Einwanderung nach Europa beleuchten. (Textbeispiel im Anhang A16)

Das zweite Thema war Stadtgeographie. Die Zeitungsartikel sollten die Bedingungen in den Elendvierteln in verschiedenen Ländern der Welt aufzeigen. (Textbeispiel im Anhang A17)

### **6.3.2 Erfahrungen**

Diese Unterrichtssequenzen habe ich in sehr angenehmer Erinnerung. Obwohl die Zeitungsartikel trotz von mir durchgeführter Kürzungen nicht immer einfach formuliert waren und kein abschließender Test eingeplant war, waren die Schüler ungewöhnlich motiviert. Dies lag mit hoher Wahrscheinlichkeit an den Zeitungsartikeln selbst, deren Inhalt meist wirklich sehr interessant war.

Ich kann diese etwas abgespeckte Form des Puzzleunterrichts nur empfehlen. Die Hauptaufgabe liegt in der Auswahl und Adaptierung der Texte. Hier bieten sich die verschiedenen Archive von Internetzeitungen an, von denen ich als Fundgrube für interessante und fundierte Artikel vor allem die Seite der „Zeit“ hervorheben möchte ([www.zeit.de](http://www.zeit.de)).

## 6.4 Grundlagen der Vektorrechnung

### 6.4.1 Thema und Motivation

Schon länger hatte ich nach einem Thema gesucht, das die Durchführung einer Puzzleunterrichtssequenz auch im Mathematikunterricht erlaubt. Es ist hier nicht ganz einfach ein klar abgegrenztes Themengebiet zu finden, das sich in einige nicht aufeinander aufbauende Teile aufspalten lässt. Die Grundlagen der Vektorrechnung erschienen mir dafür geeignet einen ersten Versuch zu starten.

Die ausgewählte Klasse war die 1CHE (36 SchülerInnen, davon 1 weiblich), in der Kollege Nöbauer bereits seinen Puzzleunterricht zum Thema „Kräfte“ durchgeführt hatte, was inhaltlich sogar zur Vektorrechnung passte.

### 6.4.2 Ablauf und Ergebnisse

Zuerst gab ich eine kurze Einführung in das Thema Vektorrechnung. Die Schüler sollten zuerst wissen, was der Unterschied zwischen einem Vektor und einem Skalar ist, wie ein Vektor in einem Koordinatensystem aussieht und was seine Koordinaten bedeuten. Außerdem sollten die SchülerInnen die Eigenschaften Länge, Richtung und Orientierung eines Vektors kennen. Anschließend wurde der Rest des Themas in vier Teile geteilt:

- Vektoraddition und Vektorsubtraktion
- Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar - Einheitsvektor
- Ortsvektoren, Vektoren zwischen Punkten und Normalvektoren
- Winkel und Länge von Vektoren, Vektorzerlegung

Die Gruppeneinteilung geschah zufällig durch Ziehen aus einem Kartenspiel mit 32 Karten (doppeldeutsch). Jede der 4 Farben entsprach einem Thema.

Das Selbststudium und die Expertenrunde verliefen problemlos und die Schüler gaben an, die Texte (Anhang A18) gut zu verstehen. Leider wurde der Ablauf in der Unterrichtsrunde durch eine schulärztliche Untersuchung, die bei meinem Eintreffen in der Klasse schon im Gange war, schwer gestört. Es fehlten gleichzeitig immer zwischen vier und acht Schüler, was den Unterrichtsbetrieb teilweise unmöglich machte. Durch die zeitliche Nähe der nächsten Schularbeit, die als Leistungsfeststellung zum Thema gedacht war, konnte die Unterrichtsphase nicht verschoben werden. Deshalb musste ich entgegen der eigentlichen Methode in der anschließenden Übungsphase (Übungsbeispiele Anhang A19) nachträgliche Erklärungen vornehmen.

Insgesamt war die Unterrichtssequenz trotzdem gelungen, auch die Ergebnisse der Schularbeit (Anhang A20) waren relativ gut: Es gab 4 „Sehr Gut“, 5 „Gut“, 6 „Befriedigend“, 9 „Genügend“ und 3 „Nicht Genügend“. Es zeigte sich, dass es praktisch keine Schüler gab, die das Thema „Vektorrechnung“ gar nicht verstanden hatten. Die negativen Noten gingen sogar eher auch auf die Aufgaben zurück, die nicht Vektorrechnung zum Thema hatten.

In informellen Gesprächen teilten mir einige Schüler ihre Einstellung zum Puzzleunterricht mit. Er wurde als anstrengend empfunden und die Schüler waren sich unsicher, ob sie sich selbständig und ausreichend das geforderte Wissen aneignen können. Ich denke, dass mehrere erfolgreiche Erfahrungen mit dieser und anderen schülerzentrierten Unterrichtsmethoden hier die innere Einstellung der SchülerInnen ändern und ihr Vertrauen in sich selbst stärken können.

Ich werde auf jeden Fall diese Unterrichtssequenz im Wesentlichen unverändert in Zukunft weiter einsetzen.

# 7 DAS ARBEITEN IN DER LEHRERGRUPPE UND GEMEINSAMES ERGEBNIS

## 7.1 Geschichte der ARGE Didaktik und Rückblick

Ein wesentlicher Teil des Projektes wurde durch die gemeinsame Arbeit im Team getragen. Die Arbeitsgemeinschaft „Didaktik und Methodik an der HTL Steyr“ besteht nun seit 3 Jahren. Während am Beginn informative Vorträge und Veranstaltungen im Zentrum der Tätigkeiten standen, bildete sich nach dem ersten Bestandsjahr ein Kernteam, das sich die Entwicklung alternativer Unterrichtsmethoden zum Ziel setzte. Wir setzten bewusst nicht auf inhaltliche Themen, obwohl 4 Mathematiker dem Team angehören, da wir uns mittelfristig die Einbindung weiterer Kolleginnen und Kollegen in unser Team wünschen. Außerdem ist Kollege Reiter Religionslehrer und in der Schüler/innenberatung und –betreuung tätig und somit eine wertvolle Hilfe weiter gestreute Aspekte – als nur fachliche – ins Auge zu fassen (z. B. Gruppenprozesse in der Klasse, die Sorgen und Nöte Heranwachsender in und außerhalb der Schule,...).

Im darauf folgenden Jahr erprobten wir bereits intern die Unterrichtsform „Gruppenpuzzle“. Dies deshalb, weil bei dieser Form des Gruppenunterrichts jeder Schüler/jede Schülerin an der Gruppenarbeit beteiligt sein muss und sich niemand aus der Gruppe zurückziehen kann. Aufgrund der gesammelten Erfahrungen meldeten wir dieses Jahr das Projekt beim MNI-Fonds an. Dies führte zur verstärkten Auseinandersetzung mit dieser Methode. Außerdem war der finanzielle Anreiz ein zusätzlicher Aspekt unsere Arbeit aufzuwerten.

Auf mehreren formellen Sitzungen klärten wir wichtige Rahmenbedingungen und setzten uns Ziele für unsere Arbeit. Durch die Unterstützung des Fonds wandten wir uns auch an Prof. Altrichter (Universität Linz), um das Projekt extern evaluieren zu lassen. Dies ergab zusätzliche Impulse für unsere Arbeit – etwa das exaktere Erstellen eines Zeitrahmens, genauere Klärung der Ziele und der Kriterien zur Überprüfung des Erreichens dieser Ziele.

Neben diesen formellen Treffen fanden unzählige „Pausengespräche“ über den Fortgang der Arbeit in den Klassen statt. Nöbauer setzte als erster die Methode ein und gewann wertvolle Informationen, welche von den anderen Teammitgliedern übernommen wurden. Durch die vielen Gespräche wurde das Thema „Gruppenpuzzle“ daher von verschiedenen Seiten beleuchtet und die unterschiedlichsten Aspekte kamen zum Vorschein. Auf der abschließenden ARGE-Sitzung fand eine Reflexionsrunde statt, um die Arbeitsabläufe für die künftige Arbeit zu optimieren.



Das Team bei der Reflexionsrunde

Sehr früh in der Projektarbeit kam der Wunsch auf, die Arbeit im MNI-Fonds auch kommendes Schuljahr fortzusetzen. Diese führte zu einem neuen Antrag. Im kommenden Projekt werden wir versuchen „Schwachpunkte“ von Gruppenarbeit (Haben die Schüler/innen ausreichende Kompetenzen, um effizient in einer Gruppe arbeiten zu können? Wie kann man diese Kompetenzen stärken? Was sind die Voraussetzungen für gute Gruppenarbeit? usw.) genauer unter die Lupe zu nehmen und wie man Schüler/innen anleiten kann, effizient in der Gruppe zu arbeiten.

## 7.2 Gemeinsames Ergebnis

Der Erfolg der Unterrichtsmethode Gruppenpuzzle hängt sehr stark von den schon vorhandenen Kompetenzen bei den Schülern/Schülerinnen ab. Besonders wichtig sind

das Arbeiten mit Texten:

- Sinnerfassendes Lesen
- Exzerpieren und Zusammenfassen von Texten
- Erstellen von Handouts

die Verantwortung in und für die Gruppe

- Zeitmanagement
- Ergebnisorientiertes Arbeiten
- Eigenverantwortung für Prozess und Ergebnis

## 7.3 Konsequenzen

Die oben genannten Kompetenzen sind bei einem erheblichen Anteil der Schüler/Schülerinnen nur schwach ausgeprägt vorhanden. Es ist daher notwendig, gezielt diese Voraussetzungen für erfolgreichen Gruppenunterricht zu schaffen und zu trainieren. Daher wollen wir beim eingereichten neuen Folgeprojekt gezielt diese Schwachpunkte aufgreifen und in den beiden Projektklassen versuchen, die Schülerinnen und Schüler dahingehend zu fördern.

## 8 LITERATUR

ACKERL, B., LANG, C. & SCHERZ, H. (2001). Fächerübergreifender Unterricht mit experimentellem Schwerpunkt am Beispiel NWL BG/BRG Leibnitz. MS Pilotprojekt IMST<sup>2</sup> 2000/01.

<http://imst2.uni-klu.ac.at/innovationen/> (31.3.2005).

ALTRICHTER, H. & POSCH, P. (1998). Lehrer erforschen ihren Unterricht. Eine Einführung in die Methoden der Aktionsforschung. Dritte erw. Aufl. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

ATKIN, M. & BLACK, P. (1997). Policy Perils of International Comparisons - The TIMSS Case. Phi Delta Kappan, Vol. 79 (1), September 1997, 22-28.

FULLAN, M. (1993). Change Forces. Probing the Depths of Educational Reform. London, New York & Philadelphia: Falmer Press.

KÜHNELT, H. (2002). Physikalische Grundbildung – eine Annäherung in Beispielen. In: Krainer, K., Dörfler, W., Jungwirt, H., Kühnelt, H., Rauch, F., Stern, Th. (Hrsg.). Lernen im Aufbruch: Mathematik und Naturwissenschaften. Pilotprojekt IMST<sup>2</sup>. Innsbruck, Wien, München, Bozen: StudienVerlag.

LANGER, SCHULZ VON THUN, TAUSCH (2002). Sich verständlich ausdrücken. Ernst Reinhardt Verl. München

L. PARADIES, F. WESTER, J. GREVING (2005). Leistungsmessung und –bewertung. Cornelson Scriptor. Berlin

T. UNRUH, S. PETERSEN (2005). Guter Unterricht. AOL Verlag, Lichtenau

H. WAGNER, S. STECHER, H. LAHODA (2002). Global – Geographie für berufsbildende Schulen. Wien. Ed Hölzel.

M. WEIDNER (2005, 2. Aufl.). Kooperatives Lernen im Unterricht. Kallmeyersche Verlagsbuchhandlung. Seelze-Velber

Sonstige Quellen:

IFF (Hrsg.) (2001). Endbericht zum Projekt IMST<sup>2</sup> – Innovations in Mathematics, Science and Technology Teaching. Pilotjahr 2000/01. Klagenfurt : Im Auftrag des BMBWK. IFF.

Internetadressen:

<http://www.physik.ph-ludwigsburg.de/physikonline/info/multicode/multicode1.html> (31.3.2005).

<http://www.learn-line.nrw.de/angebote/sinus/zentral/grundlagen/module/modul8.doc>

# A ANHANG

## A.1 Interviews zum Puzzleunterricht, Nöbauer, 1 CHE

### Interview 1

#### **Texte verständlich? Oder länger nachdenken müssen? Wo genau?**

teilweise länger nachdenken ... komisch verwirrend geschrieben ...  
Zeichnungen verständlich ... **wo genau verwirrend?** weiß nicht ...

#### **Themen verstanden? Viel gelernt?**

nicht soviel, wie wenn Lehrer erklärt hätte ... in der Gruppe  
„umeinandergeblödet“ ... nur Zettel vorlesen als Erklärung ...  
kann man selber auch ...

#### **Wohlfühlen in der Gruppe?**

ja, angenehm ... **lieber allein?** mit dem Lehrer! Normaler Unterricht  
wäre mir lieber gewesen ...

#### **Verbesserungsvorschläge, konkret?**

Anwesenheit einer zweiten Lehrperson wäre gut gewesen ...  
**Ernsthaft gearbeitet in der Gruppe?** 6 Leute, 2 oder 3 haben ernsthaft  
gearbeitet (interviewter Schüler da dabei) ...

#### **Unterrichtsmethode öfter anwenden?**

nein, nicht produktiv! ... Lehrer soll erklären, einfacher, man lernt mehr  
dabei ... **Erklärungsmethode geschätzt, gut umgehen können damit?**  
ja.

### Interview 2

#### **Texte verständlich?**

sehr verständliche Texte ... Fragen klar, hat gepasst ...

#### **Viel verstanden und gelernt?**

ja, mehr als wenn Lehrer erklärt ... sitze weit hinten, verstehe beizeiten  
manches nicht ...

#### **Wohlfühlen?**

ja ... waren bald fertig, haben gequatscht ... mehr als genug Zeit ...

#### **Allein lieber?**

nein, frage sonst auch meist meinen Bruder ...

#### **Verbesserungsvorschläge?**

ja, mehr Kontrolle! ... weniger Zeit für Themen, dann wird mehr gearbeitet ...

### **Öfter anwenden?**

ja ... **Auch in anderen Gegenständen?** nicht in Deutsch! Grammatik in Gruppen nicht so interessant ...

### Interview 3

#### **Texte verständlich?**

mein Thema einfach zum Verstehen .... andere: ziemliche Probleme bei anderen Themen ...auch Aufgaben leicht (bei meinem Thema) ...

#### **Gut verstanden?**

ja ... einige haben nur vorgelesen, da nimmt man weniger mit ... einige andere hat man besser verstanden ...

#### **In der Gruppe?**

Spaß gehabt, es ist etwas weitergegangen ...

#### **Allein lieber?**

allein noch besser, man hätte mit dem Zettel vor sich noch mehr lernen können aber in der Gruppe mehr Spaß, man lernt auch viel ...

#### **Änderungsvorschläge?**

Abschreiben nicht gut, man lernt nicht viel dabei ... nicht gleich die Antworten dazu liefern ... ziemlich viel Unruhe, nicht alles verstanden ...nach Aufforderung zur Ruhe wieder besser ... Zuhören schwierig ...

**Unterricht in zwei Räumen?** ja, mehr Ruhe, genaueres Arbeiten möglich ...

### Interview 4

#### **Texte verständlich?**

ja, verständlich ... aber wenn der Professor erklärt, ist es noch verständlicher ...

#### **Gut verstanden?**

eigentlich schon ... **Viel gelernt?** ja, aber im normalen Unterricht lernt man mehr ...

#### **Gern mitgemacht?**

ja, hat Spaß gemacht ...

#### **In der Gruppe?**

gut zusammengearbeitet ...**Wie ist das aufgefallen?** jeder hat gut erklärt, jeder hat sich nachher ausgekannt ...

#### **Lieber allein?**

nein, funktioniert in Gruppe besser ...

## **Änderungsvorschläge?**

nein, so wie es war hat's gepasst ...

## **Zeit ausreichend?**

gut ausgekommen ...

# **A.2 Interviews zum modifizierten Puzzleunterricht, Nöbauer, 1 AHE**

## **Interview 1**

### **Texte verständlich? Oder länger nachdenken müssen? Wo genau?**

einfache Texte, nicht lange nachdenken müssen ...

die Themengebiete waren einfach, wir hatten die Texte zu vereinfachen, es war klar ... einer Gruppe mussten wir helfen, deren Thema waren die Regeln für unsere Beispiele ...

### **Präsentierte Themen verstanden?**

auf jeden Fall, sind gut präsentiert worden, manche haben sogar einfache Versuche dazu gemacht, es war wirklich gut verständlich ...

### **Gerne mitgemacht? Wohlfühlen in der Gruppe?**

sehr wohlgefühlt, gut ausgewählte Gruppen: notenmäßig und nach Funktion wie Erklärer und Lautstärkeregler ... hat gut zusammengepasst und gut funktioniert ... durch Erklären lernt man am besten ...

### **Unterrichtsmethode öfter anwenden?**

einmal im Semester, nicht zu oft, weil zeitintensiv ...

### **Verbesserungsvorschläge, konkret?**

Vorbereitungszeit kürzer machen! Sind längere Zeit nur dagesessen...

### **Ist diese Unterrichtsmethode attraktiv (Vergleich Frontalunterricht)?**

Methode mit Schülern besser, solange nicht zu zeitintensiv ...

wenn der Lehrer etwas erklärt, kann es sein, dass man es nicht so gut versteht ...

## **Interview 2**

### **Texte verständlich? ...**

schon verständlich, weil immer Skizzen dabei ... leicht vorstellen können dadurch ... einer in der Gruppe hat sich nicht so gut ausgekannt ... noch einmal Skizze gezeichnet (etwas abgeändert), dann hat er sich ausgekannt ...

### **Präsentierte Themen verstanden?**

schon, nur bei einem Thema nicht, das wurde dann vom Professor erklärt, dann habe ich mich ausgekannt ... das war das zweite Newton - Gesetz oder so ...

### **Gern mitgemacht? Wohlfühlen?**

gern, einfach gemütlicher, macht mehr Freude als wenn man allein den Zettel durchliest ... man lernt es gescheiter, aber es dauert länger,

man bringt nicht so viel weiter ...

**Öfter anwenden?**

zum Auflockern ... jedoch wenn Stoff durchgebracht werden soll,  
dann ist der Lehrervortrag besser ...

Interview 3

**Texte verständlich?**

immer voll verständlich, ich habe einen Fragenteil als Thema gehabt ...  
einige Wörter „blöd“, Nö gefragt, dann klar ...

**Schwierigkeiten in der Gruppe?**

ich war der Checker (es hat noch einen Zeitwächter und irgendwas mit L  
gegeben), habe erklären müssen und fragen ob verstanden ... kein Problem

**Präsentierte Themen verstanden?**

alles gut erklärt, eventuelle Fehler wurden von Nö ausgebessert und  
zusätzlich erklärt, dass es jeder mitkriegt ...

**Gerne ...?**

eigentlich lieber allein, aber habe gute Erfahrungen mit der Gruppe  
gemacht ... gehört öfter gemacht, habe mich wohl gefühlt ...

**Öfter ...?**

auch woanders, z.B. in Chemie, in Hauptfächern „a wengerl blöd“...  
in Physik sicher öfter, Physik ist eher lernmäßig, kann man öfter machen ...

**Verbesserungsvorschläge?**

eigentlich nicht ... ja, gescheiter, wenn Gruppen selber von Schülern  
zusammengestellt werden, einige haben sich benachteiligt gefühlt ...

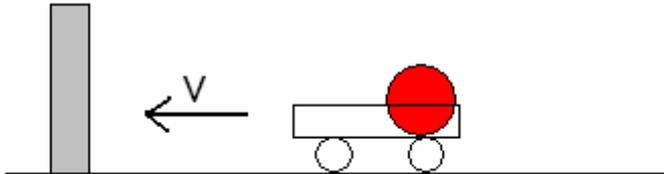
**Gruppenbildung anders, konkret?**

so, dass es den Lehrern passt und auch den Schülern ...

### A.3 Zwei Themenzettel zum Puzzleunterricht, Nöbauer (incl. Antwortzettel)

#### 1 Wie verhält sich ein Körper, auf den keine Kraft wirkt?

Versuch:



Der Wagen fährt gegen ein Hindernis und kommt rasch zum Stillstand, der Ball auf der Ladefläche bewegt sich weiter.

Erklärung:

Ein Körper, auf den keine Kraft wirkt, behält seine Geschwindigkeit bei. Er bleibt in Ruhe oder in gleichförmiger geradliniger Bewegung (Trägheitsgesetz oder 1. Newton - Gesetz).

Auf den Ball, den wir betrachten, wirkt (in waagrechter Richtung) keine Kraft. Er bleibt daher bei seiner Bewegung und fliegt auf der Ladefläche nach vor.

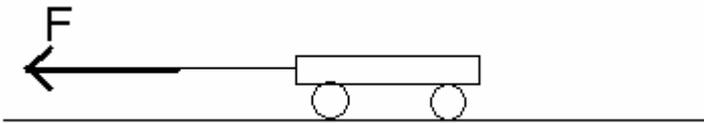
Wir denken uns einen riesig großen Eislaufplatz, spiegelglatt und ohne jede Reibung. Vom Rand, wo wir noch stehen können, setzen wir einen Eisstock in Bewegung. Er gleitet reibungsfrei über das Eis. Am nächsten Tag ist er schon ein gutes Stück weiter. Er hat noch immer dieselbe Geschwindigkeit und bewegt sich noch immer in dieselbe Richtung wie beim Wegschießen.

Fragen:

- 1) Warum bewegt sich bei dem Versuch der Ball weiter, obwohl der Wagen zum Stillstand kommt?
- 2) Was besagt das Trägheitsgesetz?
- 3) Der Eisstock bewegt sich mit  $v = 6 \text{ m/s}$ . Zeichnen Sie das  $s(t)$ -Diagramm für die Zeitspanne des ersten Tages. Wie weit kommt er?

## 2 Wie verhält sich ein Körper, auf den eine Kraft wirkt?

Versuch:



Der Wagen, der durch eine gleich bleibende Kraft gezogen wird, wird immer schneller. - Genauer: Er vollführt eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung aus der Ruhelage.

Erklärung:

Die Kraft hat eine Richtung.

Die Beschleunigung erfolgt in Richtung der angreifenden Kraft.

Je größer die Kraft, desto stärker die Beschleunigung.

Je größer die Masse, desto größere Kraft braucht man für eine bestimmte Beschleunigung.

Die Gleichung dafür ist  $F = m \cdot a$  mit  $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  (2. Newton - Gesetz).

Wirkt auf einen Körper der Masse  $m$  die Kraft  $F$ , so wird dieser Körper in Richtung der Kraft beschleunigt und es gilt die Formel  $F = m \cdot a$ .

Fragen:

1) Was bedeutet die Formel  $F = m \cdot a$ ?

Anleitung:  $F$  bleibt gleich, was passiert mit Körpern verschiedener Masse  $m$ ?

$m$  bleibt gleich, was passiert dem Körper, wenn verschiedene Kräfte  $F$  wirken?

$a$  bleibt gleich, welche Kräfte wirken dann auf Körper mit verschiedenem  $m$ ?

2) Welche Kraft wirkt auf einen gleichförmig bewegten Körper?

(Was kann man über  $v$  und über  $a$  sagen und was dann über  $F$ ?)

Welche Kraft wirkt auf einen gleichmäßig beschleunigten Körper?

(Was kann man über  $a$  und damit über  $F$  sagen?)

3) Ein Wagen der Masse 100 g wird mit der gleich bleibenden Kraft 10 mN gezogen.

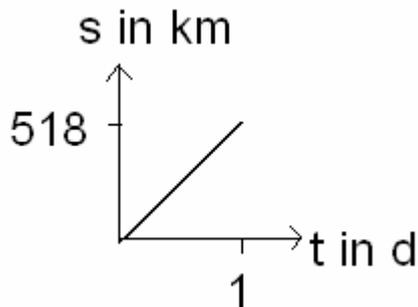
Am Anfang ist er in Ruhe. Wie groß ist die Beschleunigung? Wie lang sind die Gesamtwege, die nach 1 s und nach 2 s zurückgelegt werden?

Und hier noch die Antwortzettel:

---

## 1 Lösungen

- 1) Der Ball ist kräftefrei und behält seine Bewegung bei.
- 2) Ein Körper, auf den keine Kraft wirkt, bleibt bei seiner Bewegung:  
entweder er bleibt in Ruhe oder er bleibt in geradlinig gleichförmiger Bewegung.
- 3) Der Eisstock kommt 518 km weit.



## 2 Lösungen

- 1) Bei gleichem  $F$ : je größer  $m$ , desto kleiner  $a$ .  
Bei gleichem  $m$ : je größer  $F$ , desto größer  $a$ .  
Bei gleichem  $a$ : je größer  $m$ , desto größer  $F$ .
  - 2) Gleichförmige Bewegung:  $v = \text{const.}$ ,  $a = 0$ , folglich  $F = 0$ :  
Keine Kraft bei gleichförmiger Bewegung. Genauer:  
Auf einen geradlinig gleichförmig bewegten Körper wirkt in Summe keine Kraft.  
Glm.beschleunigt:  $a = \text{const.}$ , folglich  $F = \text{const.}$ :  
Auf einen gleichmäßig beschleunigten Körper wirkt eine konstante Kraft.
  - 3)  $a = 0,1 \text{ m/s}^2$ ;  $s(1) = 5 \text{ cm}$ ;  $s(2) = 20 \text{ cm}$ .
-

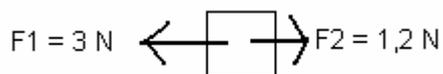
## A.4 Test nach dem Puzzleunterricht, Nöbauer

Die Aufgabenstellungen (nur eine der beiden Gruppen):

### A

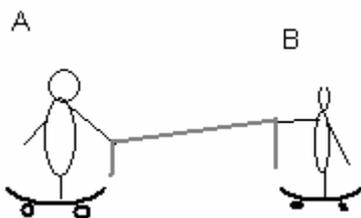
1. Was besagt das Gegenwirkungsgesetz?
2. Zeichnen Sie einen einseitigen Hebel mit  $F_1 = 10 \text{ N}$ ,  $L_1 = 5 \text{ cm}$ ,  $L_2 = 3 \text{ cm}$ ,  $F_2$ . Der Hebel befindet sich im Gleichgewicht. Berechnen Sie vorher  $F_2$ !
3. Was bedeutet die Formel  $F = m \cdot a$ , wenn  $m$  konstant ist? Welche Beziehung besteht dann zwischen den anderen beiden Größen?
4. Ein Experimentierwagen mit einem Ball auf der Ladefläche fährt gegen ein Hindernis. Der Ball bewegt sich weiter. Warum?

5.



Gesucht ist  $F_{\text{ges}}$ : Skizze, Betrag hinschreiben.

6. Skateboardfahrer, verbunden mit einem Seil, das jeder von ihnen hält:



A hat 70 kg insgesamt (mit dem Board), B nur 35 kg.

A zieht am Seil. Wo treffen die beiden zusammen?

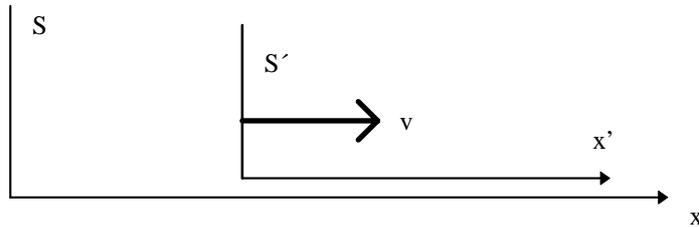
(Skizze zeichnen, Verhältnis der zurückgelegten Wege dazuschreiben.)

## A.5 Übungsaufgaben zur Relativitätstheorie, Nöbauer, 3CHE

### Aufgaben zur Relativitätstheorie

- 1) Das Gedankenexperiment zur Relativität der Gleichzeitigkeit:  
genaue Erklärung mit Skizze! Nennen Sie weiters die zwei Voraussetzungen, auf denen die spezielle RT aufgebaut ist.
- 2) Erklären Sie, was ein Inertialsystem ist.  
Nennen Sie weiters ein Beispiel dafür und auch ein Gegenbeispiel.
- 3) Was ist die Zeitdehnung? Was die Lorentzkontraktion?  
Formulieren Sie die Tatsachen und erklären Sie die erste mit der Lichtuhr, die zweite mit der Relativität der Gleichzeitigkeit (ohne Berechnungen).
- 4) In bewegten Bezugssystemen vergeht die Zeit langsamer.  
Leiten Sie daraus die Formel für die dynamische Masse her – mit Skizzen, Kommentaren und Berechnungen.
- 5)  $\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}} \approx 1 + \frac{v^2}{2c^2}$  : diese Näherung gilt sehr gut, wenn  $v$  viel kleiner als  $c$  ist.  
Leiten Sie daraus die Beziehung zwischen Masse und Energie her – die Formel für die dynamische Masse können Sie als gegeben annehmen.
- 6) Leiten Sie die Formel für die Geschwindigkeitsaddition mit der Galilei-Transformation her.
- 7) Leiten Sie die Formel für die Geschwindigkeitsaddition mit der Lorentz-Transformation her.
- 8) Licht ist weder ein Teilchen- noch ein Wellenvorgang.  
Erläutern Sie diese Vorstellungen und erklären Sie, warum sie nicht zutreffen.

Für die folgenden Aufgaben gelten die angeführten Gleichungen der Lorentztransformation:



$$v = \frac{15}{17}; \quad x' = \frac{17}{8}x - \frac{15}{8}t \quad t' = \frac{17}{8}t - \frac{15}{8}x \quad x = \frac{17}{8}x' + \frac{15}{8}t' \quad t = \frac{17}{8}t' + \frac{15}{8}x'$$

Mit diesen Gleichungen für die Lorentztransformation sind die folgenden Aufgaben zu lösen:

- 9) Eine in  $S'$  ruhende Strecke der Länge 10 Ls hat die Endpunktkoordinaten  $x_1' = -5$  Ls und  $x_2' = 5$  Ls. Berechnen Sie für  $t = 1$  s die Endpunktkoordinaten  $x_1$  und  $x_2$  in  $S$  und daraus die Länge. (Lösungen: -1,47 3,24 4,71 Ls)
- 10) Eine bewegte Uhr (die in  $S'$  bei  $x' = 0$  Ls ruht) wird mit einer (in  $S$ ) ruhenden Uhr verglichen. Die (in  $S$ ) ruhende Uhr zeigt gerade  $t = 100$  s an, der Uhrenvergleich erfolgt am selben Ort. Welche Zeit  $t'$  zeigt die bewegte Uhr an? (Lösung: 47,06 s)
- 11) Ein Gegenstand bewegt sich in  $S'$  mit der Geschwindigkeit  $x'/t' = -0,1$  Ls/s. Berechnen Sie mit den Transformationsgleichungen  $x/t$ , also die Geschwindigkeit in  $S$ . (Galilei hätte  $v=0,1$  als Ergebnis erwartet.) (Lösung: 0,858 Ls/s Galilei: 0,782 Ls/s)
- 12) In einem bewegten Waggon  $S'$  (Hinterwand  $x_1' = -0,5$  Ls, Vorderwand  $x_2' = 0,5$  Ls) wird in der Mitte ( $x' = 0$  Ls) zur Zeit 0 s ( $t' = 0$  s) ein Lichtblitz ausgesandt. Berechnen Sie  $t_1', t_2', t_1, t_2$ , also die Zeiten für das Eintreffen des Blitzes an den Wänden. (Was in  $S'$  gleichzeitig ist, ist es im Allgemeinen nicht in  $S$ .) (Lösungen: 0,5 0,5 0,125 2 s)
- 13) Längenmessung einmal anders: Ein bewegter Maßstab der Länge 1 Ls ( $x_1' = 0$  Ls;  $x_2' = 1$  Ls) passiert die Marke  $x = 10$  Ls zu den Zeiten  $t_1$  und  $t_2$ . Berechnen Sie diese Zeiten und daraus die Länge – der Maßstab bewegt sich mit  $v$  ... (Lösungen: 11,33 s 10,8 s 0,47 Ls)

## A.6 Zum Puzzleunterricht in der 1CHE, Nöbauer

### WAS WAR UNKLAR BEIM PUZZLEUNTERRICHT?

(Zusammenfassende Wiedergabe von Schüleraussagen)

In einem Gespräch mit der 1CHE in der letzten Unterrichtsstunde des Schuljahres konnte ich Genaueres in Erfahrung bringen:

1. *„Erst nach dem Durchbesprechen der Testfragen bei der Testrückgabe haben wir es wirklich verstanden.“* Ca. zwei Drittel der Schüler in der Klasse waren dieser Meinung (Erhebung durch Aufzeigen).

2. *„Gelernt wird nur, wenn es etwas für die Note bringt.“* 32 von 34 waren dieser Meinung. So wurde *„in den Gruppen schnell abgeschrieben und dann nichts mehr getan“*.

Mögliche Ursache war meine Ankündigung, die Beurteilung des Tests nach dem Puzzleunterricht nur im Fall von „Sehr gut“ oder „Gut“ für die Semesternote heranzuziehen. Die Notenverteilungen der vorher abgehaltenen Tests waren 3/5/14/10/4 und 8/8/9/7/4. Der Test nach dem Puzzleunterricht zeigte folgendes Ergebnis: 0/3/8/7/14.

Mein ursprünglicher Eindruck während der Expertenrunden war, dass der Arbeitseifer der Schüler groß war. Allerdings unterstützten fast alle folgendes Statement: *„Für den abschließenden Test haben wir uns nicht vorbereitet.“*

3. Mehr als die Hälfte der Schülerinnen und Schüler der Klasse stehen der Methode Puzzleunterricht reserviert oder ablehnend gegenüber: *„Man hat sich nicht motiviert gefühlt.“* *„Der Lehrer soll erklären.“*

Dazu möchte ich anmerken: Erste Versuche mit dem Puzzleunterricht im vorigen Schuljahr zeigten, dass diese Unterrichtsform in manchen Klassen gut angenommen wird und in anderen Klassen nicht.

## A.7 Anfangsevaluation

### Anfangsevaluation Gruppenpuzzle

Liebe SchülerInnen, wir sind Studenten der Johannes Kepler Universität und wurden von der HTL-Steyr im Rahmen unseres Seminars „Evaluation von Schulen“ beauftragt, ein Evaluationsprojekt über die Unterrichtsmethode des Gruppenpuzzles durchzuführen. Um eure Anonymität zu gewährleisten möchten wir gerne dass ihr ein Pseudonym bestehende aus den Anfangsbuchstaben jeweils des Vor- und Nachnamens der Großmutter angebt. Wir versprechen euch, eure Daten vertraulich zu behandeln und nur für unsere Zwecke zu benutzen.

1. **Hast du bereits mit dieser Unterrichtsmethode ein Stoffgebiet erlernt?**

ja

nein

2. **Wenn ja, welche Erfahrungen hast du mit dieser Unterrichtsmethode gemacht?(Begründe)**

Positive: \_\_\_\_\_

Negative: \_\_\_\_\_

3. **Wie aufwändig denkst du wird die Bearbeitung und Wiedergabe des Stoffes sein?**

sehr

aufwändig

wenig

überhaupt nicht

4. **Fühlst du dich in der Lage dir den Stoff mit den bereitgestellten Unterlagen selbständig anzueignen?**

ja

nein

5. **Fühlst du dich in der Lage selbst angeeignetes Wissen an deine Mitschüler weiterzugeben?**

ja

nein

6. **Denkst du dass du dass du dich in der Gruppe sowohl als Lernender als auch als Lehrender wohl fühlen wirst?**

ja

nein

7. **Denkst du dass du nach einer Doppeleinheit dieser Unterrichtsform mehr an Wissen angeeignet haben wirst als wenn der Lehrer einen Vortrag über dieses Thema abgehalten hätte?**

ja

nein

8. **Kreuze bitte jene Antwort an die dir am ehesten entspricht: Wenn dir der Lehrer bei einer Projektarbeit die Wahl ließe, dann würdest du:**

- Vorziehen, allein zu arbeiten
- Vorziehen, mit einem Mitschüler zu arbeiten
-

Vorziehen, in einer Gruppe von mehr als 2 Personen zu arbeiten

## A.8 Endevaluation

### ENDEVALUATION GRUPPENPUZZLE

Liebe SchülerInnen, wir sind Studenten der Johannes Kepler Universität und wurden von der HTL-Steier im Rahmen unserer Lehrveranstaltung „Evaluation von Schulen“ beauftragt, ein Evaluationsprojekt über die Unterrichtsmethode des Gruppenpuzzles durchzuführen. Um eure Anonymität zu gewährleisten möchten wir gerne dass ihr ein Pseudonym bestehende aus Anfangsbuchstabe des Vornamens der Mutter+Geburtsjahr der Mutter angebt. Wir versprechen euch, eure Daten vertraulich zu behandeln und nur für unsere Zwecke zu benützen.

1. **War eine Doppereinheit ausreichend um sich ein Expertenwissen aneignen zu können?**

ja  nein

2. **Wie aufwändig war die Bearbeitung und Wiedergabe des Stoffes?**

sehr  aufwändig  wenig  überhaupt nicht

3. **Fühltest du dich in der Lage dir den Stoff mit den bereitgestellten Unterlagen selbständig anzueignen?**

ja  nein

4. **Fühltest du dich in der Lage das angeeignete Wissen an deine Mitschüler weiterzugeben?**

ja  nein

5. **Hast du dich in der Gruppe sowohl als Lernender als auch als Lehrender wohl gefühlt?**

ja  nein

6. **Ich habe mir nach einer Doppereinheit dieser Unterrichtsform mehr an Wissen angeeignet, als wenn der Lehrer einen Vortrag über dieses Thema abgehalten hätte...**

Trifft sicher zu  trifft zu  trifft wenig zu  trifft überhaupt nicht zu

7. **Würdest du auch in anderen Fächern gerne mit Gruppenpuzzle arbeiten?**

ja  nein

wenn ja, warum: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

wenn nein, warum nicht: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Vielen Dank für Deine Mitarbeit!*

## A.9 Allgemeiner Fragebogen

### Fragebogen Gruppenpuzzle

Liebe SchülerInnen, wir sind Studenten der Johannes Kepler Universität und wurden von der HTL-Steier im Rahmen unseres Seminars „Evaluation von Schulen“ beauftragt, ein Evaluationsprojekt über die Unterrichtsmethode des Gruppenpuzzles durchzuführen. Um eure Anonymität zu gewährleisten möchten wir gerne dass ihr ein Pseudonym bestehende aus den Anfangsbuchstaben jeweils des Vor- und Nachnamens der Großmutter angebt. Wir versprechen euch, eure Daten vertraulich zu behandeln und nur für unsere Zwecke zu benutzen.

**1. Konntest du mit den ausgeteilten Unterlagen das Thema selbständig erarbeiten?**

ja

nein

Wenn nein, bitte begründen: \_\_\_\_\_

**2. War es dir möglich die Mehrheit der Kontrollfragen aufgrund der Arbeitsmaterialien richtig zu beantworten?**

ja

nein

**3. Reichten die Unterlagen aus, um in der Expertenrunde offene Fragen zu klären?**

ja

nein

Wenn nein, bitte begründen: \_\_\_\_\_

**4. Gab es in der Unterrichtsrunde Wissenslücken, die auch mit Hilfe der Materialien nicht beantwortet werden konnten?**

ja

nein

Falls es Wissenslücke gab, welcher Art waren diese?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**5. Konnten die jeweiligen Arbeitsaufgaben (lesen u. bearbeiten der Literatur, Vorbereitung für die Präsentation) im vorgegebenen Zeitrahmen erledigt werden?**

ja

nein

Wenn ja, war die Bearbeitung ...

stressig

nicht stressig

**6. Waren die Aufgabenstellungen für dich klar und verständlich?**

Alle

die meisten

wenige

keine

**7. Die Methode des Gruppenpuzzles war für mich... (Mehrfachnennungen möglich)**

Interessant       herausfordernd       abwechslungsreich       schwierig   
Motivierend       langweilig       für Thema geeignet       ungeeignet   
aufwendig       uninteressant       lehrreich

Sonstige: \_\_\_\_\_

**8. Wie habe ich mich mit der Aneignung des Stoffgebietes gewissenhaft auseinander gesetzt?**

sehr stark       stark       mittelmäßig       wenig

**9. Mir war es wichtig mein ExpertenInnenwissen gut vorzubereiten, um dies meinen Mitschülern/innen gut vermitteln zu können.**

sehr wichtig       wichtig       wenig       überhaupt nicht wichtig

**10. Gab es in deiner Gruppe einen Experten/Expertin, dessen/deren Kompetenzen deiner Meinung nach nicht ausreichend waren?**

ja       nein

Wenn ja, wo waren Defizite: \_\_\_\_\_

**11. Welche Schulnote würdest du dir selbst für dein Engagement während des Gruppenunterrichts geben?**

1       2       3       4       5

**12. Wie leicht war es für dich, dich aktiv am Unterricht zu beteiligen?**

sehr leicht       leicht       teils/teils       schwierig

**13. Wie gut, glaubst du, hast du dein erworbenes Expertenwissen an deine Mitschüler/innen weitergeben können? Gib dir selbst eine Schulnote**

1       2       3       4       5

**14. Beim Unterrichten fühlte ich mich...(Mehrfachnennung möglich)**

Sehr wohl       wohl       schlecht       nervös  un-  
vorbereitet       gut vorbereitet       überfordert

Sonstige: \_\_\_\_\_

***Danke für Deine Mitarbeit***

## A.10 Anhang Geretschläger

Lernunterlagen für die Schüler/innen zum Thema Laser (Geretschläger)

### THEMA A: LASER – Funktionsprinzip

Atome können durch Energiezufuhr zur Lichtaussendung angeregt werden. Beim Laser erfolgt die Anregung der Atome durch Strahlung. Die Strahlung bewirkt, dass die Atome in den angeregten Zustand versetzt werden. Dabei kommen die Elektronen der Atome in höhere Energieniveaus. Unter normalen Umständen geben die Atome die Energie innerhalb sehr kurzer Zeit wieder als Licht ab. Beim Laser ist die Zeitspanne zwischen Anregung und Lichtabgabe deutlich größer. Dies funktioniert so:

Zunächst werden durch einen Lichtblitz viele Atome in den angeregten Zustand versetzt. Man sagt „optisches Pumpen“ dazu. Die angeregten Atome geben nun einen kleinen Teil der Energie ab. Dadurch kommen ihre Elektronen auf ein etwas niedrigeres Energieniveau, wo sie längere Zeit bleiben.

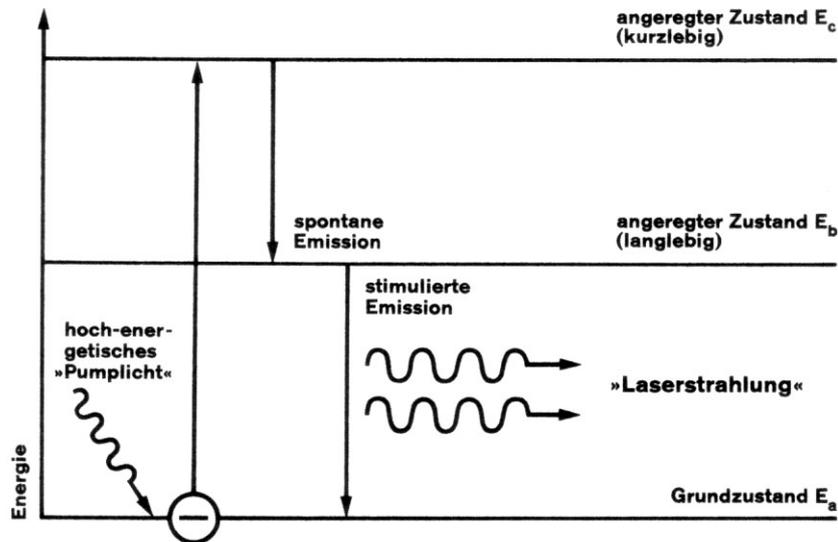
Da jetzt mehr Atome im angeregten Zustand sind als im Grundzustand spricht man von Besetzungsumkehr oder Besetzungsinversion. Wenn nun eines dieser angeregten Atome seine Energie als Licht abgibt, wandert das Licht durch den Laserkristall und trifft auf angeregte Atome. Diese geben nun ebenfalls Licht ab. Das besondere dabei ist, dass die Lichtabgabe im Gleichtakt mit dem ankommenden Licht geschieht. Die ankommende Lichtwelle und die ausgesandte Lichtwelle haben nicht nur die gleiche Frequenz, sondern es fallen auch die Wellenberge zusammen. Licht mit dieser Eigenschaft heißt monochromatisch und kohärent.

*Monochromatisch* ist Licht, wenn alle Wellenzüge die gleiche Wellenlänge haben. Es ist daher einfärbig.

*Kohärent* sind Wellenzüge, wenn sie untereinander immer um die gleiche Strecke verschoben sind. Wenn zum Beispiel immer Wellenberg auf Wellenberg trifft. In diesem Fall ist die Verschiebung 0 oder eine Wellenlänge oder 2 Wellenlängen ....usw.

Um möglichst viele angeregte Atome zur Lichtaussendung zu bringen, gibt man den Laserkristall zwischen zwei Spiegel. So wird das Licht mehrmals hin- und herreflektiert und es werden sehr viele Atome zur Lichtaussendung gebracht. Man spricht vom Resonator, weil durch die beiden Spiegel die Strahlung, wie durch einen Resonanzkörper verstärkt wird. Einer der beiden Spiegel ist teilweise durchlässig. Durch ihn kommt das Licht heraus, das wir sehen. Insgesamt kommt es zu einer extremen Verstärkung des Lichtes. Daher ist die Bezeichnung LASER die Abkürzung für

Light **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation,  
was Lichtverstärkung durch angeregte Aussendung von Strahlung heißt.  
Folgende Graphik verdeutlicht den Zusammenhang.



Energieniveau-Diagramm für die Entstehung von *Laser*-Strahlung.

Quelle: W. R. Fuchs, Knaurs Buch der Elektronik (1974)

Fragen:

Was ist optisches Pumpen? Wie geht es vor sich? Was passiert dabei in den Atomen?

Was versteht man unter Besetzungsinversion? Wie wird sie beim Laser erreicht?

Was führt zur Verstärkung des Lichts?

Stelle das Funktionsprinzip anhand eines Diagramms dar.

Wie erreicht man, dass möglichst viele Atome zur Lichtabgabe angeregt werden?

Was bedeutet die Abkürzung LASER?

Was versteht man unter monochromatischem Licht?

Was ist kohärentes Licht?

Was ist der Resonator?

## **THEMA B: LASER – Anwendungsübersicht**

Laser können für eine kaum überschaubare Fülle von Aufgaben eingesetzt werden. Sie sind zu unentbehrlichen Hilfsmitteln in Industrie, Forschung und Wissenschaft, auf dem Kommunikationssektor, in Medizin, Militärtechnologie und vielen Bereichen der Kunst geworden.

### **1. Laser in der Industrie**

Die Strahlen sehr starker Laser können gebündelt und auf einen sehr kleinen Punkt mit enormer Leistungsdichte konzentriert werden. Dementsprechend kann mit derart gebündelten Strahlen ein bestimmtes Material präzise erhitzt, geschmolzen oder verdampft werden. So können Laser z. B. eingesetzt werden, um Löcher in Diamanten zu bohren, um Maschinenteile auszuformen, um Bauteile der Feinelektronik abzustimmen, zur Wärmebehandlung von Halbleiterchips, zum Zuschneiden von Modeschnittmustern, zur synthetischen Herstellung neuartiger Materialien und für den Versuch, kontrollierte Kernfusion in Gang zu setzen. Die lichtintensiven Kurzzeitpulse, die mit Lasern erzeugt werden können, ermöglichen Hochgeschwindigkeitsphotographie mit Belichtungszeiten von weniger als einer billionstel Sekunde. Die in hohem Maß richtungstreuen Laserstrahlen werden auch zur Ausrichtung im Straßen- und Hochbau eingesetzt. Mit Hilfe von Lasern gelingt mittlerweile auch die Gravur und Verzierung von Glasobjekten.

Man benutzt Laser auch, um Bewegungen der Erdkruste zu beobachten sowie für Aufgaben der Erdvermessung und des Vermessungswesens allgemein. Laser zählen zu den besten Instrumenten für die Bestimmung mancher Formen von Luftverschmutzung. Darüber hinaus dienen Laser der genauen Vermessung des Abstands von der Erde zum Mond und bei Versuchen zur Relativitätstheorie. Sehr schnelle lasergesteuerte Schalter für den Einsatz in Teilchenbeschleunigern werden gegenwärtig entwickelt, und man beherrscht bereits Methoden, eine kleine Anzahl von Atomen in einer Vakuumatmosphäre mit Laserstrahlen auf einer festen Position zu halten, um genauest mögliche Studien an ihren Spektren durchzuführen.

### **2. Laser in Forschung und Wissenschaft**

Weil Laserlicht ein hohes Maß an Richtungstreue (geringe Strahlaufweitung) bietet und monochromatisch ist (also äußerst farbrein), können schon geringste von bestimmten Materialien verursachte Lichtstreuungseffekte oder minimale Frequenzverschiebungen ohne großen Aufwand nachgewiesen werden. Durch Messung solcher Veränderungen konnten Wissenschaftler erfolgreich molekulare Strukturen untersuchen. Mit dem Einsatz von Lasern war es möglich, die Lichtgeschwindigkeit mit einer zuvor unerreichten Genauigkeit zu bestimmen, chemische Reaktionen können mit ihrer Hilfe gezielt in Gang gesetzt werden, und das Vorhandensein von Spurenelementen in Analyseproben lässt sich genau feststellen.

Laser kommen ebenfalls zur Untersuchung chemischer Reaktionen oder zur Erforschung von Prozessen im Innern des Atomkerns zum Einsatz. Bei diesen Experimenten nutzt man Laserpulse, die eine Dauer von milliardstel Sekunden (und noch kürzer) besitzen. So konnte beispielsweise 1999 der Übergangszustand einer chemischen Reaktion mittels einer Ultrahochgeschwindigkeitskamera photographisch festgehalten werden, die mit Laserpulsen im Femtosekundenbereich ( $10^{-15}$  Sekunden) arbeitet. Noch kürzere Pulse konnten Experten von der TU Wien Ende 2001 produ-

zieren. Dem Team gelang es, Pulsdauern im Attosekundenbereich ( $10^{-18}$  Sekunden) zu erzeugen.

### **3. Laser in der Kommunikation**

Laserlicht kann im Weltraum große Entfernungen durchlaufen, ohne in seiner Signalstärke nennenswert abgeschwächt zu werden. Aufgrund seiner hohen Frequenz kann Laserlicht beispielsweise das Tausendfache dessen an Fernsehprogrammen übertragen, was derzeit mit Mikrowellen möglich ist. Daher sind Laser ideale Kommunikationsmedien im Weltall. Zur irdischen Kommunikation über Telefone oder in Computersystemen wurden zur Übertragung von Laserlicht verlustarme optische Fasern entwickelt. Lasertechniken werden auch zur Informationsaufzeichnung mit hoher Speicherdichte benutzt. Zum Beispiel erleichtert die Lasertechnik das Aufzeichnen eines Hologramms, aus dem mit Hilfe eines Laserstrahles ein dreidimensionales Bild zurückgewonnen werden kann.

### **4. Laser in der Medizin**

Intensive gebündelte Laserstrahlen können in Sekundenbruchteilen bestimmte Körpergewebe durchtrennen und ausbrennen, ohne das umliegende gesunde Gewebe zu beschädigen. Laser finden auch Einsatz zum Wiederanbringen der Retina bei Netzhautablösung, um Löcher in Knochen zu bohren und zum Veröden von Blutgefäßen. Für Labortests an kleinen biologischen Proben sind ebenfalls lasergestützte Methoden entwickelt worden.

Für operative Eingriffe im Mund- und Kieferbereich finden spezielle Lasergeräte auch in der Zahnmedizin Anwendung, z. B. zur Behandlung von Zahnfleischerkrankungen oder bei Wurzelbehandlungen.

### **5. Laser in der Militärtechnologie**

Längst gehören Laserleitsysteme für Raketen, Flugzeuge und Satelliten zum Alltag der Militärtechnologie. US-Präsident Ronald Reagan beabsichtigte 1983 für das von ihm favorisierte Weltraum-Verteidigungssystem den Einsatz von Laserstrahlen gegen feindliche Raketen. Die Fähigkeit durchstimmbarer Farbstofflaser, gezielt ein Atom oder Molekül anzuregen, könnte neue Wege zur Isotopentrennung für die Herstellung von Nuklearwaffen eröffnen.

### **6. Laser in der Kunst**

Neben effektvollen Lasershows, bei denen durch Laser Bilder in den Raum oder auf eine Leinwand gezeichnet werden, verwendet man Laser auch zum Reinigen wertvoller Kunstgegenstände.

Fragen:

Nenne 8 Gebiete von industriellem Einsatz des Lasers?

Wie lange sind die kürzesten Laserpulse und wo wurden diese Pulse entwickelt?  
Wozu kann man sie in der Forschung einsetzen?

Wie wird der Laser in der Kommunikation und Informationstechnik verwendet?

Wie wird der Laser in der Medizin eingesetzt?

Hinweis: Der Text wurde nur wenig verändert von Microsoft Encarta übernommen.

# THEMA C: LASER – Typen

Entsprechend dem jeweiligen Arbeitsmedium unterscheidet man grundsätzlich Festkörper-, Gas-, Halbleiter- und Flüssigkeitslaser.

## 1. Festkörperlaser

Die gebräuchlichsten Festkörperlasermedien sind Stäbe aus kristallinem Rubin oder Neodym enthaltenden Gläsern oder Kristallen. Die Enden eines solchen Stabes sind als zwei parallele Flächen ausgeführt und mit einem hochreflektierenden nichtmetallischen Spiegelbelag versehen. Festkörperlaser bieten die höchste Leistungsausbeute. Sie werden üblicherweise in gepulster Betriebsart benutzt, um einen kurzzeitigen intensiven Lichtblitz zu erzeugen. Kurze Pulse in der zeitlichen Größenordnung von  $12 \times 10^{-15}$  Sekunden sind erreichbar und wichtig, um etwa physikalische oder biologische Ereignisse von kürzester Dauer untersuchen zu können. Das optische Pumpen geschieht mittels Xenon-Blitzröhren, Lichtbogen- oder Metaldampflampen. Die Frequenzbandbreite kann in den Infrarot- und Ultraviolettbereich erweitert werden, indem mit Hilfe geeigneter Kristalle die Ausgangsfrequenz des Lasers vervielfacht wird, Frequenzen im Röntgenbereich werden erzielt, indem man Yttrium mit Laserstrahlen beschießt.

## 2. Gaslaser

Das Lasermedium eines Gaslasers kann ein reines Gas, ein Gasgemisch oder Metaldampf sein und befindet sich zu diesem Zweck normalerweise in einem zylindrischen Gefäß aus Glas oder einem Quarzrohr. Die zwei Spiegel, die den Laserresonator bilden, sind außerhalb dieses Gefäßes angebracht. Gaslaser werden mit UV-Licht, Elektronenstrahlen, elektrischem Strom oder über chemische Reaktionen gepumpt. Der Helium-Neon-Laser ist bekannt für seine Frequenzstabilität, Farbreinheit und minimale Strahlaufweitung. Kohlendioxidlaser haben einen sehr hohen Wirkungsgrad und sind mithin die leistungsstärksten Laser für den Dauerbetrieb.

## 3. Halbleiterlaser

Halbleiterlaser sind in ihren Abmessungen die kompaktesten Laser und bestehen aus einem Verbund verschiedener Halbleiterschichten mit unterschiedlichen elektrischen Leitfähigkeiten. Der Resonator ist auf einen sehr kleinen Bereich beschränkt. Die hierzu am häufigsten verwendeten Halbleitermaterialien sind Galliumarsenid, Indiumphosphid und Galliumnitrid. Das Pumpen geschieht durch elektrischen Strom. Halbleiterlaser sind geeignet für den Dauerbetrieb und erreichen Wirkungsgrade über 50 Prozent. Alltagsanwendungen von Halbleiterlasern sind z. B. CD-Spieler und Laserdrucker.

Bei einem herkömmlichen Diodenlaser ist die Wellenlänge des emittierten Laserlichts auf einen kleinen Bereich begrenzt und im Wesentlichen vom Halbleitermaterial abhängig

## 4. Flüssigkeitslaser

Die häufigsten flüssigen Lasermedien sind anorganische Farbstoffe in einem Glasgefäß. Sie werden im Pulsbetrieb mit intensiven Blitzlampen oder im Dauerbetrieb mit einem Gaslaser gepumpt. Die Frequenz eines durchstimmbaren Farbstofflasers kann mit Hilfe eines im Resonatorraum befindlichen Glasprismas eingestellt werden.

*durchstimmbar*: die ausgesandte Lichtfrequenz kann verändert werden

*Resonator, Resonatorraum*: Zum Erreichen hoher Strahlungsintensität befindet sich das Lasermedium zwischen 2 Spiegeln, zwischen denen das Licht oftmals reflektiert wird. Dieser Raum heißt Resonator.

Fragen:

Welche Lasertypen unterscheidet man?

Wie werden mit einem Festkörperlaser Röntgenstrahlen erzeugt?

Wozu verwendet man sehr kurze Laserpulse?

Nenne 2 Gaslasertypen und ihre besonderen Eigenschaften.

Was sind die kleinsten Laser und wo werden sie eingesetzt?

Wie kann ein Farbstofflaser durchgestimmt werden? Was bedeutet „durchstimmbar“?

Kommentar:

Der Text stammt kaum verändert von Microsoft Encarta und enthält viele Fachausdrücke. Welche Auswirkung haben die vielen Detailinformationen auf die Merkbarkeit des Textes?

# THEMA D: LASER – spezielle Anwendungen

## 1. CD Player

Lasertyp:  
Halbleiterlaser

The **total length** of the track is about 5 kilometers (!).

The **total number of pits** is about  $2 \cdot 10^9$  (more than 2 Billion !).

The **width** of each pit is  $0.6 \mu\text{m}$ .

The **length** of each pit is  $0.83\text{--}3.05 \mu\text{m}$ , in 9 discrete steps.

The **depth** of each pit is:  $0.11 \mu\text{m}$ .

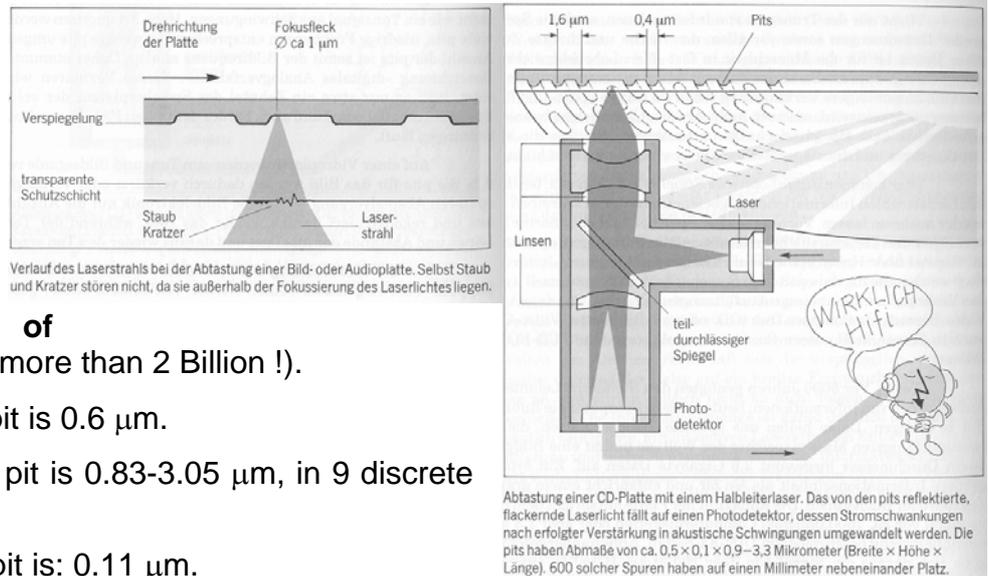
The **distance between adjacent tracks** is  $1.6 \mu\text{m}$ .

The **density of tracks** is about 16,000 **TPI** (Tracks Per Inch), For comparison: human hair covers about 60 tracks.

The wavelength of the Diode laser reading the CD is  $780 \text{ nm}$ .

The spot size of the beam on the reflecting surface of the CD is about  $1 \mu\text{m}$ .

(Pit (engl. für „Grube“) ist eine (datentragende) Vertiefung auf einer Compact Disc)



## 2. Materialbearbeitung

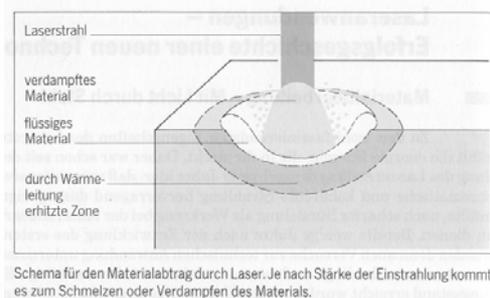
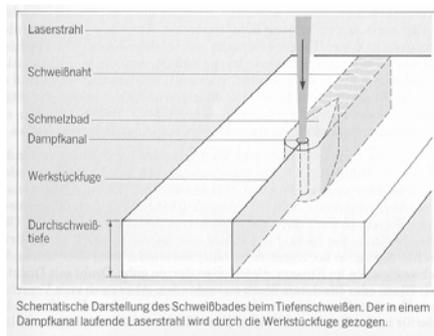
Lasertyp: CO<sub>2</sub>;  
Neodym-YAG-Laser

Vorteile: keine mechanische Beanspruchung des Materials, nur kleiner Bereich wird thermisch beansprucht, bis Durchmesser von  $3 \mu\text{m}$  herab

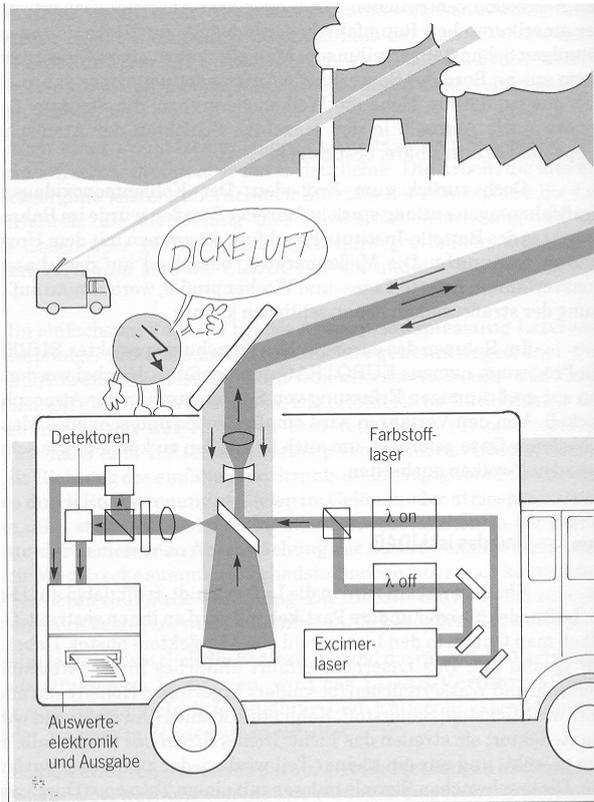
Bohren und Schneiden

Oberflächenbehandlung

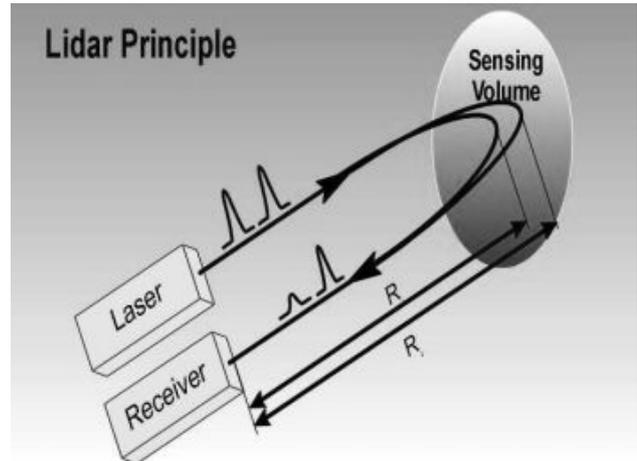
Schweißen



### 3. LIDAR



Prinzipieller Aufbau eines mobilen LIDAR-Meßgerätes und Funktionsweise der LIDAR-Technik: Messung einer Rauchfahne über einer Fabrik bei zwei Wellenlängen ( $\lambda_{on}$ ,  $\lambda_{off}$ ) nach dem DIAL-Prinzip.



Light Detection and Ranging Methode zur Kontrolle der Luftverschmutzung über ca. 100 km Entfernung.

Bestimmte Moleküle in der Luft werden durch 2 unterschiedliche Laserpulse angeregt. Die gestreute Strahlung wird aufgefangen und analysiert.

Fragen:

Skizziere die Abtasteinheit beim CD-Player.

Was bedeutet TPI? Was ist ein PIT?

Welche Wellenlänge wird beim CD-Player verwendet?

Welche Laser finden in Materialbearbeitung Anwendung?

Welche Vorteile hat das Laserschweißen gegenüber dem herkömmlichen Schweißen?

Skizziere den Materialabtrag bei der Bearbeitung durch den Laser.

Wofür steht die Abkürzung LIDAR? Was wird beim LIDAR gemessen? Wie?

Hinweis:

Hier wird die Information als Mischung von englischer Sprache und Deutsch verbunden mit Grafiken dargeboten. Es sollen die Informationen auch in grafischer (nicht sprachlicher) Form wiedergegeben werden können.

## A.11 Texte zum Puzzleunterricht „Das Klima Europas“

### Gruppe A: Hochdruck-, Tiefdruckgebiete und Frontengeschehen

Die Polarfront ist die Kontaktzone zwischen der polaren Kaltluft und der tropischen Warmluft. An der Polarfront wehen die Winde vor allem nach Westen, weswegen die Gegend um diese Breitenkreise (etwa 40. bis 60. Breitenkreis, hier liegt zum Beispiel fast ganz Europa) auch „Westwindzone“ genannt wird. Dies geschieht wegen der Corioliskraft, die auf der Nordhalbkugel der Erde für eine Rechtsablenkung von Strömungen sorgt. Die Luft, die vom subtropischen Hochdruckgürtel (=Rossbreiten) nach Norden in Richtung des subpolaren Tiefdruckgürtels wehen, werden dadurch nach rechts, also nach Osten abgelenkt. In hohen Luftschichten (10-12 km) können diese Winde sehr schnell werden (bis zu 500-600 km/h) und heißen dann Jetstreams. Diese werden auch in der Luftfahrt genutzt, wo der Flug von Amerika nach Europa um Stunden kürzer sein kann, wenn das Flugzeug in einem Jetstream „mitreiten“ kann.

Die Westwinde entlang der Polarfront geraten aus verschiedenen Gründen, die hier nicht erklärt werden, in eine Wellenbewegung. In diesen Wellen entsteht eine Abfolge von Tiefdruckgebieten mit kühleren Luftmassen und Hochdruckgebieten mit wärmeren Luftmassen (siehe Abbildung 1).

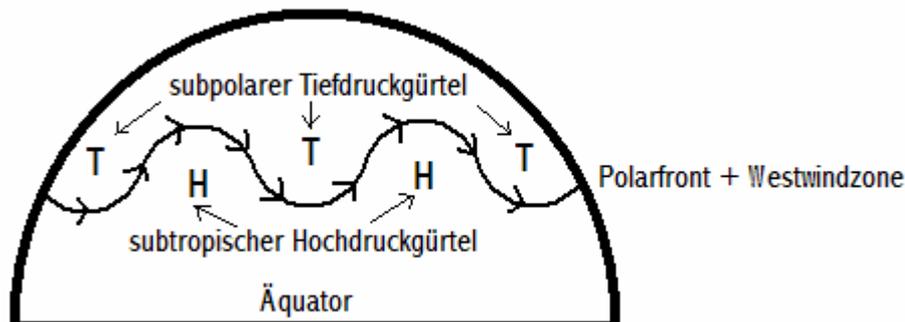


Abbildung 1

Da der Luftdruckunterschied zwischen den Hochs und den Tiefs ausgeglichen werden muss, entstehen hier Winde, die wieder wegen der Corioliskraft von den Hochdruckgebieten weg in einer rechtsdrehenden (= im Uhrzeigersinn) Spirale und zu den Tiefdruckgebieten hin in einer linksdrehenden Spirale (= entgegen dem Uhrzeigersinn = mathematisch positiver Drehsinn) wehen. Solche Tiefdruckgebiete heißen auch Zyklone (von altgriechisch „kiklonas“ = „der Drehende“). Die drehenden Hochdruckgebiete heißen deswegen „Antizyklone“.

Durch die Winde kommen die wärmeren Luftmassen der Hochdruckgebiete mit den kühleren Luftmassen der Tiefdruckgebiete in Kontakt. Diese Kontaktzonen heißen „Fronten“. Wenn sich eine Warmluftmasse wegen des geringeren Gewichts der Warmluft über eine Kaltluftmasse schiebt, so nennt man diese Front „Warmfront“. Wenn sich eine Kaltluftmasse wegen des höheren Gewichts der Kaltluft unter eine Warmluftmasse schiebt, so entsteht eine „Kaltfront“ (Siehe Abbildungen 2 und 3). Da eine Kaltfront sich schneller bewegt als eine Warmfront, kann sie die Warmfront einholen. Es entsteht eine „Okklusionsfront“.

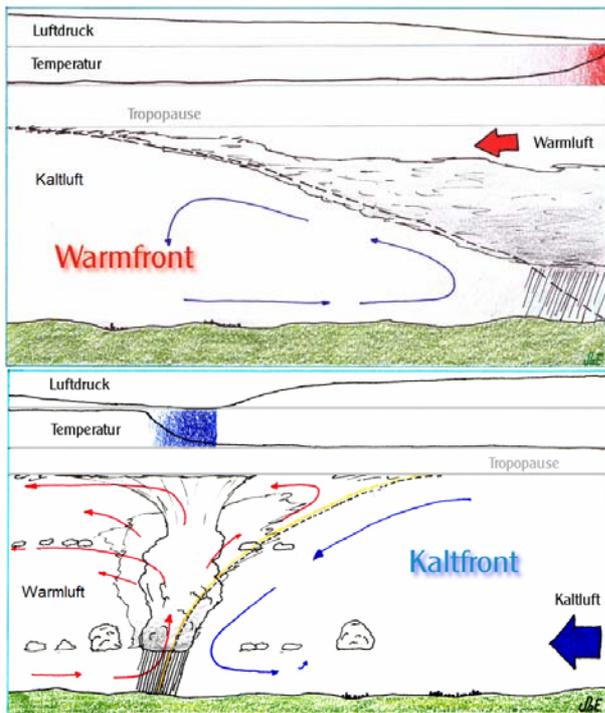


Abbildung 2

Abbildung 3

Ein Tiefdruckgebiet mit einer Kaltfront, einer Warmfront und einer später entstehenden Okklusionsfront sieht dann in der Regel etwa folgendermaßen aus (Abbildung 4):

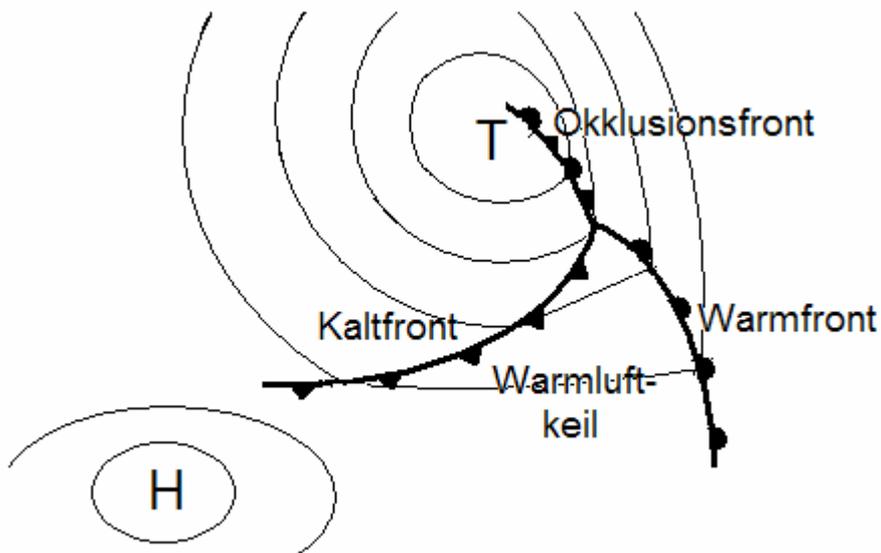


Abbildung 4

Entlang der und unmittelbar hinter den Fronten befinden sich Zonen von Bewölkung und Niederschlag (siehe Abbildungen 2 und 3). Die Wolken einer Warmfront sind meistens „Nimbostratuswolken“ (Schichtregenvolken), die Wolken einer Kaltfront „Cumulonimbuswolken“ (Haufenregenvolken, oft Gewitterwolken).

Die Winde wehen etwa entlang der Isobaren (=Linien gleichen Luftdrucks). Vor der Warmfront herrscht also südlicher Wind vor. Im Wamluftkeil dreht der Wind auf westliche Richtungen. Nach

Durchziehen der Kaltfront wehen die Winde dann aus nordwestlicher Richtung. (Achten Sie darauf, dass Winde nach der Himmelsrichtung benannt werden, aus der sie kommen !).

Während sich das Tiefdruckgebiet durch die Winde auffüllt wird die Okklusionsfront immer länger und der Warmluftkeil immer kleiner. Das Tief löst sich auf.

Artikel aus dem Standard vom 2.3.2006

**Gefahr schwerer Winterstürme in Europa steigt**  
Erwärmung lässt Kraft der Stürme wachsen - vor allem den Nordwesten des Kontinents sieht der WWF betroffen

Gland - Bei einem ungebremsten Ausstoß klimaschädlicher Treibhausgase steigt laut einer Studie der Umweltstiftung WWF die Gefahr schwerer Winterstürme in Europa. Am schlimmsten betroffen wären in den nächsten Jahrzehnten Großbritannien, die Niederlande und Frankreich, wie der World Wild Fund for Nature (WWF) in Gland in der Schweiz mitteilte. Bis zum Ende des Jahrhunderts könne die Zahl der jährlichen Stürme in Großbritannien um 25 Prozent steigen. Dies bedeute zehn zusätzliche Stürme in den 30 Jahren von 2071 bis 2100.

Die vor allem vom klimaschädlichen Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) ausgelöste Erwärmung der Erdatmosphäre führe auch dazu, dass sich immer stärkere Stürme aufbauen könnten, erläuterte der WWF. Um Schäden in Millionenhöhe zu vermeiden, müsse vor allem die Energiebranche den CO<sub>2</sub>-Ausstoß drastisch reduzieren.

Für die Berechnungen wurden den Angaben zufolge Studien über die künftige Sturmentwicklung mit verschiedenen Szenarien zum Ausmaß des Klimawandels zusammengefasst. (APA/dpa)

## Gruppe B: Klima Süd-, West- und Mitteleuropas

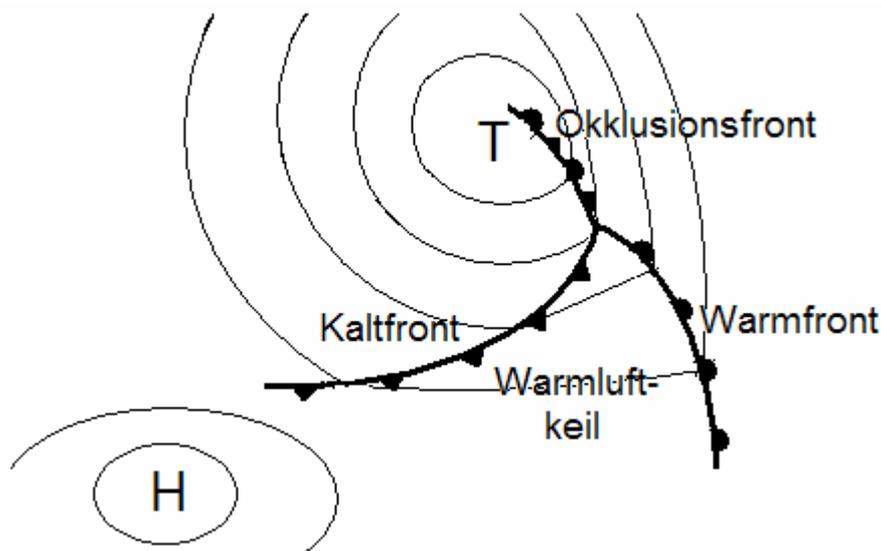
Das Klima Europas wird durch die folgenden Faktoren beeinflusst:

- Lage der Polarfront
- Übergang von ozeanischen zu kontinentalen Lagen
- Konvektionsniederschläge
- Golfstrom

Das Klima Europas wird von Jahreszeiten geprägt. Diese entstehen, weil sich mit dem sich ändernden Einstrahlungswinkel der Sonne auch die Lage der Polarfront ändert. Die Polarfront ist die Kontaktzone zwischen der polaren Kaltluft und der tropischen Warmluft. Sie liegt im Sommer eher nördlich, weil die tropische Warmluft mit dem Zenitalstand der Sonne (=Breitenkreis, bei dem die Mittagssonne im rechten Winkel auf die Erdoberfläche scheint) nach Norden wandert. Grund für diese Wanderung ist die Schiefe der Ekliptik von  $23.5^\circ$ , die dazu führt, dass der nördlichste Zenitalstand der Sonne bei  $23.5^\circ$  nördlicher Breite liegt (=nördlicher Wendekreis). Dasselbe gilt natürlich auch für die Südseite der Erdkugel.

Mit der wandernden Polarfront wandern auch die an ihr liegenden Hochdruckgebiete und Tiefdruckgebiete mitsamt den Kalt-, Warm- und Okklusionsfronten im Jahresverlauf nach Norden (Sommer) und Süden (Winter). Im Winter reichen die Fronten bis in den Mittelmeerraum und verursachen hier die Winterniederschläge des Mittelmeerklimas, das sich im Sommer durch Trockenheit auszeichnet. Weiter nach Norden wird die „frontenfreie Zeit“ immer kürzer. Dabei sind die Alpen und die Pyrenäen eine zusätzliche Klimabarriere. Im Hochsommer ziehen sich die Fronten so weit in den Norden zurück, dass es in Mittel- und manchmal sogar in Nordeuropa mehrere Wochen ohne Niederschläge aus Fronten geben kann.

Die Tiefdruckgebiete ziehen mitsamt ihren Fronten ostwärts über Europa hinweg. Sie entstehen meist über dem Atlantik bei Island („Islandtief“). Über Sibirien ist das Tiefdruckgebiet meist von den Winden aufgefüllt und verschwindet. Sibirien wird deshalb auch als „Zyklonenfriedhof“ bezeichnet (Zyklon = sich drehendes Tiefdruckgebiet).



Trotzdem sind die Niederschläge von der Menge her in Mittel- und Nordeuropa im Sommer höher als im Winter. Das liegt an den so genannten Konvektionsniederschlägen, die durch Aufsteigen der von der Sonne aufgeheizten feuchten Luft der bodennahen Schichten entsteht. Da sich Luft beim Aufstei-

gen abkühlt und dadurch die relative Luftfeuchtigkeit ansteigt, wird der Taupunkt erreicht und es entstehen die sommerlichen hohen Haufenwolken mit Gewittern (Cumulonimbuswolken: lateinisch „cumulus“ = Anhäufung, lateinisch „nimbus“ = Regenwolken) in der dafür typischen Ambossform.

Natürlich ändert sich das Klima von Süden nach Norden, indem es kälter wird und die Sommerniederschläge zunehmen. Das Klima ändert sich aber auch von Westen nach Osten. Durch die Nähe des Atlantiks ist das Klima im Westen ozeanisch. Das bedeutet, dass es im Sommer warm und im Winter kühl ist. Außerdem sorgt die Nähe des Meeres für höhere Niederschläge. Allerdings ist die Wahrscheinlichkeit von Sommergewitterniederschlägen im gemäßigteren Westen wesentlich niedriger als im kontinentalen Osten, weswegen die ozeanischen Gegenden ihr Niederschlagsmaximum oft sogar im Winter haben.

Je weiter man nach Osten kommt und sich vom Atlantik entfernt, desto trockener wird das Klima. Durch die wegfallende ausgleichende Wirkung des Ozeans sind die Sommer heiß und die Winter kalt. Das Klima wird also nach Osten hin immer kontinentaler.

Einen weiteren Einfluss auf das Klima Europas hat der Golfstrom. Er ist ein warmer Meeresstrom, der von der warmen Karibik (Golf von Mexiko) quer über den Atlantik und schließlich entlang der Westküste Europas an Portugal, Spanien, Frankreich, Großbritannien, Irland und Island und schließlich an Norwegen vorbei verläuft. Im Europäischen Nordmeer sinkt das jetzt abgekühlte Wasser dann in die Tiefe ab und fließt wieder nach Süden in den Atlantik zurück. Der Golfstrom transportiert mehr als 100-mal soviel Wasser wie alle Flüsse der Erde zusammen und damit pro Jahr eine Energie von 30000 Exajoule. Das ist etwa 70-mal so viel wie der Gesamtenergieverbrauch der Menschen auf der ganzen Welt. Diese Energie führt dazu, dass es in Europa viel wärmer ist als in anderen Teilen der Welt, die ähnlich weit im Norden liegen, wie zum Beispiel etwa Kanada.

Die Zukunft des Golfstromes ist durch die Klimaerwärmung ungewiss. Es gibt Wissenschaftler, die befürchten, dass durch das Abschmelzen der Eismassen um den Nordpol und das Auftauen der Permafrostböden der Tundra in Russland so viel im Vergleich zum Meerwasser schweres Süßwasser in den Nordatlantik gelangt, dass das Absinken des hier angekommenen leichteren, weil salzhaltigen Golfstromwassers gestoppt wird. Dadurch könnte der gesamte Golfstrom aufgehalten werden. Das könnte dazu führen, dass trotz der weltweiten Erwärmung in Europa eine Abkühlung des Klimas erfolgt. Das ist aber bisher nur eine Theorie.

Artikel aus dem Standard vom 1.12.2005

### **Golfstrom stark abgeschwächt** Erste Indizien für Horrorszenario

London/Montreal - Die gewaltige atlantische Meeresströmung, die Nordeuropa mildes Klima bringt, verlangsamt sich. Was Computerprogramme seit Jahren vorhersagen und Hollywood als Vorlage für Katastrophenfilme dient, haben Messungen britischer Forscher nun bestätigt.

Das Strömungssystem, das wie eine riesige Umwälzpumpe warmes Wasser in den Nordatlantik bringt und kälteres Wasser wieder in südlichere Breitengrade transportiert, habe sich seit 1957 um etwa 30 Prozent abgeschwächt. Das berichten der Ozeanograph Harry Bryden und Kollegen vom britischen Zentrum für Ozeanographie in Southampton im Fachmagazin "Nature".

Sein Team untersuchte dazu Wasserproben, die 1957, 1981, 1992, 1998 und 2004 entlang des 25. Breitengrades in verschiedenen Wassertiefen entnommen wurden. Sie fanden zwar keine direkte Veränderung des Golfstroms, dessen warmes Wasser sich in geringer Tiefe nordwärts bewegt, stellten aber fest, dass sich die Umwälzbewegung verlangsamt hat. Damit droht Europa eine massive Abkühlung. Die 30-Prozent-Schätzung ist jedoch unpräzise.

Fachleute in den USA sahen sich am Mittwoch zu eindringlichen Warnungen veranlasst: Die Hurrikan-Saison 2006 könne mindestens so arg werden wie die diesjährige. Und die war die schlimmste seit 154 Jahren. Der Tropensturm "Delta" hat inzwischen schwere Schäden auf der Kanareninsel Teneriffa, vor allem in der Hauptstadt Santa Cruz, angerichtet. (dpa, Reuters, DER STANDARD, Print, 1.12.2005)

Gekürzter Artikel von der Homepage des hessischen Rundfunks [www.hr-online.de](http://www.hr-online.de) vom 21. April 2004:

#### Unfruchtbare Erde: Wenn Acker zu Wüsten werden

Weltweit ist bereits ein Drittel der Landfläche für eine landwirtschaftliche Nutzung verloren, schätzen die Vereinten Nationen. Der Grund dafür ist die rapide zunehmende Wüstenbildung auf unserem Planeten. Ein hausgemachtes Problem: Jährlich fallen 100 000 Quadratkilometer der Trockenheit zum Opfer - und auch Europa ist bedroht. (...)

Regenmangel führt zu Trockenheit. In der Folge verwandeln sengende Sonnenstrahlen fruchtbare Böden in feinen Staub. In dieser Form sind sie schutzlos dem Wind ausgeliefert und werden weggeweht. Was auch ein natürlicher Vorgang ist, wird durch den menschlichen Einfluss allerdings ganz extrem beschleunigt. Desertifikation nennt man diese, durch Menschen ausgelöste Verwandlung von Trockengebieten in lebensfeindliche Wüsten. (...)

Immer weiter nach Norden wandert die 'Versandung' unseres Planeten. Verstärkt wird sie durch die globale Erwärmung der letzten Jahre. Zunehmend verwandeln sich nun Gebiete in Wüsten zurück, die in längst vergangenen Warmphasen der Erdgeschichte schon einmal Wüsten waren. "Wir finden beispielsweise Ablagerungen in Spanien, die sich auf große, wüstenähnliche Gebiete beziehen lassen. Auch in Anatolien, bis hin zum osteuropäischen Raum des heutigen Rumänien und der Slowakei gab es Wüsten", erklärt Expertin Böhme in Abenteuer Erde. "Alle diese Gebiete leiden auch heute unter einem sehr trockenen Klima und sind von der Desertifikation betroffen", warnt die Geologin. (...)

## Gruppe C: Das Klima Österreichs

Österreich liegt im Einflussbereich von drei großräumigen Luftströmungen:

1. Die vorherrschenden Westwinde bringen feuchte Luftmassen vom Nordatlantik vor allem in die Gebiete der Nordalpen und des Alpenvorlandes.
2. Die südlichen und südöstlichen Gebiete Österreichs sind von den Luftmassen des Mittelmeeres beeinflusst. Dies wirkt sich oft in sommerlicher Trockenheit aus und ist dort Ursache eines zweiten Niederschlagsmaximums im Herbst.
3. Mit den Nord- und Ostwinden werden kontinentale Luftmassen aus Osteuropa vor allem in die nördlichen und östlichen Landesteile gebracht.

Der Einfluss dieser Luftströmungen wird vom Relief stark mitbestimmt. So ergeben sich in Österreich vier größere Klimaregionen, die aber noch weiter untergliedert werden können.

### Alpine Klimaregion

Im Bereich der Alpen wird das atlantische Klima durch das Relief und durch die Höhenlage stark verändert: Wenn die von Westeuropa heranströmenden Wetterfronten zu den Nordalpen gelangen, verursachen sie an der Luvseite ergiebige Steigungsregen, während die Leeseite im Windschatten der Gebirge durch die absteigende und sich erwärmende Luft begünstigt ist. Wenn die Luftmassen bis zur Hauptkette der Zentralalpen vordringen, werden sie noch um etwa 1 000 m zusätzlich angehoben. Dies bewirkt einen weiteren starken Stau- und Abkühlungseffekt. So fallen in der Höhe wesentlich mehr Niederschläge als im Tal.

Wie in jedem Hochgebirge ist auch in den Alpen die Temperaturabnahme mit der Höhe zu beobachten - im Mittel etwa um ein halbes Grad je 100 Höhenmeter. Dadurch wird die Vegetationsperiode verkürzt; anspruchsvolle Pflanzen können nicht mehr gedeihen. Die Temperaturabnahme mit der Höhe wirkt sich also auf das Pflanzenkleid und somit auf die landwirtschaftliche Nutzung aus.

Im Winter kann es jedoch vorkommen, dass die Temperaturen im Gebirge höher sind als im Tal (Inversionswetterlage): In den inneralpinen Tälern entstehen vor allem bei Hochdruckwetterlagen Kälteseen, die sich lange halten. Dazu legen sich Nebeldecken oder zumindest Dunstschleier über die Täler, hemmen den Luftaustausch und halten so umweltbelastende Schadstoffe zurück.

### Atlantisch beeinflusste Klimaregion

Die atlantisch beeinflusste Klimaprovinz reicht vom Bodenseeraum über das westliche Alpenvorland bis zum Westteil des Granit- und Gneis-Hochlandes (Mühlviertel), zum Teil bis zum Wienerwald. Die Westwetterfronten können hier ungehindert durchziehen und bringen dabei hohe Niederschläge, die nach Osten allmählich abnehmen (1 300 mm Jahresniederschläge im Salzburger Flachgau, 600 mm am Rand des Tullner Beckens). Schon geringe Höhenunterschiede wirken sich auf die Intensität der Niederschläge aus, so fallen im Hausruck und im Strengberger Hügelland mehr Niederschläge als in der tiefer liegenden Umgebung.

### Pannonische Klimaregion

Im Granit- und Gneis-Hochland geht das kühlere, "raue" noch atlantisch beeinflusste Klima in das wärmere pannonische Klima über.

Die Gebiete im Nordosten und Osten Österreichs, wie das östliche Waldviertel, das Weinviertel, das Wiener Becken und das nördliche Burgenland, weisen als gemeinsames Klimamerkmal vor allem relativ geringe Niederschläge und austrocknende Winde auf.

Im Winter herrschen hier Winde aus dem Norden und Nordwesten vor. In Senken und Talbecken kommt es häufig zu Strahlungsfrösten.

Im östlichen Hügelland sinken die Jahresniederschläge auf unter 600 mm. Die Westwinde bewirken zum Beispiel im Marchfeld kaum mehr ergiebige Niederschläge. Die vorherrschende Südostströmung

aus dem pannonischen Raum bringt im Winter kontinentale Kaltluft, was häufig Nebel hervorruft; im Sommer dagegen bringt sie heiÙe und trockene Luftmassen.

#### Illyrische Klimaregion

Die Gebiete im Südosten des Bundesgebietes, von Unterkärnten über die Oststeiermark bis zum südlichen Burgenland, liegen im Windschatten des Alpenkörpers. Dadurch ist die Wirkung der atlantischen Niederschlagsfronten bereits sehr abgeschwächt. Tiefdrucksysteme, die von der Adria über den Alpenostrand nach Nordosten zur Mährischen Pforte wandern, bringen häufig feuchte Luftmassen, die ungehindert in die Buchten des Randgebirges eindringen können. Dadurch treten oft sehr starke Niederschläge auf. Auch ist die jährliche Niederschlagsverteilung deutlich in Richtung Herbst verschoben.

Bemerkenswert ist die hohe Gewitterhäufigkeit in diesem Gebiet, wobei vor allem das Umland von Weiz am stärksten betroffen ist. Hier treten im Mittel an 40 Tagen des Jahres Gewitter auf. Die Wahrscheinlichkeit von Hagelschlag liegt bei 5 bis 7%, was oft katastrophale Folgen mit sich bringt.

Der gesamte Südosten Österreichs leidet häufig unter Unwettern, Überschwemmungen und Hagelschlag.

#### Klimaänderung auch für Österreich

Wie eine Studie der Österreichischen Akademie der Wissenschaften darlegt, werden sich die Zerstörung der Ozonschicht und die Verstärkung des Treibhauseffektes auch auf Österreich auswirken. Die Studie geht davon aus, dass in der Mitte des 21. Jahrhunderts doppelt so viele Treibhausgase (Kohlendioxid, Methan, Stickoxide, Kohlenwasserstoffe) emittiert werden wie heute. Schon in den nächsten Jahrzehnten wird die Temperatur um zwei Grad im Jahresmittel, im Winter sogar um drei Grad ansteigen. Im Winter nehmen die Niederschläge um zehn bis zwanzig Prozent zu, im Sommer gehen sie zurück.

Die zu erwartenden Klimaveränderungen werden spürbare Auswirkungen auf den Wasserkreislauf, die Vegetation, die Tierwelt und nicht zuletzt auf den Menschen und die Wirtschaft haben. Große Nachteile bedrohen den Wintertourismus: Die Schneedecke verschwindet 10 bis 20 Tage früher, und Skigebiete unter 1 000 Meter werden unwirtschaftlich.

Gekürzter Artikel von [www.wissenschaft-online.de](http://www.wissenschaft-online.de) vom 3.12.2003

## Klimawandel: Viele Wintersportorte vor dem Aus

Dem Wintersport in den Alpen droht wegen des Klimawandels vielerorts das Aus. In den kommenden Jahrzehnten dürften aus Schneemangel die Skilifte häufig stehen. Zu diesem Schluss kommt eine Studie des UN-Umweltprogramms UNEP, die gestern bei einem Sportkongress in Turin vorgestellt worden ist.

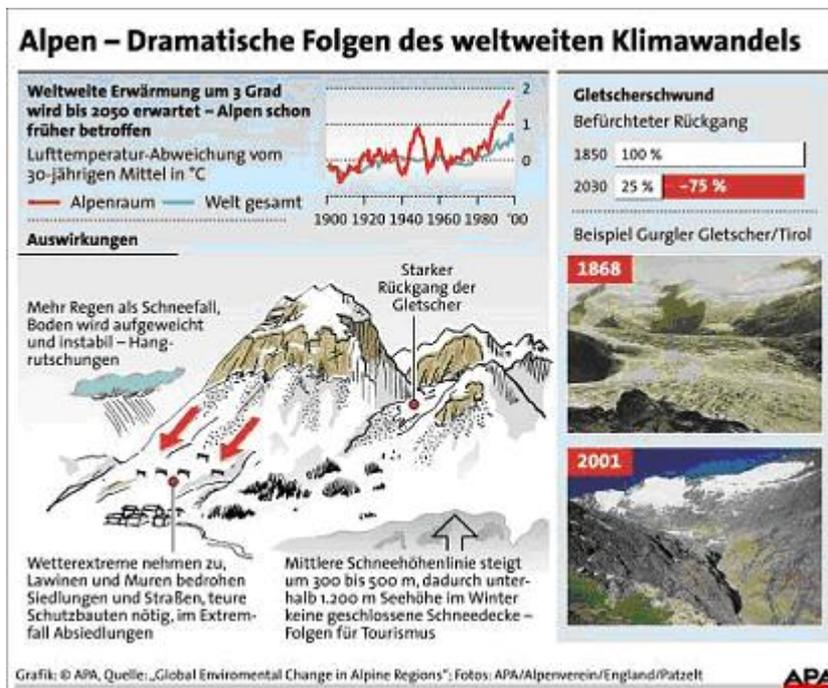
Rolf Bürki, Hans Elsasser und Bruno Abegg von der Universität Zürich nennen das in nur 760 Metern Höhe gelegene Kitzbühel in Tirol als das prominenteste mögliche Opfer des Klimawandels. Deutschland und Österreich wären besonders betroffen, weil viele Wintersportorte recht tief lägen. Auch die Skigebiete im Schwarzwald und im Allgäu seien akut gefährdet. In der Schweiz könnte jeder zweite Wintersportort die Folgen der Klimaerwärmung stark zu spüren bekommen.

Selbst die Erzeugung von Kunstschnee könne auf Grund der steigenden Temperaturen immer schwieriger werden. In Österreich werde etwa die Schneefallgrenze in den nächsten 30 bis 50 Jahren um 200 bis 300 Meter steigen, hieß es.

Das Ausweichen auf Gletscher sei nur bedingt möglich. Diese seien im vergangenen Jahrhundert deutlich zurückgegangen. In der Schweiz sei bis 2030 mit einem weiteren Rückgang der Gletscher um weitere 20 bis 70 Prozent zu rechnen. Auch Umweltgründe wie die Gefahr von Erdbeben und die Schwierigkeiten beim Bau neuer Seilbahnen wurden genannt. Außerdem sei mit einer Zunahme von Schneelawinen in mehr als 2000 Metern zu rechnen. Dies würde ein erhöhtes Risiko für Skifahrer bedeuten, hieß es.

Als Grundlage für die Studie wurden die Temperaturvorhersagen internationaler Experten herangezogen. Demnach wird bis zum Jahr 2100 die durchschnittliche Temperatur um 1,4 bis 5,8 Grad Celsius steigen, falls keine deutliche Senkung des Ausstoßes von Treibhausgasen wie Kohlendioxid erreicht werden sollte.

(...) © dpa



## Gruppe D: Taiga und Tundra

Das Klima in Osteuropa ist stark kontinental geprägt. Heißen Sommern stehen also kalte Winter gegenüber und die Niederschläge fallen eher gering aus. Diese Kontinentalität nimmt gegen Osten hin immer weiter zu. In Ostsibirien ist es diesbezüglich am extremsten. Ostsibirien ist so weit vom Atlantik entfernt, dass die Tiefdruckgebiete mit ihren Fronten, die aus Westen kommen, praktisch keine Feuchtigkeit mehr mit sich führen. Außerdem wurden die Zykclone (=sich drehende Tiefdruckgebiete) auf ihrem langen Weg über Europa, den Ural und Sibirien hinweg von Winden aufgefüllt, sodass die Luftdruckunterschiede praktisch hier ausgeglichen sind. Deshalb spricht man bei Sibirien auch von einem „Zyklonenfriedhof“.

Das Gebiet von Sibirien bis in die nördlichen Teile Skandinaviens wird durch zwei Vegetationstypen beherrscht: die Taiga und die Tundra.

Der südlichere Teil (etwa von 50. bis zum 60. Breitenkreis) ist die Taiga. Diese ist ein riesiger Nadelwald, der die größte zusammenhängende Waldfläche der Erde darstellt. Die Bäume wachsen hier wegen der kurzen Vegetationsperiode (= Zeit des Jahres, in der die Lufttemperatur und der Niederschlag ein Pflanzenwachstum ermöglichen) und des wenig nährstoffreichen Bodens nur sehr langsam. Die Bäume werden mehrere hundert Jahre alt, sind aber deutlich kleiner als die Bäume Mitteleuropas. Die russische Taiga ist heute von großflächiger Abholzung bedroht. Neben der Holz- und Papierindustrie sind Bergbauunternehmen, die die Rohstoffe Sibiriens abbauen wollen, die größten Waldroder. Wegen des langsamen Baumwachstums und der schnellen Bodenzerstörung dauert es eine Neuentstehung der Taiga an diesen Stellen fast unmöglich. Heute schätzen Wissenschaftler die Bedeutung der „borealen Nadelwälder“ (=Sammelbegriff für alle Nadelwälder der subpolaren Zone, also auch der Wälder in Kanada) für das Weltklima als Sauerstoffproduzent und Binder von Kohlendioxid als ähnlich hoch oder sogar höher ein als die Bedeutung der tropischen Regenwälder.

Zwei Drittel der Borealen Nadelwälder stehen auf Permafrostboden (=Dauerfrostboden). Permafrostboden ist ab einer gewissen Tiefe das ganze Jahr hindurch gefroren. Große Permafrostgebiete finden sich auf der Erde in den Gebieten mit arktischem und antarktischem Einfluss. Geographisch gesehen handelt es sich um große Teile Nordkanadas, Alaskas, Grönlands und Ostsibiriens. Nach Süden reichen einige Permafrostgebiete bis in die Mongolei. Allerdings kommen solche Böden auch im Hochgebirge wie in den Alpen vor. Permafrost dringt dabei unterschiedlich tief in den Untergrund: In Nordrussland erreicht der Permafrost Tiefen von bis zu 1.450 Meter Bodentiefe, in Skandinavien sind es lediglich 20 Meter.

Erst im Frühsommer taut er oberflächlich (in einer Tiefe von 0,5 - 1 m) auf und neigt zur Versumpfung. Die Wurzelmasse der Bäume ist daher kaum tiefer als 20 - 30 cm im Boden verankert. Da sich die Nadeln nur sehr langsam (350 Jahre, hundertmal so lang wie in unseren Laubwäldern) zersetzen, bildet sich eine, einen halben Meter dicke Streuauflage, die den Dauerfrost-Untergrund gegen sommerliche Sonneneinstrahlung schützt. Wird diese Streuauflage durch Waldbrände zerstört, so bilden sich sumpftartige Seen von 10 - 50 ha Fläche, auf denen der Wald nicht mehr Fuß fassen kann.

Das oberflächliche Auftauen der Böden bereitet viele Probleme für den Bau von Gebäuden. Werden Gebäude im Winter auf den gefrorenen Böden gebaut, kann es passieren, dass diese durch das Auftauen wieder einstürzen. In Gebieten mit Permafrostböden werden deshalb Gebäude vornehmlich auf Pfählen gebaut, die bis in die permanent gefrorene Tiefe des Bodens reichen und somit auf festem Grund stehen. Außerdem kann Luft den Unterboden des Hauses umströmen und die vom Gebäude abgestrahlte Wärme abtransportieren, ebenfalls um den Boden nicht auftauen zu lassen.

Im Zuge der globalen Erwärmung in Folge des Anstiegs der Konzentration der Treibhausgase in der Erdatmosphäre wurde in den letzten Jahrzehnten eine Nordwärtswanderung der Permafrostgrenze beobachtet. Die Folgen sind Schäden an Straßen und Häusern, die dort, wo der Permafrost auftaut, nun auf Morast stehen. Langfristig wird ein Auftauen in noch wesentlich größerem Ausmaß befürchtet, da die Klimamodelle eine weit überdurchschnittliche Erwärmung in der Arktis voraussagen. Einige Wissenschaftler befürchten, dass es zu einer positiven Rückkopplung kommen könnte, da in den dauerhaft gefrorenen Böden als Biomasse gebundener Kohlenstoff in großen Mengen vorliegt, der nach

dem Abtauen und Abbau der Biomasse als Treibhausgas Kohlendioxid an die Atmosphäre abgegeben werden könnte. Weiters würden aus den Permafrostböden Sümpfe, aus denen Methan in die Atmosphäre entweichen könnte, wobei die klimaschädliche Wirkung von Methan 32-mal stärker ist als die von CO<sub>2</sub>.

Gegen Norden hin wird der Wald immer seltener und geht schließlich in die baumlose Tundra über. Hier herrscht überall der Permafrostboden vor. Die Vegetationsperiode ist extrem kurz, die Winter sehr lang und dunkel (Polarnacht!) und so wachsen fast nur Moose, Flechten (= eine Symbiose aus Pilzen und Algen; sie bilden auf Gestein oder Totholz verschieden gefärbte Krusten und kommen auf der ganzen Welt vor), Gräser und Zwergsträucher.

Artikel von [www.dw-world.de](http://www.dw-world.de) (Homepage des Radiosenders „Deutsche Welle“)

02.10.2005:

### **Neue Gefahr für das Weltklima**

Forscher warnen vor dem Auftauen der jahrtausende alten Dauerfrostböden in West-Sibirien und Alaska - und den möglichen Folgen auf das globale Klima.

Etwa ein Viertel der Erdoberfläche sind dauerhaft gefrorene Böden. Die großen Permafrostgebiete Sibiriens, Alaskas und Kanadas sind seit Jahrtausenden vereist. Kaum eine Region auf der Erde reagiert so empfindlich auf den globalen Klimawandel. Nun schlagen Klimaforscher Alarm: Neue Untersuchungen zeigen, dass in West-Sibirien das ewige Eis schmilzt. Auch wenn diese Permafrost-Schmelze noch in den Anfängen steckt, können die Folgen für Klima, Ökosysteme und Menschen langfristig dramatisch sein. Denn in der auftauenden Moorregion lagern gigantische Mengen Kohlenstoff. Wenn er zu Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) oxidiert oder durch Bakterien in Methan umgewandelt wird, kann er in die Atmosphäre entweichen und die globale Erwärmung weiter beschleunigen.

### **Thermisches Gleichgewicht gestört**

Die Wissenschaftler vermuten, dass das thermische Gleichgewicht in den subarktischen Regionen Westsibiriens durch die globale Klimaerwärmung nachhaltig gestört ist.

Das periodische Auftauen und erneute Gefrieren des ewigen Eises an der Oberfläche ist für sich genommen nicht ungewöhnlich. Das Auftauen des Permafrostes wird oft von "Thermokarst" begleitet, ein Schreckenswort für viele Bewohner der arktischen Regionen. Thermokarst entsteht, wenn der aufgetaute Grund einbricht und eine von Einsturztrichtern zerklüftete, tümpelige Moorlandschaft hinterlässt. Bisher konnte sich der Permafrost in den subarktischen Regionen Westsibiriens aber immer wieder gegen Schmelzvorgänge durchsetzen.

Sergej Kirpotin von der westsibirischen Universität Tomsk fürchtet nun, dass diese Abfolge durchbrochen ist: "Die Permafrost-Schmelze dominiert die Rückbildung des Permafrostes. Das Gleichgewicht des Vereisungszyklus wurde zerstört."

### **Beunruhigende Werte**

Endgültige Aussagen zur Entwicklung der Permafrost-Regionen sind aus heutiger Sicht nicht möglich, da die Zeitreihen der Messungen noch zu kurz sind. Außerdem spiegeln die heutigen Klima-Modelle die tatsächlichen Wechselwirkungen nur unzureichend wider. Dennoch sind die Klimaforscher alarmiert. Der Permafrost-Experte Volker Rachold vom Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung in Potsdam sieht in der möglichen Freisetzung gigantischer Mengen klimaschädlicher Gase eine besondere Gefahr. Das Auftauen von Permafrost habe globale Konsequenzen, weil überall in den gefrorenen Sedimenten Treibhausgase gespeichert seien. "Durch das weiträumige Auftauen von Permafrost könnten diese Treibhausgase freigesetzt werden und das globale Szenario des Treibhausgas-Effekts noch weiter verstärken."

## **Zeichen für Klimaerwärmung**

In den vergangenen 30 Jahren sind die mittleren Temperaturen in Westsibirien um drei Grad Celsius gestiegen. In Alaska dauerte dies nach neuesten Erkenntnissen nur 15 Jahre. Auch diese Werte sind beunruhigend. Setzte sich die Erwärmung der arktischen Regionen fort, drohten dem weltweiten Klima weitere Belastungen, so Volker Rachold.

Allgemein sei die Arktis eines der Schlüsselgebiete, weil sie am sensibelsten und schnellsten auf Klimaänderungen reagiere. Darüber hinaus sei die Arktis eine Region, die einen Einfluss auf das gesamte Klima habe. "Die Arktis ist die Region, in der die globale Zirkulation der Ozeane gesteuert wird. Und diese Ozean-Zirkulation ist das, was unser Klima langfristig stabil hält. Wenn sich die Zirkulation verändert, verschiebt oder zusammenbricht, hat das katastrophale Folgen fürs Klima", erklärt der Forscher aus Potsdam.

## **Wirtschaftliche Konsequenzen**

Aber auch die ökonomischen Folgen der Permafrost-Schmelze sind massiv, wie sich schon heute im US-Bundesstaat Alaska beobachten lässt. Das Auftauen des Bodens zerstört die Infrastruktur. Fabriken, Pipelines für Erdgas und Erdöl, Bergwerke und Atomkraftwerke sind gefährdet. Straßen legen sich in Wellen, Asphalt reißt meterweit auf, Häuser versinken im Schlamm. Welche weiteren Belastungen durch das Auftauen der Eistorfmoorgebiete mit ihren riesigen Mengen an Klimagasen entstehen würden, können heute noch nicht einmal die Forscher in ihren Rechenmodellen berücksichtigen. Dazu müssten Wissenschaftler auf der ganzen Welt den Eistorfmooren West-Sibiriens mehr Aufmerksamkeit widmen.

## **Politische Herausforderung**

Auch in den politischen Klimaschutz-Verhandlungen gibt es bei diesem Thema Nachholbedarf, wie Wladimir Bleuten von der Universität Utrecht sagt: "Diese Moore sind ein sehr guter Puffer für den Klimawandel, weil sie dauerhaft viel mehr Kohlendioxid speichern als zum Beispiel Wälder." Wälder würden im Kyoto-Protokoll als CO<sub>2</sub>-Senker zählen, während Moore dort nicht berücksichtigt seien. Schon im Dezember böte sich auch auf politischer Ebene eine gute Gelegenheit, die rasante Permafrost-Schmelze auf die Tagesordnung zu setzen: Dann wird auf der Weltklimakonferenz in Montreal über weitere Maßnahmen gegen die globale Erwärmung verhandelt.

## A.12 Informationsblatt Schüler zum Gruppenpuzzle „Das Klima Europas“

### INFORMATIONSBLATT SCHÜLER

#### Ablauf des Gruppenpuzzles „Das Klima Europas“

- 1. Einzelarbeit:** Sie sollen in dieser Phase den Text genau lesen und möglichst auch verstehen. Erstellen Sie ein Exzerpt (kurze Zusammenfassung). Sie dürfen den Originaltext weder kopieren noch nach Hause mitnehmen! Beantworten Sie die Übungsfragen um zu kontrollieren, ob Sie alles richtig verstanden haben. (Zeit: 24.3.: 20 Min.; 8.5.: 30 Min.)
- 2. Expertenrunde:** In dieser Phase sollen Sie zuerst versuchen, sich alles, was Ihnen aus der Einzelarbeit noch unklar geblieben ist, zusammen mit Ihren Expertengruppenmitgliedern zu erarbeiten. Umgekehrt sollen Sie Ihren Expertengruppenmitgliedern helfen alles zu verstehen. Besprechen Sie dazu mit Ihren Kollegen die Übungsfragen.  
Erst jetzt sollten Sie beginnen für die anschließende Unterrichtsrunde ein so genanntes „Handout“ zu erstellen, auf dem der Inhalt Ihres Textes kurz zusammengefasst wird.  
Überlegen Sie sich in der Expertenrunde auch, wie das Thema am besten unterrichtet werden könnte. (Zeit: 8.5.: 60 Min.)
- 3. Unterrichtsrunde:** In der Reihenfolge A, B, C und zuletzt D sollen jetzt die Vertreter der Expertenrunden ihren noch uninformierten Kollegen die Inhalte ihres Textes nahe bringen. Dafür soll das Handout als Basis dienen. Zusätzlich werden aber mündliche Erklärungen notwendig sein. Ziel sollte sein, dass Ihre „Schüler“ die Übungsfragen selbst beantworten können.

Zuletzt sollten Sie die gruppenübergreifenden Fragen beantworten. (Zeit: 15.5.: Gruppe A, B, und C je 30 Min.; 22.5.: Gruppe D 30 Min.; für gruppenübergreifende Fragen 15 Minuten)

## **Beurteilung**

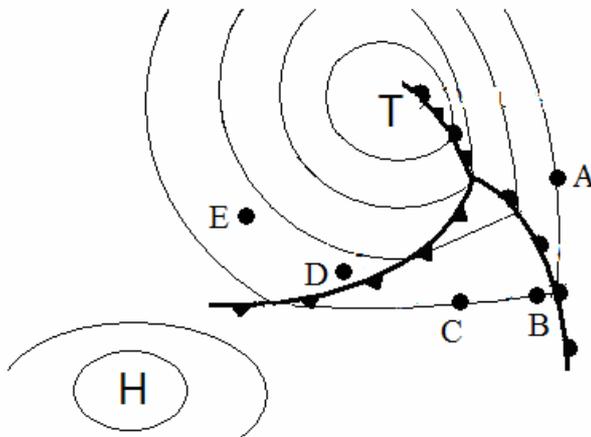
Die Beurteilung setzt sich aus drei Teilen zusammen:

- Qualität des Handouts (Gesamtnote für die Expertenrunde) (30%)
- Beantwortung der gruppenübergreifenden Fragen (Gesamtnote für die Unterrichtsrunde) (20%)
- Test (Einzelnote) (50%)

# A.13 Übungsaufgaben zum Gruppenpuzzle „Das Klima Europas“

## Übungsaufgaben Gruppe A

- 1) Erklären Sie, wie der Name „Westwindzone“ zu Stande kommt, wie das mit der Corioliskraft zusammenhängt und wo sie liegt.
- 2) Warum sind die Flugzeiten von Nordamerika nach Europa meist kürzer als umgekehrt?
- 3) Erklären Sie die Begriffe „Zyklone“ und „Antizyklone“ und beschreiben Sie ihre Lage an der Polarfront.
- 4) Was ist eine „Front“ und welche drei Arten gibt es? Wie kommen diese Frontenarten zu Stande?
- 5) Welche Art von Wolken und Niederschlägen gibt es bei der Warmfront, welche bei der Kaltfront? Wie ist der Temperaturverlauf beim Durchzug dieser beiden Frontenarten?
- 6) Beschreiben Sie die das Aussehen einer Zyklone mit Warmfront, Kaltfront, Okklusion und Warmluftkeil.
- 7) Vergleichen Sie das Wetter an den Orten A, B, C, D und E in der untenstehenden Abbildung mit Hilfe der angegebenen Tabelle:

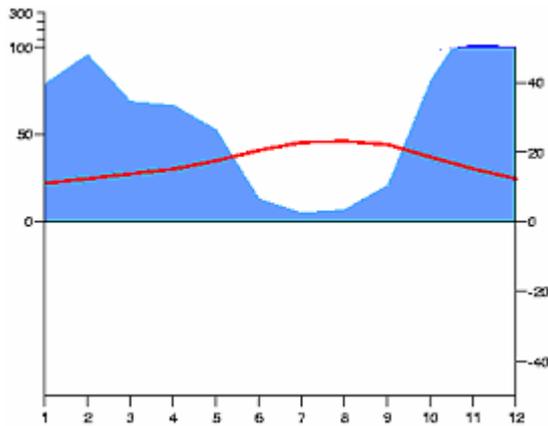


	Ort A	Ort B	Ort C	Ort D	Ort E
Temperatur					
Niederschlag					
Windrichtung					
Bewölkung					

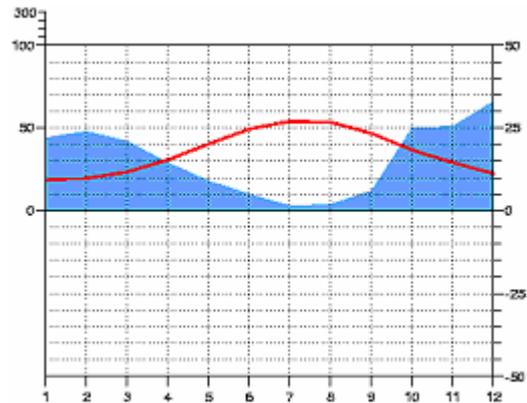
- 8) Wie könnte sich die Klimaerwärmung in Europa laut dem Zeitungsartikel auswirken?

## Übungsaufgaben Gruppe B

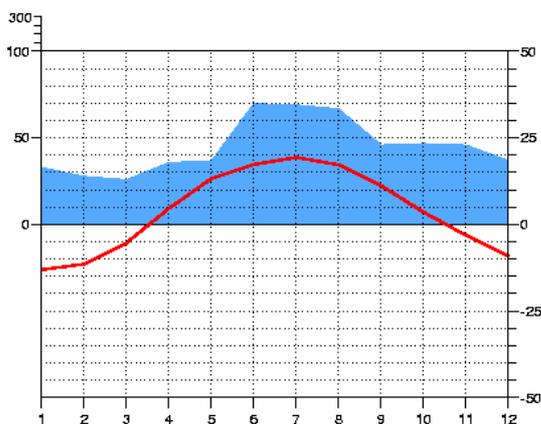
- 1) Welche Faktoren beeinflussen das Klima Europas?
- 2) Erklären Sie, wie die Jahreszeiten in Europa entstehen.
- 3) Erklären Sie, warum die Niederschläge aus Fronten während des Jahres in Europa schwanken.
- 4) Beschreiben Sie das Mittelmeerklima.
- 5) In welcher Richtung wandern die Tiefdruckgebiete und was ist ein „Zyklonenfriedhof“?
- 6) Warum sind in Mittel- und Nordeuropa die Niederschlagsmengen im Sommer höher als im Winter?
- 7) Wie entstehen die Sommergewitter und welche Wolkenart bildet sich?
- 8) Wie ändert sich das Klima in Europa in Ost-West-Richtung?
- 9) Wie beeinflusst der Golfstrom das Klima Europas?
- 10) Ordnen Sie die untenstehenden Klimadiagramme den Orten in der Europakarte zu. Begründen Sie Ihre Entscheidungen!



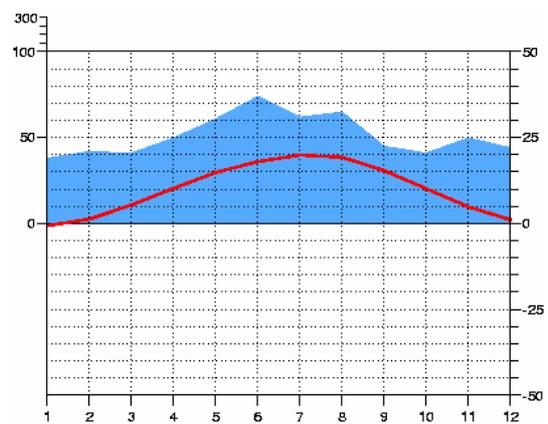
Klimadiagramm 1



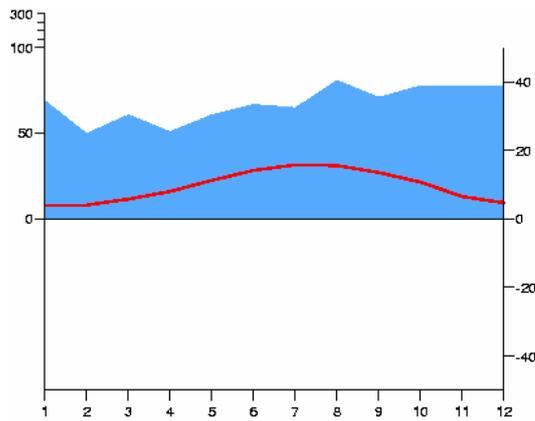
Klimadiagramm 2



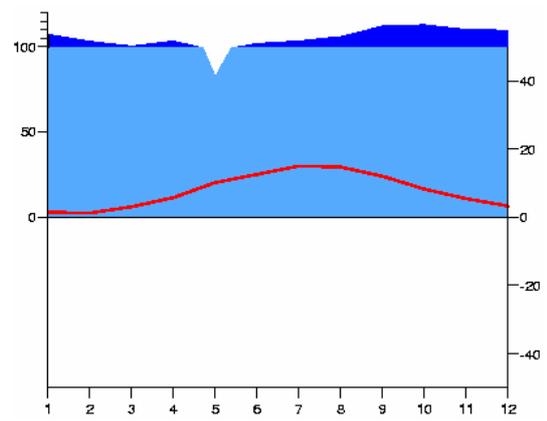
Klimadiagramm 3



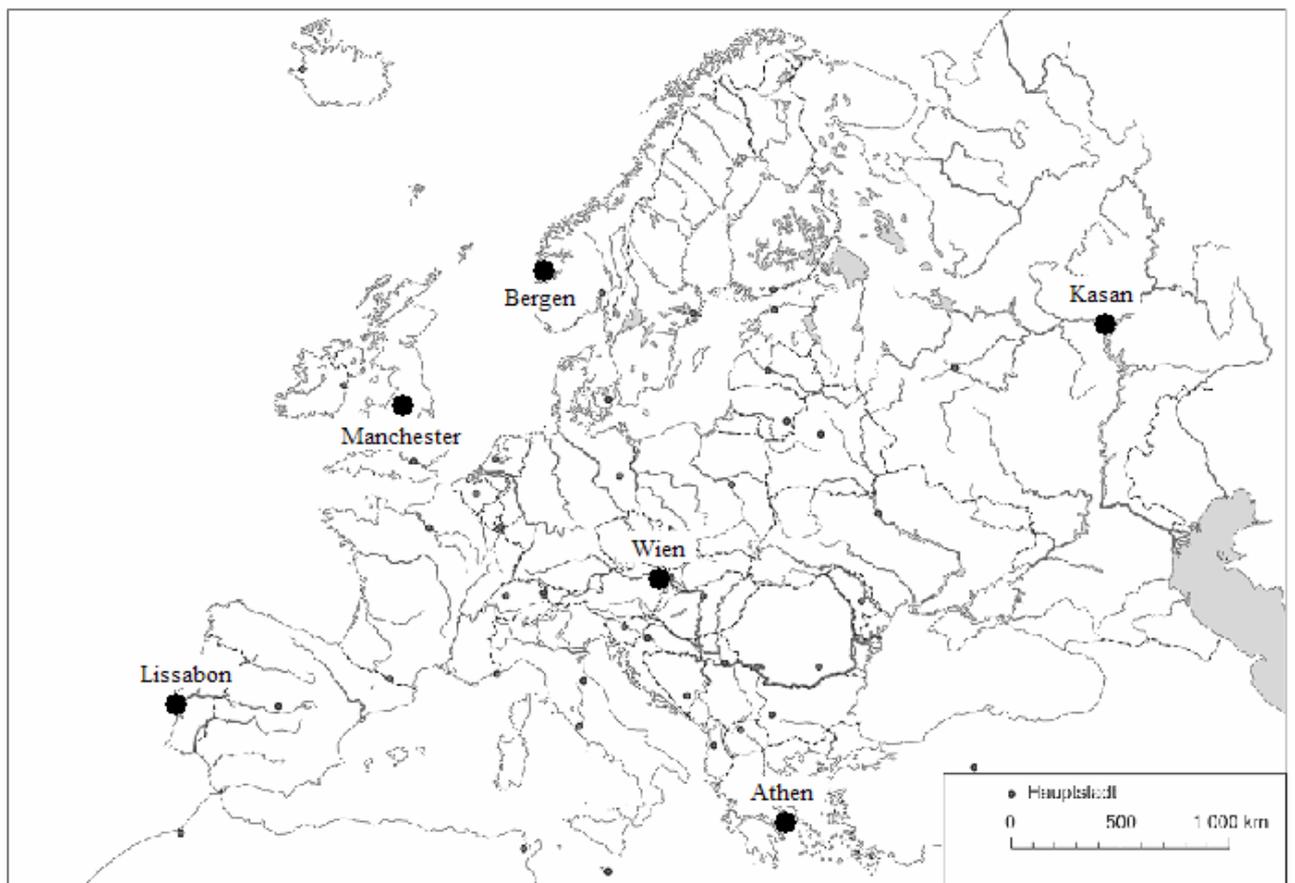
Klimadiagramm 4



Klimadiagramm 5



Klimadiagramm 6

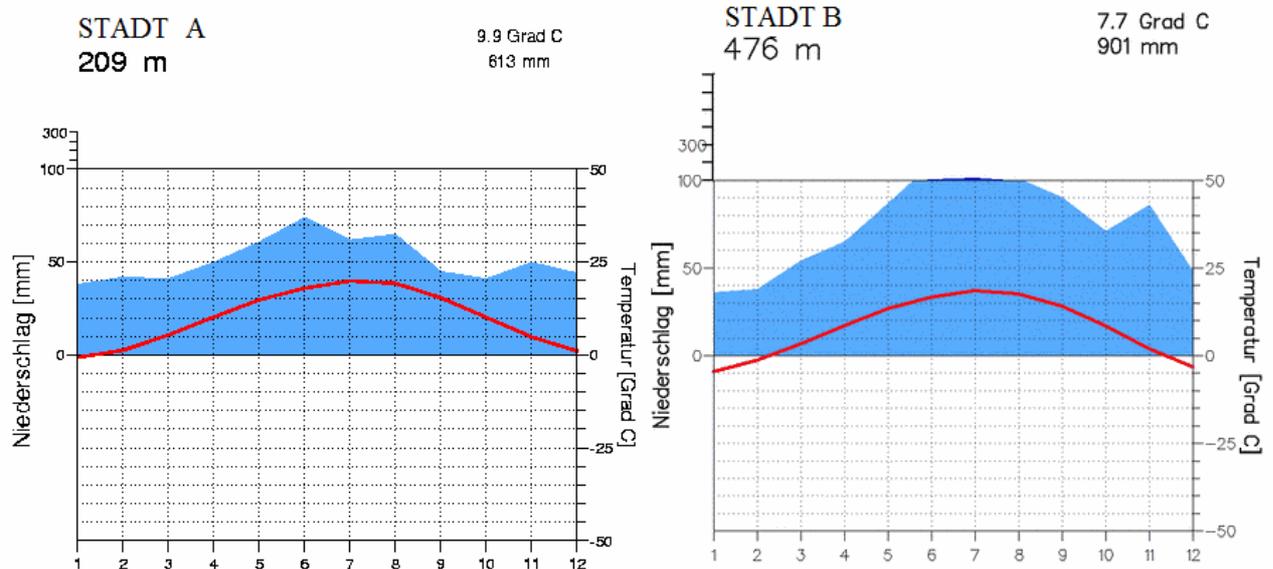


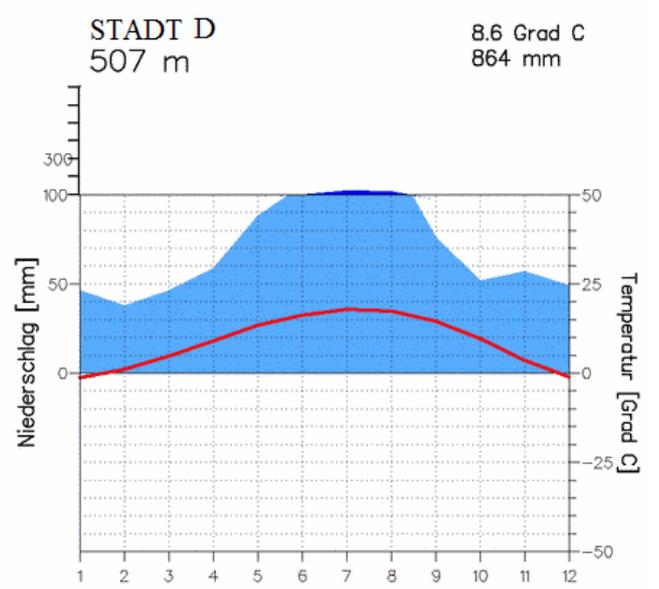
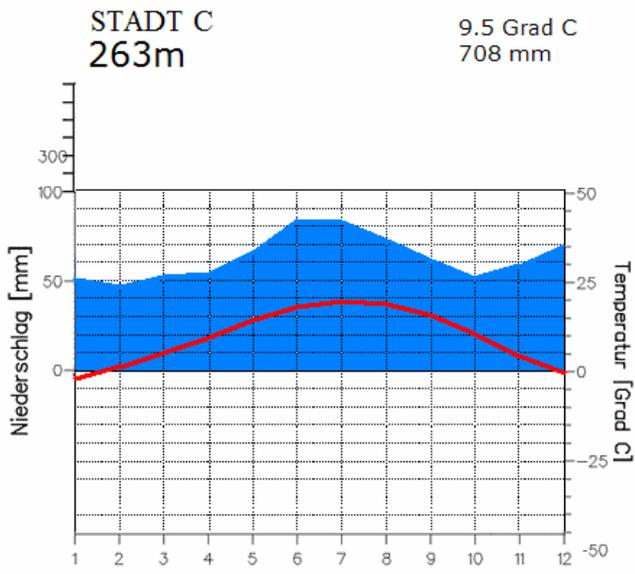
- 11) Welche Befürchtungen gibt es bezüglich der weiteren Entwicklung des Golfstroms und seiner Auswirkungen auf das Klima in Europa?  
 12) Welche Auswirkungen hat die Klimaerwärmung auf Südeuropa?

## Übungsaufgaben

## Gruppe C

- 1) Welche drei Hauptluftströmungen beeinflussen das Klima in Österreich?
- 2) Wie heißen die vier verschiedenen Klimaregionen in Österreich und wo liegen diese?
- 3) Beschreiben Sie das Klima in diesen vier Klimaregionen.
- 4) Ordnen Sie Steyr einer der Klimaregionen oder einem Übergangsbereich zwischen diesen zu.
- 5) Welche Seite der Alpen bekommt größere Niederschlagsmengen ab und warum? Erklären Sie in diesem Zusammenhang den Begriff „Steigungsregen“!
- 6) Was ist eine „Inversionswetterlage“?
- 7) Wie ist der Niederschlagsverlauf im Alpenvorland von Bregenz (Westen) bis ins Burgenland (Osten)? Erklären Sie den Grund für diesen Verlauf!
- 8) Woher kommen die Hauptniederschläge in der Illyrischen Klimaregion im Gegensatz zur Nordseite der Alpen?
- 9) Welche Prognosen gibt es für Österreich bezüglich der weltweiten Klimaerwärmung?
- 10) Welche wirtschaftlichen und ökologischen Folgen kann die Klimaerwärmung in Österreich haben?
- 11) Ordnen Sie die vier Städte der beigelegten Klimadiagramme den vier Klimaregionen und damit den Städten Wien, Linz, Innsbruck und Klagenfurt. Begründen Sie Ihre Entscheidungen!



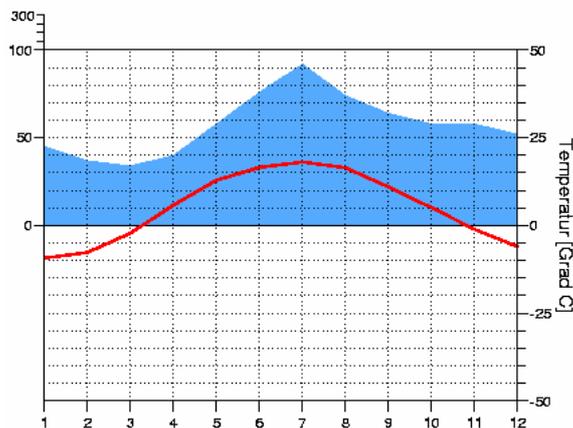


## Übungsaufgaben Gruppe D

- 1) Beschreiben Sie das Klima von Osteuropa bis Sibirien.
- 2) Was ist die Taiga?
- 3) Vergleichen Sie die Bäume der Taiga mit denen Mitteleuropas. Erklären Sie dabei den Begriff „Vegetationsperiode“.
- 4) Welchen Bedrohungen ist das Ökosystem „Taiga“ heute ausgesetzt? Was macht die Taiga wirtschaftlich interessant?
- 5) Welche Bedeutung für das Weltklima hat die Taiga?
- 6) Erklären Sie den Begriff „Permafrostboden“. Wo gibt es diesen auf der Welt und wie tief kann er reichen?
- 7) Wie reagiert der Permafrostboden im Jahresverlauf und welche Auswirkungen hat das auf die Bäume der Taiga?
- 8) Erklären Sie, warum Gebäude auf Permafrostböden oft auf Pfählen gebaut werden.
- 9) Welche Auswirkungen hat die Klimaerwärmung auf die Verbreitung des Permafrostbodens?
- 10) Erklären Sie den Begriff „Rückkopplung“ an Hand des Auftauens des Permafrostbodens durch die Klimaerwärmung.
- 11) Beschreiben Sie die Vegetation, Boden und Klima der Tundra.
- 12) Reihen Sie die untenstehenden Klimadiagramme von Westen nach Osten den Orten Warschau, Moskau, Jekaterinburg und Irkutsk zu. Begründen Sie Ihre Entscheidungen!

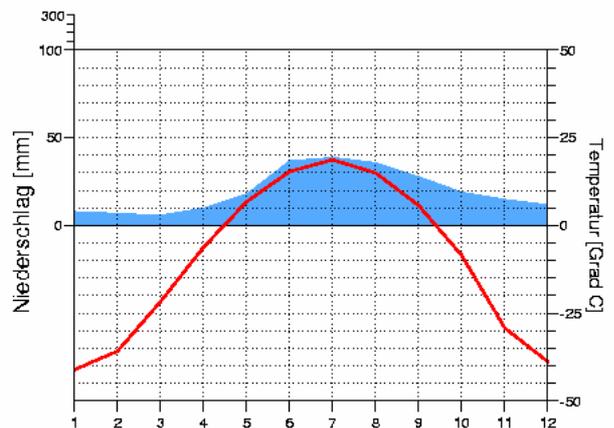
STADT A  
156 m

5.0 Grad C  
688 mm



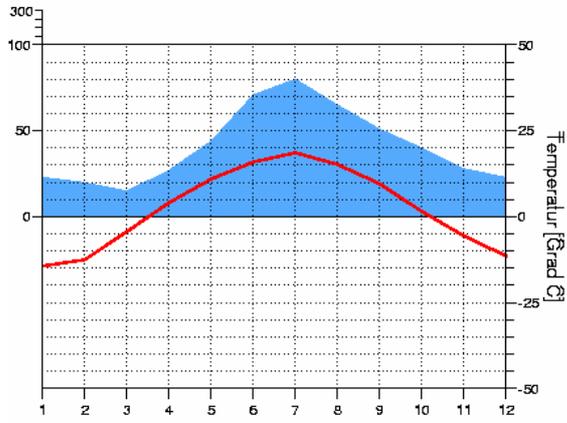
STADT B  
103 m

-10.0 Grad C  
235 mm



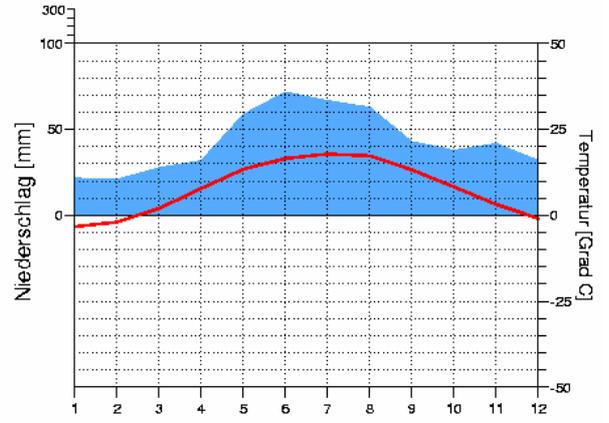
STADT C  
237 m

2.3 Grad C  
487 mm



STADT D  
107 m

7.8 Grad C  
519 mm

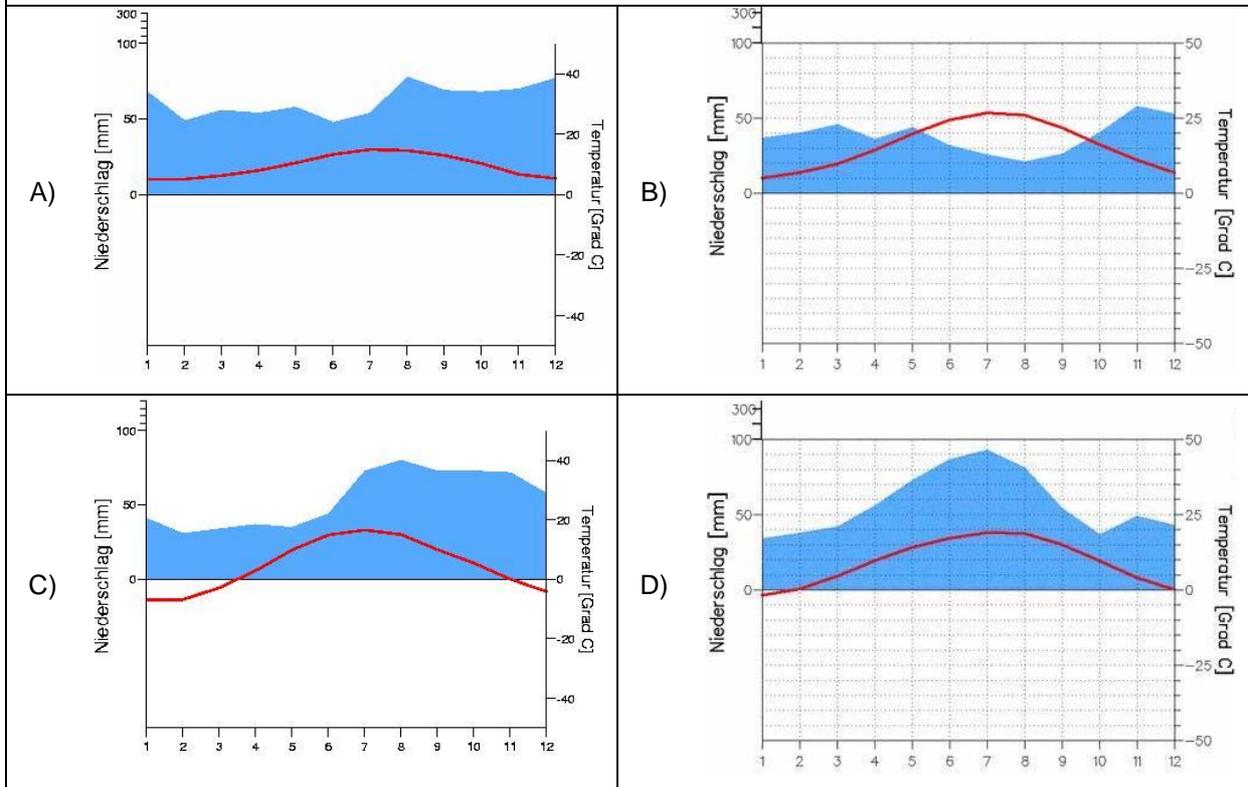


# A.14 Test zum Gruppenpuzzle „Das Klima Europas“

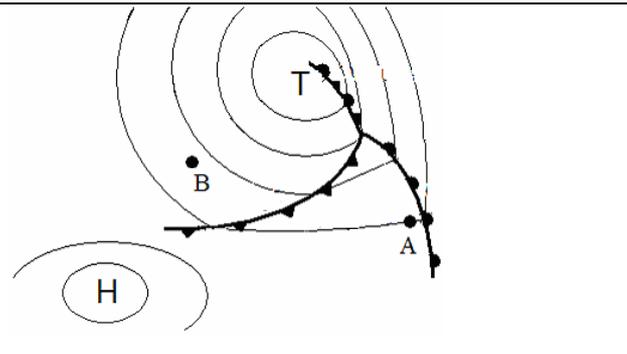
Mitarbeitstest über das Stoffgebiet „Klima Europas“

Name: \_\_\_\_\_

- 1) Ordnen Sie die unten stehenden Klimadiagramme mit einer möglichst ausführlichen Begründung den folgenden europäischen Ländern zu:  
 Finnland, Griechenland, Irland, Österreich



- 2) a) Geben Sie an, wie sich das Wetter in den beiden eingezeichneten Orten A und B in Bezug auf Temperatur, Niederschlag und Windrichtung unterscheidet.  
 b) Welche Wetteränderung ist demnächst in Ort A zu erwarten?  
 c) Erklären Sie, was die eckigen und die runden Symbole an den eingezeichneten dicken Linien bedeuten.



- 3) Erklären Sie, .....
- ... warum die Klimaerwärmung auf die Häuser in Sibirien negative Auswirkungen haben.
  - ... aus welcher wetterbedingten Gründen ein großes dachloses Lager für die Zwischenlagerung neuer Autos nicht in der Steiermark, sondern in Oberösterreich gebaut worden ist.
  - ... die Begriffe „Kumulonimbus“, „Zyklone“ und „Zyklonenfriedhof“.

## A.15 Anfangs- und Endevaluationsfragebögen (für Csongrady)

### Anfangsevaluation Gruppenpuzzle

Liebe SchülerInnen, wir sind Studenten der Johannes Kepler Universität und wurden von der HTL-Steyr im Rahmen unserer Lehrveranstaltung „Evaluation von Schulen“ beauftragt, ein Evaluationsprojekt über die Unterrichtsmethode des Gruppenpuzzles durchzuführen. Um eure Anonymität zu gewährleisten möchten wir gerne dass ihr ein Pseudonym bestehende aus Anfangsbuchstabe des Vornamens der Mutter+Geburtsjahr der Mutter angebt. Wir versprechen euch, eure Daten vertraulich zu behandeln und nur für unsere Zwecke zu benützen.

9. Hast du bereits mit dieser Unterrichtsmethode ein Stoffgebiet erlernt?

ja                       nein

10. Wenn ja welche Erfahrungen hast du mit dieser Unterrichtsmethode gemacht?

1                      2                      3                      4                      5

11. Glaubst du dass eine Doppeleinheit ausreichen wird um sich ein Expertenwissen aneignen zu können?

ja                       nein

12. Wie aufwändig denkst du wird die Bearbeitung und Wiedergabe des Stoffes sein?

gar nicht                      wenig                      mittel                      sehr                      extrem

13. Fühlst du dich in der Lage dir den Stoff mit den bereitgestellten Unterlagen selbständig anzueignen?

ja                       weiß nicht                       nein

14. Fühlst du dich in der Lage das angeeignete Wissen an deine Mitschüler weiterzugeben?

ja

weiß nicht

nein

15. Denkst du dass du dich in der Gruppe sowohl als Lernender als auch als Lehrender wohl fühlen wirst?

ja

weiß nicht

nein

16. Denkst du dass du nach einer Doppeleinheit dieser Unterrichtsform mehr an Wissen angeeignet haben wirst als wenn der Lehrer einen Vortrag über dieses Thema abgehalten hätte?

ja

weiß nicht

nein

17. Wie arbeitest/lernst du am liebsten?

Alleine/selbständig

mit Partner

in der Gruppe

## Endevaluation Gruppenpuzzle

Liebe SchülerInnen, wir sind Studenten der Johannes Kepler Universität und wurden von der HTL-Steier im Rahmen unserer Lehrveranstaltung „Evaluation von Schulen“ beauftragt, ein Evaluationsprojekt über die Unterrichtsmethode des Gruppenpuzzles durchzuführen. Um eure Anonymität zu gewährleisten möchten wir gerne dass ihr ein Pseudonym bestehende aus Anfangsbuchstabe des Vornamens der Mutter+Geburtsjahr der Mutter angebt. Wir versprechen euch, eure Daten vertraulich zu behandeln und nur für unsere Zwecke zu benutzen.

18. War eine Doppeleinheit ausreichend um sich ein Expertenwissen aneignen zu können?

ja

nein

19. Wie aufwändig war die Bearbeitung und Wiedergabe des Stoffes?

gar nicht

wenig

mittel

sehr

extrem

20. Fühltest du dich in der Lage dir den Stoff mit den bereitgestellten Unterlagen selbständig anzueignen?

ja

weiß nicht

nein

21. Fühltest du dich in der Lage das angeeignete Wissen an deine Mitschüler weiterzugeben?

ja

weiß nicht

nein

22. Hast du dich in der Gruppe sowohl als Lernender als auch als Lehrender wohl gefühlt?

ja

weiß nicht

nein

23. Hast du dir nach einer Doppereinheit dieser Unterrichtsform mehr an Wissen angeeignet, als wenn der Lehrer einen Vortrag über dieses Thema abgehalten hätte?

ja

weiß nicht

nein

24. Würdest du auch in anderen Fächern gerne mit Gruppenpuzzle arbeiten?

ja

nein

wenn ja, warum:

wenn nein, warum nicht:

Vielen Dank für Eure Mitarbeit!

## A.16 Beispielstext zum Gruppenpuzzle „Illegale Migration nach Europa“

SKLAVEREI

### In den Fängen der „Gangmaster“

**Illegale Einwanderer machen die Drecksarbeit in Europa. Manchmal kommen sie dabei um – wie die chinesischen Muschelsucher, die vor der Küste Englands elendiglich ertranken**

Traktoren tuckern durch spritzende Wellen, die Anhänger wie bei einem Flüchtlingstreck beladen mit Säcken und schlammverschmierten Gestalten. Verbeulte Landrover holpern mit heulenden Motoren über den Strand. Nachzügler bringen ihren Ertrag vor der hereinströmenden Flut in Sicherheit. Der besteht aus Herzmuscheln. Münzengroße Schalentiere, die Engländer mit Vorliebe eingemacht essen. In Frankreich und Spanien sind sie, frisch gekocht, eine begehrte Delikatesse.

8000 erntereife Tonnen, je nach Marktpreis vier bis acht Millionen Pfund wert, liegen allein auf den Warton Sands, einer Muschelbank in Morecambe Bay im Nordwesten Englands. 815 Muschelsammler besitzen eine Lizenz, dort draußen ihrer eisig kalten, die Bandscheiben zerschleißenden Arbeit nachzugehen.

Am Ufer warnen Schilder vor Treibsand und lebensgefährlichen Springfluten. Kein halbwegs vernünftiger Mensch wagt sich nachts dort hinaus. Am 5. Februar ging dennoch lange nach Einbruch der Dunkelheit bei der Küstenwacht ein Notruf ein: Auf den Warton Sands seien Menschen von der Flut eingeschlossen. Es waren vermutlich um die 40 Leute, die genaue Zahl ist bis heute ungeklärt. Drei Rettungsboote und ein Hovercraft stachen in See, zwei Luftwaffen- und ein Polizeihubschrauber hoben ab. In den folgenden Stunden zogen sie 16 Überlebende und 10 Ertrunkene aus der See. 10 Leichen schwemmten noch am Ufer an, eine davon erst Tage später. Und es steht zu befürchten, dass weitere im Meer treiben. Die 20 Toten lagern bis heute, einer Identifizierung harrend, in verschiedenen Leichenhallen der Grafschaft Lancashire. Nur eines ist klar: Alle bisher geborgenen Opfer sind Chinesen – anonymes, menschliches Strandgut in der Wohlstandsfeste Europa.

Sieben Leute, unter ihnen zwei Chinesen und zwei Fischhändler aus Liverpool, wurden unter dem Verdacht der fahrlässigen Tötung festgenommen. Sie befinden sich alle wieder auf freiem Fuß. Dass die Ermittlungen nicht vorankamen, schiebt eine Sprecherin der Lancashire Constabulary mit spitzem Unterton der mangelnden Kooperationsbereitschaft der Überlebenden zu: „Nach dem Unglück setzte ein Massenexodus aus Nordwestengland ein. Die sind alle spurlos verschwunden.“ Der fehlende Wille, die Hintermänner anzuzeigen, hängt mit der Abhängigkeit der Immigranten von ihren „Gangmastern“ zusammen. Gangmaster sind, so eine bis heute gesetzlich gültige Definition von 1867, Leute, die saisonale Kräfte an Farmer vermieten. Zeitarbeitsvermittler also. Um die tausend von ihnen, lautet eine Schätzung des britischen Innenministeriums, operieren in den dunkelsten Winkeln des Arbeitsmarktes.

#### **Gangmaster und Schlangenköpfe arbeiten Hand in Hand**

Die beiden Liverpooler Fischhändler behaupten zwar, Gangmaster seien eine Erfindung der Regierung und der Polizei, um den wahren Grund der Katastrophe zu vertuschen – rassistische Übergriffe englischer Muschelsammler, welche die Chinesen zwangen, im Schutz der Dunkelheit zu fischen. Dass die Einheimischen Muschelsäcke der asiatischen Konkurrenz mit Benzin übergossen und anzündeten, ist bezeugt. Doch die Rolle der Gangmaster ist ebenso gut belegt. Sie beuten Asylbewerber, illegale Einwanderer und Wirtschaftsflüchtlinge immer brutaler aus. Sie knöpften den Chinesen 150 Pfund für die Lizenzen zum Muschelsammeln ab, die man bei der örtlichen Fischereibehörde kostenfrei erhält. Sie schickten die Ortsunkundigen nachts auf die Muschelbank –

und in den Tod.

Die Opfer stammen, soweit sich das bislang feststellen lässt, vor allem aus der Provinz Fujian. Fujianer sind seit jeher Kosmopoliten. Schon vor Maos Revolution zogen sie in alle Welt, um ihr Glück zu versuchen. Heute herrscht in der Provinz ein wahrer Bauboom, finanziert mit Geld, das Chinesen aus dem Ausland nach Hause überweisen. Vier-, fünfstöckige Villen wachsen aus elendem Bauernland. Doch in der globalisierten Welt, in der Warenströme frei sein sollen, nicht aber die Wanderung der Menschen, ist eine Reise ohne Pass, ohne Arbeitserlaubnis und Sprachkenntnisse ein riskantes Unterfangen.

Vermittler, die berüchtigten „Schlangenköpfe“, organisieren für Beträge zwischen 20000 Euro und 30000 Euro die Reise. Sie stunden die Zahlung zu Zinssätzen von monatlich 2,5 Prozent. Die Route führt mit der Bahn durch Russland oder mit gefälschten koreanischen Pässen im Flugzeug nach Europa, dann oft in Lastwagen versteckt über den Kanal nach England. Vor zwei Jahren erstickten 58 Chinesen bei der Überfahrt in einem niederländischen Containerzug. Nach der Ankunft pochen die Vermittler auf ihr Geld. Englische und chinesische Gangmaster eröffnen den Migranten die Möglichkeit zur Rückzahlung durch Jobs, für die sie oft weitere 2000 Pfund abdrücken müssen.

Eddie Hinchcliffe\*, er sitzt am Muschellandeplatz von Morecambe, sagt, er sei sich nicht sicher, ob er ein Gangmaster sei: „Vielleicht ja, vielleicht nein. Vermutlich schon.“ Täglich bringt er 20 Mann mit seinem Traktor auf die Warton Sands. Derbe Typen, rau wie die See, die aus weitem Umkreis in Kleinbussen anreisen. Ihre Ausrüstung – Ölzeug, ein kleines Netz, ein Handrechen – bringen sie selbst mit. Hinchcliffe vermarktet den Fang. Er zahlt seinen Leuten knapp 14 Pfund für jeden 25-Kilo-Sack bar auf die Hand, das macht pro Tonne 560 Pfund. Um Steuern oder Versicherungsbeiträge kümmert er sich nicht, das sei Sache der Muschelsammler, „die arbeiten ja nicht für mich, sondern für sich selbst“. Er verkauft den Fang zum Tonnenpreis von 800 Pfund an einen Händler, der die Ware direkt nach Frankreich verschifft. Jeder seiner Männer bekommt an diesem Morgen 77 Pfund. Hinchcliffe steckt 700 Pfund ein. Hinchcliffe nahm auch Chinesen ihren Fang ab, zu genau den gleichen Bedingungen wie den Engländern, behauptet er. Nach dem Unglück hieß es, die Opfer seien von ihren Gangmastern mit einem Pfund am Tag abgespeist worden. Die meisten Gangmaster zahlten sicher mehr. Wie viel, ist schwer zu verifizieren. Dass sie sich an den Chinesen eine goldene Nase verdienten, wo sie schon mit englischen Muschelsammlern ein blendendes Geschäft machen, steht außer Zweifel.

Die Ausbeutung illegaler Einwanderer nimmt nicht nur im Vereinigten Königreich zu. Doch sie ist hier weiter fortgeschritten als anderswo. Das gehört zu den Schattenseiten eines „flexiblen“ – sprich: kaum regulierten – Arbeitsmarktes. Sie ist vor allem aber auch einer dramatischen Transformation der Lebensmittelbranche geschuldet.

In der Stadt Morecambe, in der Muschelregion, gibt es beispielsweise fast keine Lebensmittelläden mehr. Am Stadtrand steht ein riesiger Superstore, der sieben Tage in der Woche geöffnet ist, 24 Stunden am Tag. (...) Zwischen den Ladenketten gibt es einen knallharten Wettbewerb. (...) Der Wettbewerb führte auch zu einer enormen Verbesserung des Angebots. Statt fade schmeckender Golden Delicious bekommt man traditionelle englische Apfelsorten. Es gibt duftende Schnittblumen aus Cornwall, es gibt Obst und Gemüse aus Bioanbau, alles frisch, appetitlich – und billig. Das funktioniert nur mit anpassungsfähigen Produzenten, schnell reagierenden Vertriebsstrukturen – und mit jederzeit und kurzfristig verfügbaren Arbeitskräften. Landwirtschaftliche Großbetriebe geben ganz offen zu, dass sie ohne Gangmaster und ihre Zeitarbeiter viele Obst- und Gemüsesorten, vor allem auch Gemüse im Bioanbau, zu den von Supermärkten gezahlten Preisen nicht produzieren könnten. Die Farmer räumen auch ein, dass es gar nicht möglich sei, den gesetzlichen Status der Kurzarbeiter zu prüfen.

Im Untergrund operierende Gangmaster beschäftigen zwischen 60000 und 100000 Menschen. Ein Bericht eines Sonderausschusses des Unterhauses vom Herbst schildert Schicksale, die sich wie

Beschreibungen moderner Sklaverei lesen. Ein Gangmaster in Cambridgeshire zahlt seinen Leuten 83 Pfund in der Woche und zieht davon 80 Pfund für die Unterbringung in einem Container ab. Ein anderer stopft 40 Leute in ein winziges Reihenhaus. Die Betten werden nie kalt. Wenn die einen Arbeiter auf Schicht sind, schlafen andere darin.

Nicht nur Chinesen werden Opfer skrupelloser Ausbeutung. Im ostenglischen Norfolk schneiden Portugiesen im Akkord Narzissen, drei Pfund für tausend Blumen. Gangmaster holen Portugiesen und auch Griechen aus ländlichen Gebieten, die nicht wissen, dass sie als EU-Bürger das gleiche Recht haben, auf der Insel zu arbeiten, wie die Briten. Und sie lassen die weit Gereisten in dem Glauben, sie seien illegal beschäftigt. Einer presst ihnen 600 Pfund für gefälschte und nicht benötigte Papiere ab. Ein anderer baut Kündigungen mit der Drohung vor, eine „Vermittlungspauschale“ einzutreiben. Ein Dritter holt seine Arbeiter mit Billigfluglinien ins Land und kassiert dann eine „Transportgebühr“ von 1500 Euro. In Cornwall befreite ein Priester kürzlich 54 griechische Wanderarbeiter aus einem Arbeitslager. Sie wohnten, so berichtete der *Independent*, in Zelten und ungeheizten Schuppen und wurden von bewaffneten Wächtern gehindert, Kontakt mit der Außenwelt aufzunehmen. Sie mussten zehn Stunden am Tag im eiskalten Schneeregen Blumenzwiebeln pflanzen, erhielten kaum zu essen und keine Bezahlung.(.....)

Jetzt will das Unterhaus den Gangmastern gesetzlich zu Leibe rücken, durch obligatorische Registrierung und Buchführungspflicht über alle Zeitarbeiter. Ob das hilft? An der Bucht von Morecambe geht längst alles wieder seinen gewohnten Gang. Die ersten Chinesen haben sich wieder unter die Muschelsammler gemischt. Eine behelfsmäßige Gedenkstätte ist der einzige Hinweis auf das Desaster, das ihre Landsleute heimsuchte. Eine Plakattafel mit Schriftzeichen, 20 Plastikbecher mit Tee, Räucherfisch, Obst, Gemüse. Niemand beachtet sie. Die Namenlosen am Rand der Gesellschaft werden nicht lange betrauert.(.....)

(c) DIE ZEIT 01.04.2004 Nr.15

## **A.17 Beispieltext zum Gruppenpuzzle „Elendsviertel in den Städten der dritten Welt“**

### **Die Fledermausmenschen von Manila**

**Familie Sitoy lebt in einer hängenden Hütte unter einer Brücke in der philippinischen Hauptstadt – so wie Tausende andere Menschen. Armut, Feuchtigkeit und Krankheit können ihr nicht den Überlebenswillen nehmen. Aber jetzt kommen die Bulldozer, um die Verschläge zu räumen** Von Wolfgang Uchatius

Einen Meter über Muchacos Ohr donnert ein Sattelschlepper über den Asphalt. Drei Meter unter Muchacos Nase treibt stinkender Müll im Wasser. Mitten auf Muchacos Bauch sitzt eine Kakerlake. Muchaco schläft trotzdem.

Den halben Tag hat er mit den anderen Kindern gespielt. So wie sie hier eben spielen. Sie haben alte Zigarettenstummel gesammelt und sie mit den Fingern in eine Kuhle im Staub geschnippt, wie Murmeln. Sie haben mit einer Plastiksandale auf leere Schnapsflaschen gezielt. Sie haben prustend und strampelnd im öligen Fluss gebadet.

Mit nassen Haaren kam Muchaco nach Hause. Vorsichtig das Gleichgewicht haltend, ist er die für einen Fünfjährigen viel zu große Leiter nach oben geklettert und in den Verschlag gekrochen. Auf einem Stück Gummimatte hat er sich eingerollt, hat den Arm unter den Kopf und den Kopf zur Seite gelegt. Jetzt atmet er so ruhig, als ob er nie wieder aufwachen wolle. Das hat der kleine Muchaco früh gelernt: schlafen, wenn er müde ist. Und nicht erst, wenn das Dröhnen der Motoren aufhört, der Gestank sich verflüchtigt,

die Fliegen nicht mehr wimmeln. Denn das hört nie auf. Nicht hier, in den Wohnungen der Fledermausmenschen.

Wer über die Brücke fährt, sieht diese Wohnungen nicht. Der sieht nur vier Fahrspuren und blauen Dieseldieselqualm. Er sieht die rostigen Sattelschlepper und die voll besetzten Überlandbusse, die mit heiserem Hupen den Navotas überqueren, und wenn er sich umwendet, dann sieht er das schwarze, schmutzige Wasser dieses Flusses und den Müll, der sich an seinen Ufern verfängt.

Jeder Lastwagen, jeder Bus bringt die Brücke zum Beben. Dann zittert der Beton. Die Menschen in den Autos spüren das nicht. Aber die in den Hütten. Direkt unter der hundert Meter langen Fahrbahn hängen die Verschläge, untereinander, übereinander und nebeneinander, knapp über dem Wasser. Wie Fledermäuse, die sich zum Schlafen in den Stein gekrallt haben. Irgendjemand ist irgendwann dieser Vergleich eingefallen. Inzwischen kennt fast jeder im Zwölf-Millionen-Moloch Manila das Wort, und viele sprechen es mit mitleidigem Gruseln aus: *bat people*. Fledermausmenschen.

150.000 sollen es sein, die so leben, unter den Brücken, über den Kanälen und Flussarmen der philippinischen Hauptstadt Manila. Einer Stadt, die reich und arm, Erste und Dritte Welt zugleich ist. In den Bürovierteln haben gut bezahlte Architekten aus Glastürmen und künstlichen Wasserfällen ein Abbild Amerikas geschaffen. In den Villendörfern zeigen reiche Ausländer in klimatisierten Räumen hinter Mauern und Stacheldraht, dass auch in den Tropen schweißfreies Wohnen möglich ist. Dazwischen wuchern die Slums.

Vier Millionen Menschen drängen sich in den Elendsvierteln und wollen leben. Sie quetschen ihre Verschläge in die letzten Lücken, schachteln ihre Baracken aufeinander, bauen ihre Hütten an feuchte Hänge. Wer trotzdem keinen Platz findet, hat als Rettung nur noch die Brücke, die Welt der Fledermausmenschen. Von dort dringt selten einmal eine Nachricht in den sauberen, den kühlen Teil Manilas, und wenn doch, dann ist es keine gute. So wie neulich, als ein Kleinkind aus einer morschen Hütte unter der Fahrbahn ins Wasser fiel. Nach zwei Tagen hatten sie den toten Körper noch immer nicht gefunden. Das stand dann in der Zeitung.

Aber hier, unter dieser Brücke, kann so ein Unglück nicht passieren. Nicht im Zuhause des kleinen Muchaco, in diesem sorgfältig gezimmerten Eigenheim der Armut. »Schau her, alles stabil!«, sagt der stolze Konstrukteur, sagt Luis, Muchacos Vater, der jetzt mit seiner Frau Marietta neben dem schlafenden Jungen sitzt. Zur Bestätigung seiner Baukunst rüttelt er an der Wand aus Holz und Pappe.

Luis ist ein kleiner, 47-jähriger Mann. Eine fleckige Arbeitshose umspannt seine kräftigen Beine, ein T-Shirt die schweren Oberarme. Seine Haare sind kurz und verschwitzt, tiefe Falten ziehen sich durch sein Gesicht, die Augen sind rot geädert und halb zugeschwollen von der ständigen Nacharbeit, von den Handlangerdiensten im Fischereihafen, an sieben Tagen in der Woche, ohne Pause, ohne Urlaub. Ohne Fortschritt. Sie leben seit sechs Jahren hier.

Muchaco und die beiden kleinen Töchter waren noch gar nicht geboren, damals, 1998, als Luis und Marietta unter die Brücke zogen. Vier, fünf andere Familien waren schon da, hatten vorgemacht, wie sich eine Wohnung in der Luft bauen lässt, eine Bleibe, die das Letzte verloren hat, das die Hütten der Armen mit den Palästen der Reichen gemeinsam haben: dass sie auf dem Boden stehen.

Also kletterte auch Luis an einem Brückenpfeiler empor, verkeilte knapp unter der Fahrbahn ein paar Holzbohlen, nagelte Bambuslatten darüber, legte eine Gummimatte darauf. Das ist der Fußboden. Die Fahrbahn ist die Decke, die Betonpfeiler sind die Seitenwände, ein paar Holzstangen, mit Pappe verkleidet, sind die Vorder- und die Rückwand.

Luis baute diese Wohnung an einem Tag. Eine fensterlose, eckige, alle paar Sekunden unter der Wucht der Autos erzitternde Kammer. Fünf Meter lang, anderthalb Meter breit, einen Meter hoch. Siebeneinhalb Quadratmeter Fläche. Die Zuflucht der fünfköpfigen Familie Sitoy. Eine Wohnung, die nirgends so gut hinpasst wie ins 21. Jahrhundert.

Denn der Slum ist die Lebensform der Zukunft.

Nicht überall. Nicht in Westeuropa, wo Wissenschaftler über schrumpfende Städte diskutieren, wo Politiker verlassene Wohnblöcke einreißen lassen und alleinstehende Rentner in großen Häusern mit Gärten wohnen. Sondern in Asien, in Afrika, in Lateinamerika. 1995 lebten im Stadtgebiet von Manila neun Millionen Menschen. Heute sind es zwölf. Andere Städte des Südens wuchern noch schneller.

Ihr stärkster Wachstumsimpuls ist nicht die hohe Geburtenrate. Sie sinkt auch in vielen Entwicklungsländern. Es ist die Armut in den Dörfern. Vor dem Elend auf dem Land flüchten die Menschen in die Stadt und landen im Elendsviertel. So verwandelt sich die Dritte Welt in eine Welt der Megastädte. In eine Welt der Slums. Allein in den neunziger Jahren ist die Zahl der Slumbewohner weltweit um fast 40 Prozent gestiegen – auf inzwischen mehr als eine Milliarde Menschen. Das Leben in engen Baracken und winzigen Verschlägen wird zum Regelfall, zu der »dominanten Existenzform im Zeitalter der Globalisierung«, wie es der österreichische Sozialwissenschaftler Gerhard Schweizer, Autor des Buches *Metropole, Moloch, Mythos*, ausdrückt.

Von São Paulo bis Lagos, von Karatschi bis Jakarta: In wenigen Jahren werden im Süden der Welt 60 Prozent der Stadtbewohner in Armenvierteln leben, prognostiziert eine Studie der Vereinten Nationen. So wie Luis und Marietta Sitoy, die einst aus dem Süden der Philippinen nach Manila zogen. Zuerst kamen sie in einem Slum im Norden der Stadt unter, in der Baracke von Verwandten, die bald darauf Kinder bekamen und dann irgendwann sagten: »Es wird zu eng, ihr müsst jetzt gehen.« Mehr als ein paar Quadratmeter Erde hätten sie nicht gebraucht, um eine Hütte zu bauen, aber sie waren nicht zu finden. Auch ein Slum ist irgendwann voll. Es blieb ihnen nur noch die Brücke.

Alle paar Sekunden donnert ein Lastwagen vorbei. Oder ein Bus. Dann wackeln die Wände, dann zittert der Boden. Von unten klopft Luis gegen die bebende Fahrbahn. Er lacht. »Meine Freunde sagen, wir sind reich, denn wir wohnen unter dem teuersten Dach von ganz Manila.« Aber nicht unter dem kühlfesten. Die Sonne heizt die steinerne Brücke auf wie einen alten Ofen. Luis hat alte Zeitungen an die Decke geklebt, als Schutz gegen die Hitze. Sie helfen kaum. Sogar den Kakerlaken ist es zu heiß. Erst wenn die Sonne sinkt, krabbeln sie aus unsichtbaren Löchern hervor.

In ihrer hölzernen Höhle kochen, essen, schlafen und waschen sich die Sitoys. Wohnen unter der Fahrbahn bedeutet: kriechen. Anfangs konnten wenigstens die Kinder in der niedrigen Kammer aufrecht stehen. Inzwischen muss selbst der fünfjährige Muchaco schon den Kopf einziehen. Der schwere Luis schiebt sich mit seinen breiten Schultern wie eine Robbe durch die Enge. Seine Frau, die zierliche, 25-jährige Marietta hat sich einen Hockgang antrainiert, bei dem die Schultern die Knie und nur die Fußsohlen den Boden berühren. So watschelt sie behände über die Bambuslatten, ohne sich den Kopf zu stoßen.

Es ist ihr wenig im Weg: in einer Ecke der Gaskocher, in der anderen die Glühbirne, in der Mitte der Ventilator, der die warme Luft verrührt. Den Strom zapfen die Sitoys illegal von einer Leitung unter der Straße ab. Hosen und Hemden der Familie hat Marietta in einem blauen Müllsack verstaut. An der Wand hängt ein ausgebleichtes Bild, ein paar Umrisse sind noch zu erkennen: die Muttergottes mit dem Christuskind. Vor ihm setzt sich die Familie abends zusammen und betet. »*Salamat po sa maghapon*«, sagen sie dann – »danke für den Tag«. Was die fünf sonst noch besitzen, Seife, Werkzeug, eine Hand voll blechernen Schmuck, das passt in ein Plastikschrankchen.

Als er damals den Fußboden zusammennagelte, hat Luis am Ende der Kammer ein Loch gelassen. Das Abwasser-, Müll- und Kloloch. Es ersetzt Toilette, Ausguss, Abfalleimer. Was durchfällt, schluckt der Fluss, der Verdauungstrakt der Elendsviertel. In seinem Wasser gärt, fault, verteilt sich, was niemand mehr braucht.

Die Kinder stört der Gestank nicht. Irgendwo müssen sie sich ja bewegen. Der schmale Uferstreifen neben der Brücke ist ihr Spielplatz. Ein angebrochener Plastikstuhl sorgt für ein bisschen Fallhöhe. Mit einem Satz ist Muchaco im Wasser.

»Muchaco, du Mistkerl, komm da raus«, schreit Marietta. Sie schreit sonst nie. Spricht wenig und mit leiser Stimme. Aber jetzt ist sie ihrem Sohn nachgestiegen, steht neben dem Plastikstuhl und ruft wütend hinüber zu Muchaco. Der schwimmt weiter fröhlich in der Brühe. Das heißt, er strampelt und planscht. Schwimmen kann Muchaco nicht, das kann hier keiner, aber nicht unterzugehen, das hat er sich irgendwann beigebracht. Lachend und kreischend spritzt er einen anderen Jungen an, gemeinsam tauchen sie unter und wieder auf, spucken, husten und wischen sich das Wasser von den Wimpern. Und Marietta schreit.

Sie behält Recht mit ihrer Ahnung. Ein paar Tage später hat Muchaco eine schwere Augenentzündung, und die Familie hat neue Schwierigkeiten. Luis weiß nicht, wie er das Antibiotikum bezahlen soll. Er geht von Nachbar zu Nachbar, pumpt sich einen Peso hier und einen dort, von Leuten, die eigentlich keine Münze entbehren können, am Ende hat er die 300 Pesos zusammen, umgerechnet 5 Euro. Es hat auch sein Gutes, dass sie inzwischen so viele sind unter der Brücke.

Am Anfang waren es nur ein paar Familien. Lange blieb das nicht so. Auf die Sitoys folgten die Bactols, die Maglientes, die Nollas und Dutzende andere Familien. Landflüchtige, Obdachsuchende allesamt, Versprengte von den 7.100 Inseln des philippinischen Archipels, die es auf rostigen Fähren, in billigen Bussen und manchmal auch zu Fuß bis nach Manila geschafft haben. Am Fluss war der Weg zu Ende. Sie besorgten sich Holzabfälle und Plastikplanen, kauften Bambuslatten für ein paar Pesos und hämmerten ihre Verschlüsse zusammen. Heute hängt eine ganze Siedlung unter der Brücke. Am Ufer beginnend, reicht sie bis in die Mitte des Flusses, von Pfählen gestützt, von Stricken gehalten, ein Wunder ungeplanter Architektur.

Hunderte Bohlen und Balken, Bretter und Planken verbinden die Hütten, fügen sich zusammen zu schmierigen Wegen und glitschigen Gängen. Auf ihnen balanciert, wer sich von Kammer zu Kammer bewegt. Von unten schimmert schwarz der Fluss durch die Ritzen. Ein Hund bellt, ein Hahn schreit, Frauen lachen, Kinder brüllen, Britney Spears singt, Ratten huschen über nasses Holz. Hinter rostigen Blechstücken, grauen Plastikfolien und alten Reissäcken verbergen sich Schlafplätze, Kochnischen und Klotlöcher und wahrscheinlich Dutzende ansteckende Krankheiten. Aber wenn jemand einen Vorhang zur Seite schiebt und sich hindurchzwängt durch eine der Nischen, zieht er vorher die Schuhe aus. Denn dies ist sein Zuhause.

105 Familien sollen es sein, die hier wohnen. Die Fledermausmenschen haben sich selbst gezählt, es war das letzte Geheimnis des Slums. Alles andere wissen die Sitoys längst über ihre Nachbarn, bekommen es täglich mit. Die hübsche Lette streitet sich mit ihrem betrunkenen Mann, gleich wird er sie wieder schlagen. Der magere Junior macht sich auf den Weg zu seinem Job auf der Baustelle. Arleen und Elias schlafen miteinander. Dominado füttert seine Kampfahne, die er unter der Brücke in winzigen Käfigen verwöhnt wie Schoßhunde. Luis müsste nur die Hand ausstrecken, die Pappe durchstoßen, dünne Bretter beiseite schieben, dann könnte er hinüberlangen zu seinen Nachbarn. Hinter solchen Wänden bleibt nichts verborgen.

Das Meer ist nur ein paar hundert Meter entfernt, die nächste Shopping-Mall mit McDonald's-Filiale und Kosmetiksalon ebenfalls. Für Marietta, Muchacos Mutter, ist das eine fremde Welt. Seit fast einem Jahr hat sie die Gegend um die Brücke nicht verlassen. Warum auch? Hier gibt es alles, was die Familie zum Leben braucht. Und was es hier nicht gibt, könnten sich die Sitoys ohnehin nicht leisten. Wasser zapfen sie aus einem Sammelanschluss gleich neben der Brücke, meistens ist es sauber. Frauen verkaufen Reis, Brot und Fisch, Seife und Süßigkeiten. Die winzigen, voll gestopften Läden haben sie zwischen die Hütten neben der Brücke gezwängt. Ein Friseur schneidet Haare. Und Remy, der Schneider, flickt zerrissene Hemden mit überraschend sicherer Hand, obwohl er auch nüchtern aussieht wie betrunken. Irgendwann nach dem tausendsten Rausch sind die Augen glasig geblieben.

Sie kennen sich, sie helfen sich, sie streiten und versöhnen sich. Sie können einander gar nicht aus dem Weg gehen. Der Slum, diese verdreckte, stinkende, zusammengequetschte Siedlung, hat sich eine überraschend bürgerliche Ordnung bewahrt. Wenn Luis abends zur Arbeit geht, reicht ihm Marietta ein frisch gewaschenes, sorgfältig gefaltetes Hemd. Fast alle hier leben in Familien zusammen. Die Männer verdienen ein wenig Geld, die Frauen bleiben zu Hause und passen auf die Kinder auf, solange es gar nicht anders geht, dann suchen auch sie sich einen Job. Manche sparen auf einen Fernseher, andere auf eine neue Schultasche für die Kinder.

Aus westlicher Sicht sind Slums Brutstätten der Gewalt, erfüllt von Mord und Schießereien. Das trifft zu auf viele Elendsviertel, vor allem in den Megastädten Lateinamerikas und Afrikas, wo eine Kultur der Gewalt längst die traditionellen Bindungen aufgelöst hat. In Asien ist dies seltener. Unter den Fledermausmenschen finden sich einige wenige Drogendealer und Kleinkriminelle, meist sind es junge Männer. Sie wollen noch nicht einsehen, dass das Leben der Älteren bald auch ihr Alltag sein wird: zehn Stunden am Tag schufteten und trotzdem nie genug Geld haben. Also ziehen sie abends los, in eine bessere Gegend, stehlen Handys und Geldbeutel. Das lockt hin und wieder Uniformierte unter die Brücke.

Die Polizisten schießen in die Luft, scheuchen die Sitoys und ihre Nachbarn auf, lassen sie stundenlang im Dunkeln am Ufer stehen, durchwühlen das hölzerne Dickicht. Aber finden selten mehr als ein paar Pesos. Mürrisch ziehen sie wieder ab, am nächsten Morgen lachen die Frauen über sie.

Fast jeden Tag trifft sich Marietta mit ihnen auf dem Uferstreifen.

»Hast du schon gehört, dass Dominados Hahn gestorben ist?«

»Nein, wie furchtbar!«

»Sah Remy gestern nicht wieder schrecklich aus?«

»Ach, er trinkt zu viel!«

Klatsch im Slum. Im Stehen, ohne Kaffee und ohne Kuchen, dafür mit umso mehr Geschrei. Die stille Marietta spricht auch da nicht viel, sie lächelt nur, wenn die Frauen ihre Witze über die Männer reißen. Sie erzählen Geschichten, lustige und bedrückende, sie lachen, prusten, schauen traurig. Dann klettern sie zurück in ihre Verschläge und versuchen, über den Tag zu kommen.

Reis für die ganze Familie? 40 Pesos. Gemüse oder Fisch? 40 Pesos. Trockenmilch fürs Baby? 50 Pesos. Wasser? 6 Pesos. Gas für den Kocher? 10 Pesos. Macht 146 Pesos pro Tag. Marietta, die ruhige Rechnerin, hat das im Kopf, denkt immer daran. Muss sie ja, sie verwaltet den Lohn, die 150 Pesos, umgerechnet 2,50 Euro, die Luis jeden Morgen nach der Arbeit aus dem Hafen mitbringt.

Wenn die Sonne aufgeht, legt er sich hin, und sie steht auf. Und fängt an zu kalkulieren. Spart sie an der Milch, kann sie ein Stück Seife kaufen und neue Windeln. Die einjährige Mary-Jean hat oft Durchfall in letzter Zeit. Wird er zu schlimm, streift Marietta ihr die Windel ab, zieht den 20-Liter-Wasserkannister näher, als Sichtschutz, und hält mit gleichmütiger Miene die von Krämpfen geschüttelte Kleine über das Kloloch. Sie hofft, dass die Krankheit billig bleibt. Dass das Virus von allein verschwindet und sie kein Geld für Arzneien auszugeben braucht.

Am Abend ist der Tageslohn dahin. Luis geht zur Arbeit, am nächsten Tag fangen sie von vorne an, mit neuen 150 Pesos. So leben die Sitoys von der Hand in den Mund, von heute auf morgen, wie einst die Jäger im Urwald. Ein Leben wie aus ferner Vergangenheit, inmitten der lärmenden Moderne.

Aber nicht mehr lange! Bald kommen wir hier raus! Früher, sagt Luis, habe er oft diesen Gedanken gehabt. Mit den Jahren ist er leiser geworden. Zu mächtig ist der Gegenbeweis. Keiner unter der Brücke hat den Weg nach oben geschafft. Ein paar Verzweifelte sind sogar zurück in die Provinz gezogen. So wie auch Marietta es vorschlägt, zaghaft noch, aber immer häufiger in letzter Zeit. Luis widerspricht stets, zu hart, zu aussichtslos scheint die Feldarbeit. Er besitzt kein Land, die Ernte würde ihm nicht gehören. Er könnte sich nur als Helfer bei einem Großbauern verdingen für ein paar Pesos am Tag. Für die Kinder wäre der Weg zur Schule viel zu weit. Muchaco hat bald seinen ersten Tag Unterricht, und die ältere Tochter Marjorie ist auch schon vier Jahre alt.

Schule? Muchaco kann es kaum erwarten. »Wann geht es endlich los?«, fragt er fast jeden Morgen. Schon ein Dutzend Mal hat er sich den Weg zeigen lassen, es ist nicht weit bis zu dem kleinen Steinbau inmitten der Hüttenlandschaft, in dem die Kinder aus den Slums rechnen und schreiben lernen. Zappelig erzählt Muchaco davon, dass er immer fleißig lernen wolle, und dann, schon bald, werde er Chauffeur sein, wie Luis einer ist. Oder war, bevor die Sache mit der Einspritzpumpe passierte.

Luis ist eine Ausnahme unter der Brücke. Fast alle hier haben sie irgendeinen Job. Sie sammeln Müll, verkaufen Bananen, schleppen Steine. Aber kaum einer hat einen richtigen Beruf. Draußen auf dem Land haben sie nichts gelernt, außer die Felder zu bestellen. Luis ist anders. Er hat eine Prüfung bestanden, einen Schein bekommen, er kann einen Jeepney fahren. So nennen sie auf den Philippinen die Sammeltaxis.

Jahrelang hat Luis eine dieser bunt bemalten Mischungen aus Jeep und Kleinwagen durch das nächtliche Manila gesteuert. Neben einer lärmenden, leuchtenden Diskothek war sein Standplatz. Von dort fuhr er durch leere Straßen und über dunkle Kreuzungen. Er stritt sich mit Betrunknen, brachte junge Paare nach Hause und dösende Fabrikarbeiter zur Frühschicht. Der Lohn waren 300 Pesos pro Nacht, 5 Euro. Stets hat er darauf gehofft, einmal die besser bezahlte Tagschicht fahren zu können. Er hat davon geträumt, selbst einen Jeepney zu besitzen, wofür er 300.000 Pesos brauchte. Das wäre sein Weg aus dem Slum gewesen. Die Einspritzpumpe machte dem Traum ein Ende. Vor einem halben Jahr ging sie kaputt, und damit war Luis arbeitslos. Die Reparatur müsste der Eigentümer des Jeepneys bezahlen, der aber ist Seemann und kommt erst in einigen Monaten wieder an Land. So lange kann Luis nicht warten. Er braucht den Lohn.

Nach wochenlangem Suchen hat er einen neuen Job gefunden, für das halbe Geld. Jetzt macht er sich täglich, nach Sonnenuntergang, auf den Weg zum Hafen, nicht weit von der Brücke. An der Kaimauer legen jede Nacht die großen Schiffe an, heimgekehrt von langer Fahrt durch das Südchinesische Meer, den Rumpf gefüllt mit feuchten Fischen. Schwitzende Männer hieven den Fang an Land, von Hand zu Hand reichen sie die gefüllten Bottiche, jeder Bottich einen Zentner schwer, ziehen sie über den nassen Beton in

die Halle, wo andere Männer sie aneinander reihen, geordnet nach Sorte und Schiff, ausgestellt für die Großhändler und Lieferanten, die hier ihre Lastwagen füllen. Es sind Millionen Fische. Und Tausende billige Hände, Tausende von Männern, die hier Arbeit finden. Fast alle wohnen in den Slums.

Luis schippt das Eis, mit dem die Großhändler ihren Einkauf kühlen. Er steht in einem offenen Stahlcontainer und schaufelt die Brocken in eiserne Eimer. Unten drückt die Kälte gegen die Gummistiefel, oben dringt der Schweiß durch das Hemd, nach zehn Minuten zieht Luis es aus, schwitzt trotzdem, schaufelt weiter. So geht es jede Nacht bis vier Uhr früh.

Der Lohn sind 150 Pesos, die Hälfte des gesetzlichen Mindestlohns. In Manila ist der so verbindlich wie die Straßenverkehrsordnung, es ist, als gäbe es die Vorschrift gar nicht. Früher hatten die Arbeiter feste Verträge, inzwischen werden sie von Monat zu Monat, von Woche zu Woche angeheuert. Wie in den meisten Entwicklungsländern schwindet auch in den Philippinen die Zahl der festen Jobs, die den Menschen ein regelmäßiges Einkommen sichern.

Am nächsten Morgen ist Luis betrunken. Marietta senkt den Blick, als sie erklärt, wo ihr Mann den Tag verbringt. Das Hirn mit Schnaps betäubt, schnarcht er im Verschlag eines anderen Hafendarbeiters. Erst am späten Nachmittag klettert Luis in die Kammer. Verlegen murmelt er etwas von dem Drang, alles vergessen zu wollen. Gleich nach der Arbeit hatten sie den Gin geöffnet, made in the Philippines. Schmeckt nicht besonders. »Bier können wir uns nicht leisten«, sagt Luis. Hat wenig Alkohol, kostet viel Geld. Ein schlechtes Geschäft für jeden, der den schnellen Rausch sucht. Sie trinken viel unter der Brücke, vor allem, seitdem sie nicht mehr wissen, wie es weitergeht. Seit das Schild oben an der Straße prangt.

Groß und farbig bedruckt steht es da, geschmückt mit dem Namen der philippinischen Präsidentin, Gloria Macapagal Arroyo. Die Regierung plant neben der Brücke den Bau einer Pumpanlage. Das Meer ist nah, die neue Maschine soll dafür sorgen, dass nicht mehr alle paar Wochen, bei jeder schweren Flut, nach jedem starken Regen die Straßen im öligen Wasser versinken. Ein Segen für das Viertel, eigentlich. Aber nicht für die Fledermausmenschen.

Ihre Verschlüge sind der Pumpe im Weg. So wie Slums dauernd irgendwo im Weg sind, überall auf der Welt. Die Geschichte wiederholt sich tausendfach: Jahrelang stört sich keiner an den Hütten, fast gehören sie zum Stadtbild, doch dann werden plötzlich Straßen erweitert, Schienen gelegt, neue Wohnviertel geplant, und weil den Menschen in den Armensiedlungen das Land nicht gehört, auf dem sie hausen, und die Brücke schon gar nicht, unter der sie hängen, werden sie vertrieben. Selten kümmert es jemanden, wo sie bleiben.

Diesmal geben sich die philippinischen Behörden generös, sie bieten eine Umsiedlung an. Draußen auf dem Land, zwei Stunden Busfahrt von Manila entfernt, locken steinerne, stabile Häuser mit Fenstern und richtigen Toiletten. Towerville heißt die Siedlung, sie böte die Chance, auf eine Weise zu wohnen, wie sie es sich unter der Brücke alle erträumen. Trocken. Sauber. Kühl. Und jeder hätte genug Platz. Trotzdem wollen die Sitos nicht hin. Sie können es nicht.

»Wovon sollen wir in Towerville leben?«, fragt Luis. Er hat von Leuten in einer ähnlichen Siedlung gehört. Sie haben jetzt einen steinernen Fußboden, aber der Reis reicht nicht mehr für alle. Denn draußen auf dem Land gibt es keinen Fischereihafen, keine Fabriken und keine Baustellen. Auch keine reichen Geschäftsleute, die in Villen wohnen und Handlanger brauchen, Fahrer zum Beispiel oder Hausmädchen. So ziehen die Fabriken die Arbeiter an und die Paläste die Hütten. Weil es aber zu viele sind, die überleben wollen, bleibt jedem nur eine Hand voll Pesos. Lehnte Luis seinen schlechten Lohn ab, würde er ersetzt, es gibt ja genug andere. Also arbeitet er weiter. Ein Leben lang.

Den genauen Tag verraten die Behörden nicht, aber irgendwann in den nächsten Wochen werden die Räumungstrupps unter der Brücke stehen. Geschützt von den Gewehren der Polizei, werden sie mit Brechstangen und schweren Hämmern die Verschlüge einreißen. Die Fledermausmenschen werden versuchen, sich zu wehren, und nur Zoto wird sie unterstützen. Zoto ist eine Art Gewerkschaft der Armen. In ihr haben sich vor dreißig Jahren die Bewohner von Tondo, Manilas größtem Elendsviertel, zusammengeschlossen. Weil sich die Regierung nicht um sie kümmerte, wollten sie sich künftig selbst helfen.

Heute hat Zoto 10.000 Mitglieder, unterhält ein halbes Dutzend Kindertagesstätten und Krankenstationen in verschiedenen Slums und bildet Gesundheitshelfer aus, finanziert unter anderem von der deutschen Hilfsorganisation Brot für die Welt. Nach einer Analyse der Vereinten Nationen ist dies einer der wenigen

Vorteile, welche die Globalisierung den Menschen in den Elendsvierteln des Südens gebracht hat: Seitdem die Welt ökonomisch zusammengewachsen ist, haben sie besseren Zugang zu Geld aus dem Ausland.

Um die Zerstörung des Brückendorfes zu verhindern, werden die Leute von Zoto vielleicht eine Sitzblockade organisieren. Luis, Marietta und die anderen werden vor der Shopping-Mall demonstrieren oder sogar vor dem Parlament. Am Ende aber werden die Fledermausmenschen keine Chance gegen die Polizei und die Räumungstrupps haben. Sie werden die Brücke verlassen müssen.

Manchmal, am Abend, wenn Luis schon auf dem Weg zur Arbeit ist, geht Marietta mit den Kindern hinüber in das Hüttendorf gleich neben der Straße. Unter einem rostigen Dach stehen dort ein Tisch, ein paar Plastikstühle und alte Spielautomaten. Das ist die Bar, der Nachtclub des Slums.

Die Fledermausmenschen tanzen und trinken. Sie schalten den Karaoke-Fernseher ein, das Mikrofon wandert durch die Reihen, und vom Gin beschwerte Stimmen singen englische Lieder. *A Man Without Love* zum Beispiel oder *Sex Bomb*. Marietta singt nicht, aber sie wippt lächelnd mit den nackten Zehen im Takt, und auf ihrem Arm wiegt sie die einjährige Mary-Jean. Sie hat ihr ein paar rote und blaue Spangen ins dünne Haar gesteckt, als Schmuck für den Abend. Muchaco springt und zappelt und schlenkert mit den Armen. Applaus begleitet die letzten ausgeleiterten Klänge, der Sänger verbeugt sich wie ein großer Star, das Publikum jubelt, Marietta strahlt, und irgendjemand sagt wieder den Satz, den sie hier oft sagen, wie aus Trotz: »Wir sind arm, aber wir sind glücklich.«

Luis ist da längst wieder im Hafen und schaufelt schwitzend das Eis in die Eimer.

© DIE ZEIT 16.12.2004 Nr.52

## A.18 Texte zum Gruppenpuzzle „Vektorrechnung“

### Thema 1: Vektoraddition und Vektorsubtraktion

Man kann auch mit Vektoren rechnen. Allerdings sind dabei eigene Regeln zu beachten, die sich zum Teil sehr stark von den Rechenregeln für „normale“ Zahlen, also vom Rechnen mit Skalaren, unterscheiden. Es gibt für die Vektoren eine Addition, eine Subtraktion und drei verschiedene Multiplikationen. Die Addition und die Subtraktion von Vektoren ist das Thema, das Sie hier erarbeiten sollen. Eine der drei Multiplikationsarten wird von einer anderen Gruppe erarbeitet und die anderen beiden Multiplikationsarten besprechen wir erst in der 2. Klasse.

#### Die Vektoraddition

Bei der **Addition von zwei Vektoren**  $\vec{a} = \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix}$  und  $\vec{b} = \begin{pmatrix} x_b \\ y_b \end{pmatrix}$  wird rein rechnerisch so vorgegangen:

$$\vec{a} + \vec{b} = \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_b \\ y_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_a + x_b \\ y_a + y_b \end{pmatrix} = \vec{c}$$

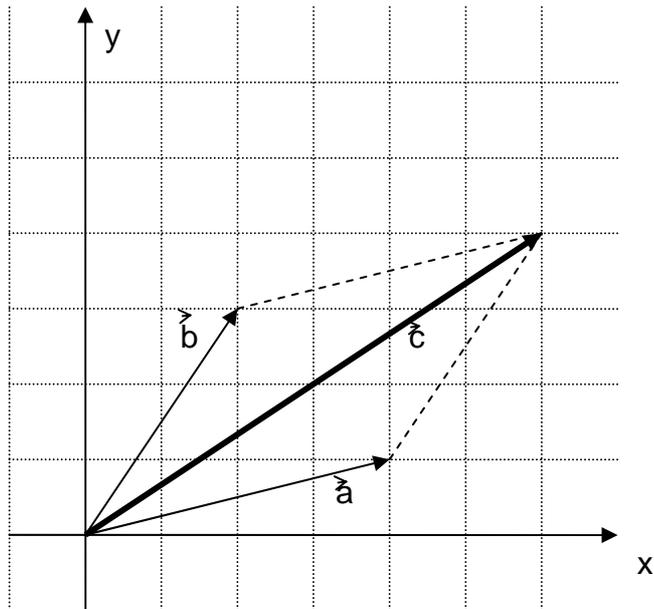
Die Summe zweier Vektoren ist also wieder ein Vektor, der hier  $\vec{c}$  genannt wird. Sehen wir uns gleich ein Beispiel an:

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} 4 \\ 1 \end{pmatrix} \text{ und } \vec{b} = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$

Für die Summe dieser beiden Vektoren gilt also:

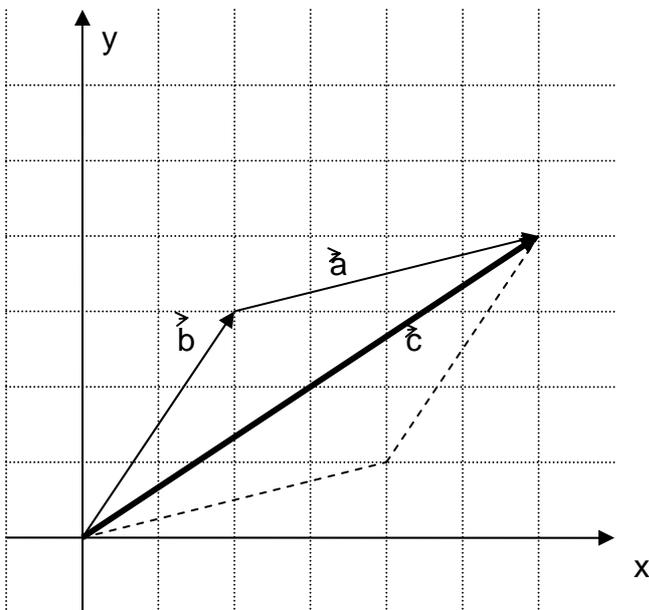
$$\vec{a} + \vec{b} = \begin{pmatrix} 4 \\ 1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 4+2 \\ 1+3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 \\ 4 \end{pmatrix} = \vec{c}$$

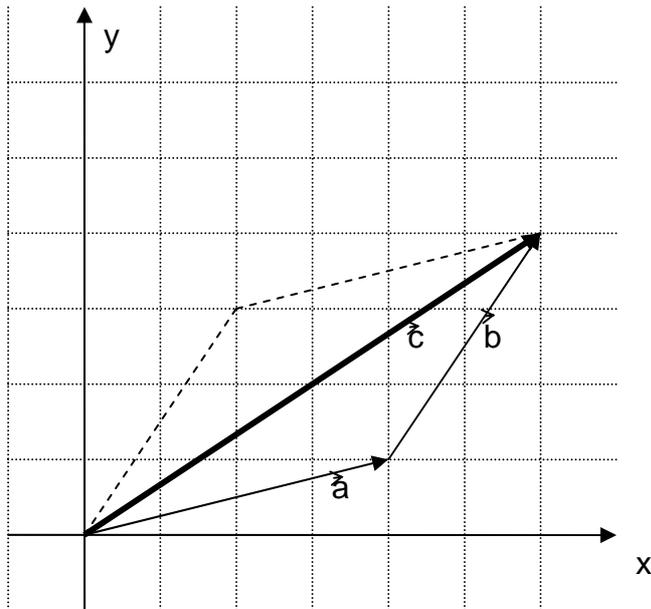
Wenn wir diese drei Vektoren  $\vec{a}$ ,  $\vec{b}$  und  $\vec{c}$  alle von Ursprung ausgehend in ein Koordinatensystem einzeichnen, so ergibt sich das folgende Bild:



Es sollte auffallen, dass der Vektor  $\vec{c}$  die Diagonale eines Parallelogramms (=“Vektorparallelogramm“) darstellt, das von den beiden Vektoren  $\vec{a}$  und  $\vec{b}$  aufgespannt wird (strichliert eingezeichnet). Man spricht bei der Summe von zwei Vektoren deshalb auch vom „**resultierenden Vektor**“.

Man kann die Summe zweier Vektoren auch als „Hintereinandersetzen“ der beiden Vektoren verstehen, wobei man sofort erkennt, dass die Reihenfolge dieses Hintereinandersetzens unwichtig ist, weil man in beiden Fällen zum selben Endpunkt kommt.

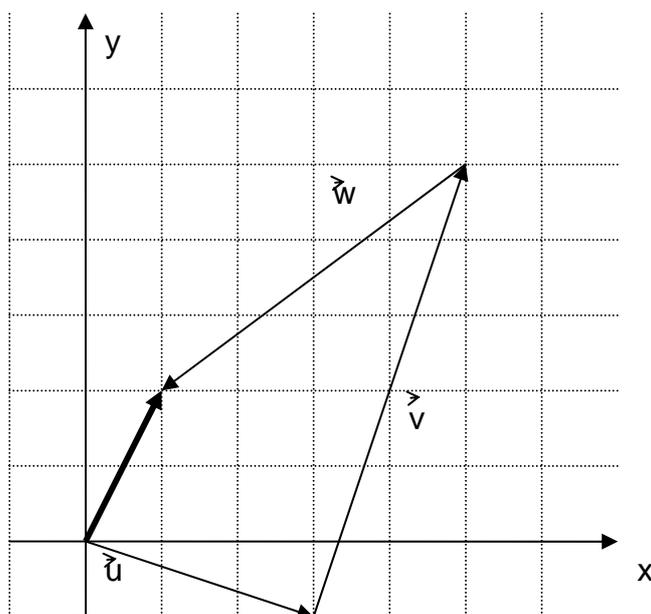




Es gilt also:  $\vec{a} + \vec{b} = \vec{b} + \vec{a}$ , die Vektoraddition ist also **kommutativ**.

Die hintereinander gesetzten Vektoren werden zusammen auch „**Vektorkette**“ genannt. Die Summe der Vektoren (=die Resultierende) ist der Vektor zwischen Anfangspunkt und Endpunkt dieser Vektorkette.

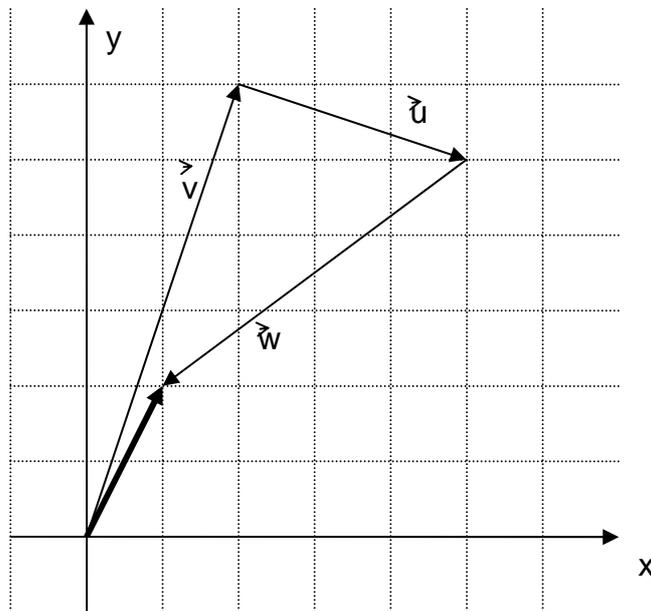
Man kann natürlich auch mehrere Vektoren addieren. Versuchen wir das mit den drei Vektoren  $\vec{u} = \begin{pmatrix} 3 \\ -1 \end{pmatrix}$ ,  $\vec{v} = \begin{pmatrix} 2 \\ 6 \end{pmatrix}$  und  $\vec{w} = \begin{pmatrix} -4 \\ -3 \end{pmatrix}$ . Lösen wir das Beispiel zuerst zeichnerisch:



Zeichnerisch ergibt sich für die Summe der drei Vektoren also der Vektor zwischen dem Anfangspunkt und dem Endpunkt der Vektorkette. Das ist der Vektor  $\begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ .

Rechnerisch ergibt sich:  $\vec{u} + \vec{v} + \vec{w} = \begin{pmatrix} 3 \\ -1 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 2 \\ 6 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -4 \\ -3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3+2-4 \\ -1+6-3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \end{pmatrix}$ . Diese Lösung stimmt also mit der zeichnerischen Lösung überein.

Auch hier ist die Reihenfolge der Addition für das Ergebnis unerheblich, wie das Beispiel  $\vec{v} + \vec{u} + \vec{w}$  zeigt:



Ein besonderer Vektor ergibt sich, wenn die Vektorkette geschlossen ist. In diesem Fall ist man am Ende wieder genau dort, wo man gestartet ist. Die Summe einer solchen Vektoraddition ist dann der so genannte „**Nullvektor**“  $\vec{0} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}$ .

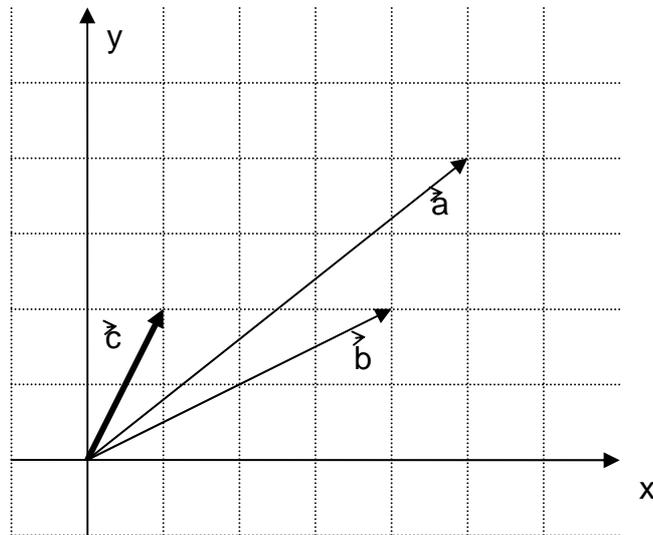
### Die Vektorsubtraktion

Die **Vektorsubtraktion** ist rechnerisch genau so einfach wie die Vektoraddition:

$$\vec{a} - \vec{b} = \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x_b \\ y_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_a - x_b \\ y_a - y_b \end{pmatrix} = \vec{c}$$

Betrachten wir auch hier die geometrische Bedeutung an Hand eines Beispiels mit

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix} \text{ und } \vec{b} = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$$



Wie erzeugt man hier mit den Vektoren  $\vec{a}$  und  $\vec{b}$  den Vektor  $\vec{c}$ ? Sehen wir uns noch einmal den Rechengang bei der Vektorsubtraktion an:

$$\vec{a} - \vec{b} = \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x_b \\ y_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_a - x_b \\ y_a - y_b \end{pmatrix}$$

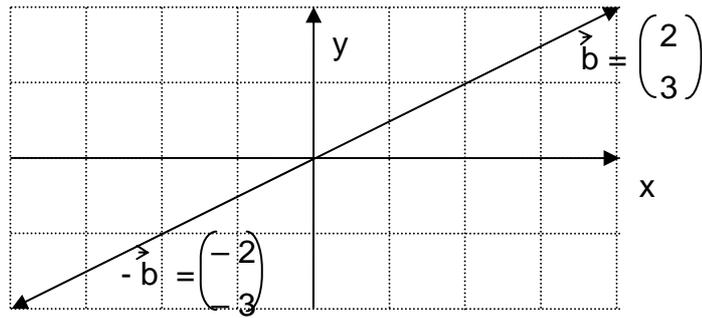
Hier machen wir uns mit einem Trick daraus eine Vektoraddition:

$$\vec{a} - \vec{b} = \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x_b \\ y_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_a - x_b \\ y_a - y_b \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_a + (-x_b) \\ y_a + (-y_b) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_a \\ y_a \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -x_b \\ -y_b \end{pmatrix} = \vec{a} + (-\vec{b})$$

Wir können also die Subtraktion des Vektors  $\vec{b}$  ersetzen durch eine Addition des Vektors  $-\vec{b}$ .

Was bedeutet aber der Vektor  $-\vec{b}$  eigentlich? Betrachten wir unser Beispiel von oben:

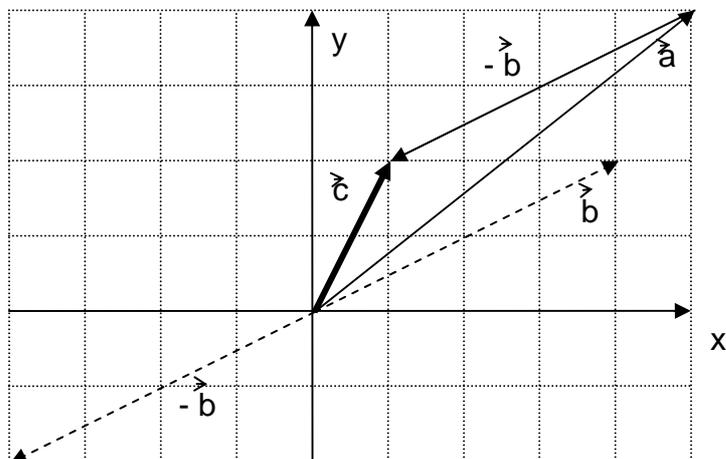
Wenn  $\vec{b} = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$  ist, dann ergibt sich für  $-\vec{b} = \begin{pmatrix} -2 \\ -3 \end{pmatrix}$ . Vergleichen wir diese beiden Vektoren miteinander:



Wie zu sehen ist, ist der Vektor  $\begin{pmatrix} -2 \\ -3 \end{pmatrix}$  genau gleich lang wie der Vektor  $\vec{b} = \begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$ , er ist ihm aber genau entgegengesetzt.  $\begin{pmatrix} -2 \\ -3 \end{pmatrix}$  wird deswegen auch „Gegenvektor“ von  $\begin{pmatrix} 2 \\ 3 \end{pmatrix}$  genannt. Man erhält also einen zu einem Vektor entgegengesetzten Vektor, wenn man die Vorzeichen der Koordinaten umdreht.

Bei einem gegebenen Vektor  $\vec{b} = \begin{pmatrix} x_b \\ y_b \end{pmatrix}$  nennen wir also den Vektor  $-\vec{b} = \begin{pmatrix} -x_b \\ -y_b \end{pmatrix}$  den „**Gegenvektor**“ von  $\vec{b}$ .

Für die Vektorsubtraktion bedeutet das geometrisch:



Geometrisch bedeutet die Vektorsubtraktion also eine Vektoraddition mit dem Gegenvektor!

## Thema 2: Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar

### Vektoren und Skalare

Wie wir zu Beginn gelernt haben sind **Vektoren** Größen, die eine Richtung besitzen. **Skalare** hingegen haben keine Richtung.

Deswegen werden Vektoren mit Koordinaten beschrieben, die die Richtung und die Länge des Vektors anzeigen können: Zum Beispiel sagt uns der Vektor  $\vec{v} = \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix}$ , dass diese Größe so gerichtet ist, dass wir im Koordinatensystem 4 Einheiten nach rechts und 3 Einheiten nach oben gehen müssen, und dass die Länge dieser Größe gleich  $\sqrt{4^2 + 3^2} = 5$  ist.

Skalare hingegen sind mit Hilfe einer einzigen Zahl ausreichend beschrieben. Sie haben sozusagen nur eine „Länge“, aber keine Richtung.

### Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar

Wollen wir nun ein Skalar  $k$  mit einem Vektor  $\vec{v} = \begin{pmatrix} x_v \\ y_v \end{pmatrix}$  multiplizieren, so schreiben wir

$$k \cdot \vec{v} = k \cdot \begin{pmatrix} x_v \\ y_v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k \cdot x_v \\ k \cdot y_v \end{pmatrix}$$

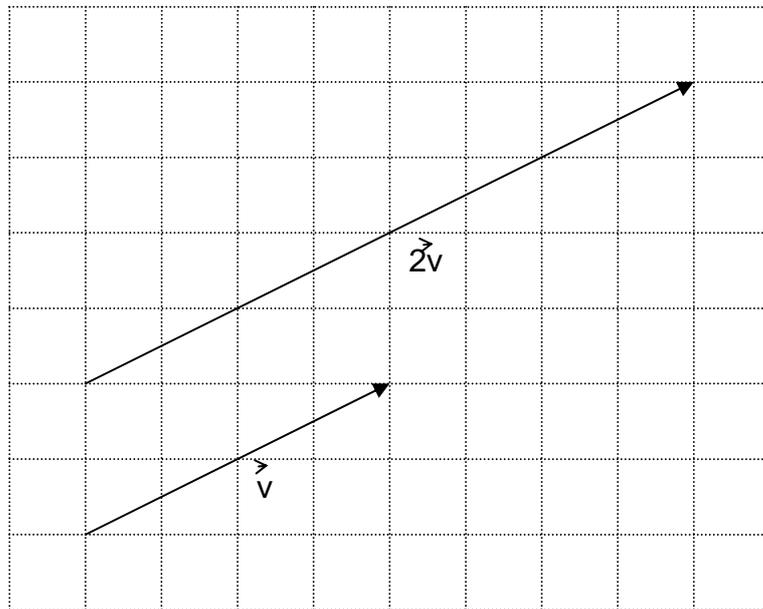
Bei der **Multiplikation eines Skalars und eines Vektors** werden also einfach die Koordinaten des Vektors mit dem Skalar multipliziert.

Diese Multiplikation ist übrigens **kommutativ**, also vertauschbar:

$$\vec{v} \cdot k = \begin{pmatrix} x_v \\ y_v \end{pmatrix} \cdot k = \begin{pmatrix} x_v \cdot k \\ y_v \cdot k \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k \cdot x_v \\ k \cdot y_v \end{pmatrix} = k \cdot \vec{v}$$

Was bedeutet es aber jetzt für einen Vektor, wenn er mit einem Skalar multipliziert wird? Sehen wir uns einige Beispiele an. Gegeben ist etwa der Vektor  $\vec{v} = \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix}$ , den wir mit verschiedenen Skalaren multiplizieren und uns das Ergebnis betrachten.

Multiplizieren wir  $\vec{v}$  zuerst mit 2:  $2 \cdot \vec{v} = 2 \cdot \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \cdot 4 \\ 2 \cdot 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 8 \\ 4 \end{pmatrix}$ . Vergleichen wir nun die Vektoren  $\vec{v}$  und  $2 \cdot \vec{v}$  geometrisch:

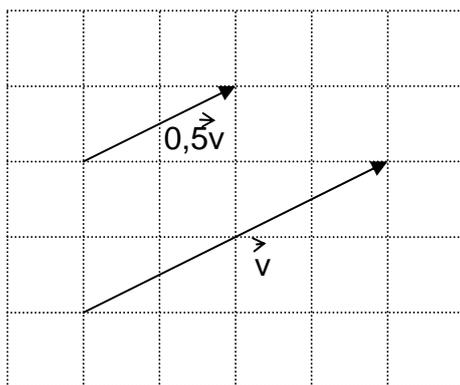


Wir haben also einen Vektor erhalten, der **zweimal** so lang ist wie der Vektor  $\vec{v}$  und die gleiche Richtung und Orientierung hat.

Versuchen wir die Multiplikation von  $\vec{v}$  mit dem Skalar 0,5:

$$0,5 \cdot \vec{v} = 0,5 \cdot \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,5 \cdot 4 \\ 0,5 \cdot 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

Der geometrische Vergleich zeigt folgendes Bild:

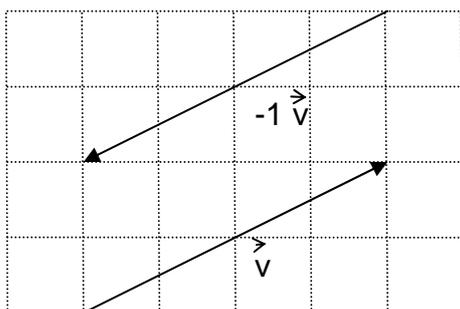


Jetzt ist also ein Vektor entstanden, der nur halb so lang (=0,5 Mal so lang) wie der Vektor  $\vec{v}$  ist!

Zusammenfassend können wir sagen, dass die Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar die Länge des Vektors ändern kann. Das Skalar  $k$  gibt an, wie sich die Länge des Vektors verändert. Ist  $k > 1$ , so wird der Vektor länger. Ist  $0 < k < 1$ , so wird der Vektor kürzer.

Was aber passiert, wenn das Skalar negativ ist? Versuchen wir einmal, den Vektor  $\vec{v}$  mit dem Skalar  $k = -1$  zu multiplizieren und betrachten wir dann wieder das dazu passende geometrische Bild:

$$(-1) \cdot \vec{v} = (-1) \cdot \begin{pmatrix} 4 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} (-1) \cdot 4 \\ (-1) \cdot 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -4 \\ -2 \end{pmatrix}$$



Wir erhalten jetzt also einen Vektor, der gleich lang ist wie  $\vec{v}$ , der aber genau entgegengesetzt orientiert ist! Einen solchen Vektor nennt man auch den „Gegenvektor“ von  $\vec{v}$ .

Bei einem gegebenen Vektor  $\vec{v} = \begin{pmatrix} x_v \\ y_v \end{pmatrix}$  nennen wir also den Vektor  $-\vec{v} = \begin{pmatrix} -x_v \\ -y_v \end{pmatrix}$  den „Gegenvektor“ von  $\vec{v}$ .

Zusammenfassend lässt sich also sagen: Multipliziert man einen Vektor mit einer Zahl (einem Skalar), deren Betrag größer ist als 1 (also  $|k| > 1$ ), dann wird der Vektor verlängert. Ist der Betrag des Skalars kleiner als 1 (also  $|k| < 1$ ), dann wird der Vektor verkürzt. Und wenn das Skalar negativ ist (also  $k < 0$ ), dann ändert der Vektor seine Orientierung).

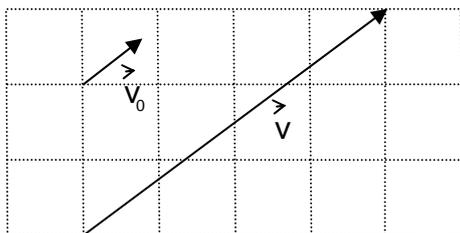
### Der Einheitsvektor

Für verschiedene Anwendungen ist es wichtig einen gegebenen Vektor auf die Länge 1 zu bringen. Einen Vektor mit der Länge 1 nennt man „Einheitsvektor“.

Gegeben ist beispielsweise der Vektor  $\vec{v} = \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix}$ . Wir suchen nun einen Vektor, der dieselbe Richtung und Orientierung wie der Vektor  $\vec{v}$  hat, der aber die Länge 1 besitzt. Diesen Vektor nennen wir „Einheitsvektor von  $\vec{v}$ “ und geben ihm das Symbol  $\vec{v}_0$ . Um diesen Vektor zu berechnen, müssen wir zuerst die Länge des Vektors  $\vec{v}$  bestimmen:  $|\vec{v}| = \sqrt{4^2 + 3^2} = 5$ .  $\vec{v}$  hat also die Länge 5. Der gesuchte Vektor  $\vec{v}_0$  hat also nur  $\frac{1}{5}$  der Länge des Vektors  $\vec{v}$ . Um  $\vec{v}_0$  zu erhalten, müssen wir  $\vec{v}$  mit  $\frac{1}{5}$  multiplizieren:

$$\vec{v}_0 = \frac{1}{5} \cdot \vec{v} = \frac{1}{5} \cdot \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{4}{5} \\ \frac{3}{5} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,8 \\ 0,6 \end{pmatrix}$$

Vergleichen wir einmal die Vektoren  $\vec{v}$  und  $\vec{v}_0$  graphisch:



Wir sehen also:  $\vec{v}_0$  hat also dieselbe Richtung und Orientierung wie  $\vec{v}$ , hat aber die Länge 1.

Die Formel zur Bestimmung des „**Einheitsvektors**  $\vec{v}_0$  **eines gegebenen Vektors**  $\vec{v}$ “ lautet also:

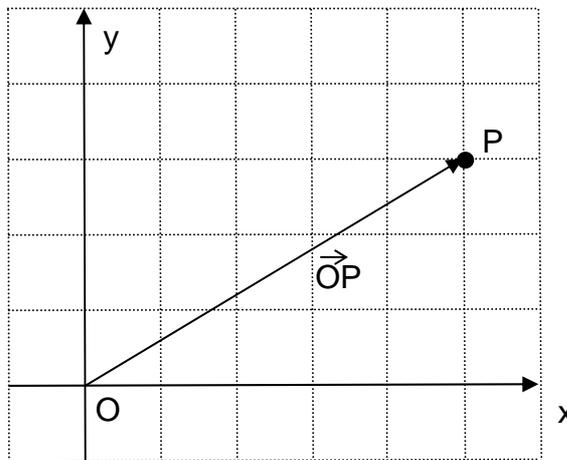
$$\vec{v}_0 = \frac{1}{|\vec{v}|} \cdot \vec{v} \quad \text{oder} \quad \vec{v}_0 = \frac{\vec{v}}{|\vec{v}|}$$

# Thema 3: Ortsvektoren, Vektoren zwischen Punkten und Normalvektoren

## Ortsvektoren

Normalerweise geben wir die Koordinaten eines Punktes folgendermaßen an:  $P (x_p / y_p)$ . Allerdings kann man den Ort eines Punktes im Koordinatensystem auch mit Hilfe des Vektors angeben, der den Weg vom Ursprung zum Punkt  $P$  anzeigt. Einen solchen Vektor nennen wir „**Ortsvektor des Punktes  $P$** “.

Sehen wir uns dazu ein Beispiel an: Gegeben ist der Punkt  $P (5 / 3)$ . Wie sieht dann der Ortsvektor von  $P$  aus?



Mit  $O$  wird der Ursprung (= englisch „origin“) bezeichnet,  $\vec{OP}$  ist der Vektor vom Ursprung  $O$  zum Punkt, also der Ortsvektor von  $P$ . Statt  $\vec{OP}$  wird oft kurz auch  $\vec{P}$  geschrieben.

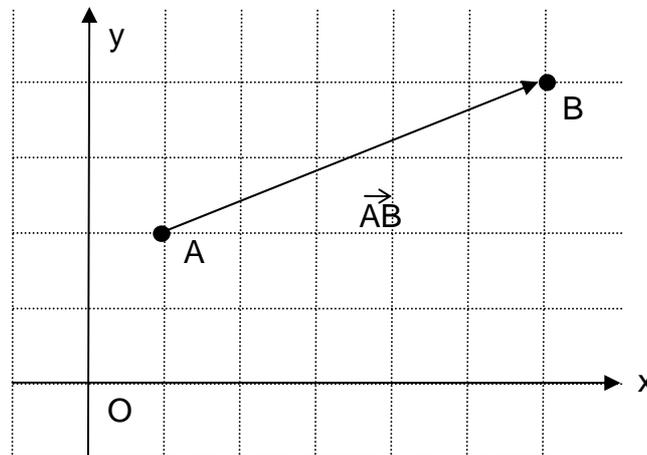
Zusammenfassend können wir die Koordinaten eines Punktes also auf die beiden folgenden Arten angeben:

- In der so genannten „Zeilenform“:  $P(x_p / y_p)$
- In der so genannten „Spaltenform“:  $\vec{OP} = \vec{P} = \begin{pmatrix} x_p \\ y_p \end{pmatrix}$ , die dem Ortsvektor von  $P$  entspricht.

## Vektoren zwischen Punkten

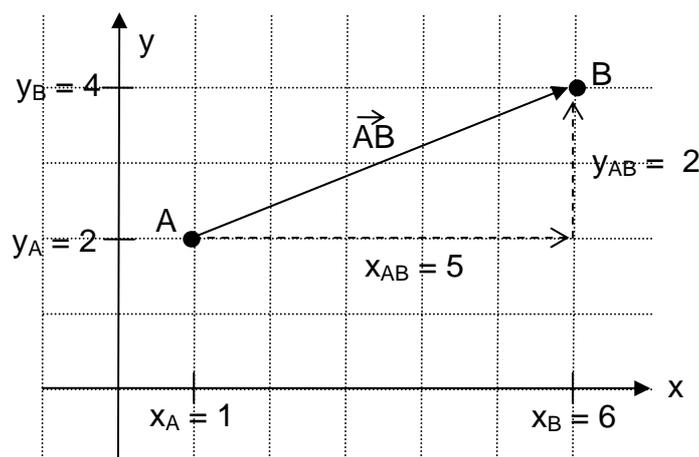
Vektoren beschreiben Wege in einem Koordinatensystem. Der Ortsvektor eines Punktes beschreibt den Weg von Ursprung zu diesem Punkt. Wie beschreiben wir jetzt aber den Weg von einem Punkt, der nicht der Ursprung ist, zu einem anderen Punkt? Wie kommt man etwa vom Punkt  $A (1/2)$  zum Punkt  $B (6/4)$ ?

Sehen wir uns das in einem Koordinatensystem an:



Wir erkennen, dass der Vektor von  $A$  nach  $B$ , den wir in Zukunft  $\vec{AB}$  nennen werden, die Koordinaten  $\vec{AB} \begin{pmatrix} 5 \\ 2 \end{pmatrix}$  hat.

Wie ergibt sich aber dieser Vektor aus den Koordinaten der Punkte  $A$  und  $B$ , wie kann dieser Vektor also berechnet werden? Sehen wir uns noch einmal obige Abbildung zusammen mit den eingezeichneten Koordinaten der beiden Punkte  $A$  und  $B$  und des Vektors  $\vec{AB}$  an:



Wir erkennen, dass die  $x$ -Koordinate  $x_{AB}$  des Vektors  $\vec{AB}$  gleich der Differenz der  $x$ -Koordinaten der Punkte  $A$  und  $B$  ist:

$$x_{AB} = x_B - x_A$$

Das gleiche gilt für die  $y$ -Koordinate:  $y_{AB} = y_B - y_A$

Beachten Sie, dass die Reihenfolge dieser Subtraktion nicht egal ist! Wir subtrahieren immer von den Koordinaten des Endpunkts die Koordinaten des Anfangspunkts. Die Regel, nach der wir beim Berechnen des Vektors  $\vec{AB}$  vorgehen, heißt deswegen kurz:

**„Endpunkt minus Anfangspunkt“** (veraltet auch: „Spitze minus Schaft“)

Als Formel geschrieben bedeutet das, wenn die beiden Punkte  $A(x_A / y_A)$  und  $B(x_B / y_B)$  lauten:

$$\vec{AB} = \begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \end{pmatrix} \quad \text{oder auch} \quad \vec{AB}$$

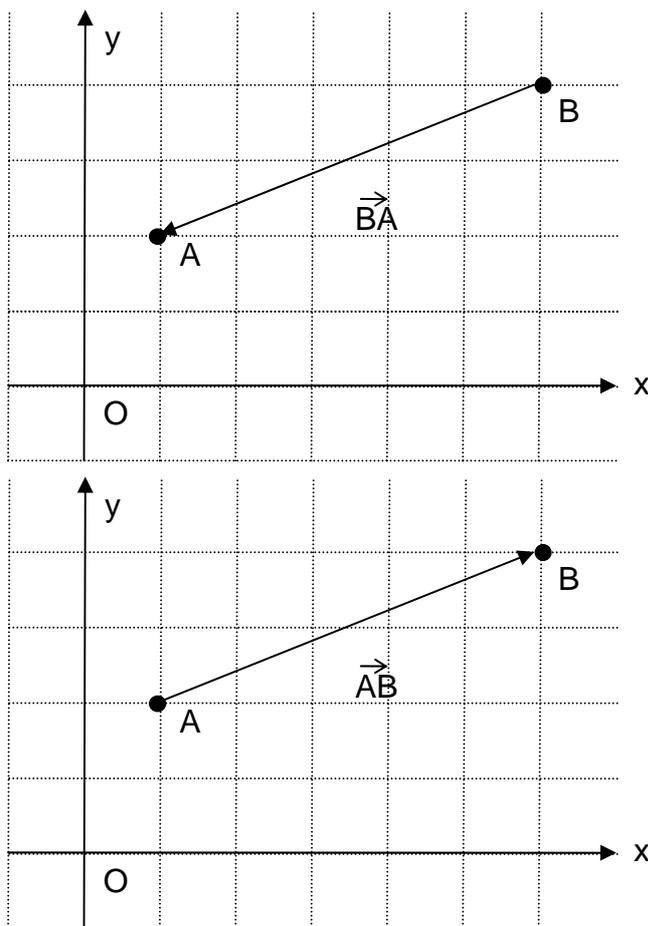
$$= \vec{B} - \vec{A} = \begin{pmatrix} x_B \\ y_B \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} x_A \\ y_A \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_B - x_A \\ y_B - y_A \end{pmatrix}$$

Beachten Sie, dass durch die Schreibweise  $\vec{AB}$  klar festgelegt ist, dass A der Anfangspunkt und B der Endpunkt des Vektors ist! Der zuerst stehende Punkt ist immer der Anfangspunkt, der zuletzt stehende der Endpunkt des Vektors.

### Gegenvektoren

Betrachten wir nun den Vektor  $\vec{BA}$ . Die Berechnung ergibt  $\vec{BA} = \begin{pmatrix} 1-6 \\ 2-4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -5 \\ -2 \end{pmatrix}$ .

Der Vektor  $\vec{BA}$  hat also die negativ gesetzten Koordinaten des Vektors  $\vec{AB}$ . Vergleichen wir diese beiden Vektoren miteinander im Koordinatensystem:



Wir sehen, dass der Vektor  $\vec{BA}$  gleich lang ist wie  $\vec{AB}$ , dieselbe Richtung hat, aber genau entgegengesetzt orientiert ist. Man spricht deswegen hier auch davon, dass  $\vec{BA}$  der „Gegenvektor“ von  $\vec{AB}$  ist.

Um die Koordinaten eines Vektors negativ zu setzen, kann man auch vor dem Vektor ein „-“ setzen:

$$\vec{BA} = -\vec{AB}$$

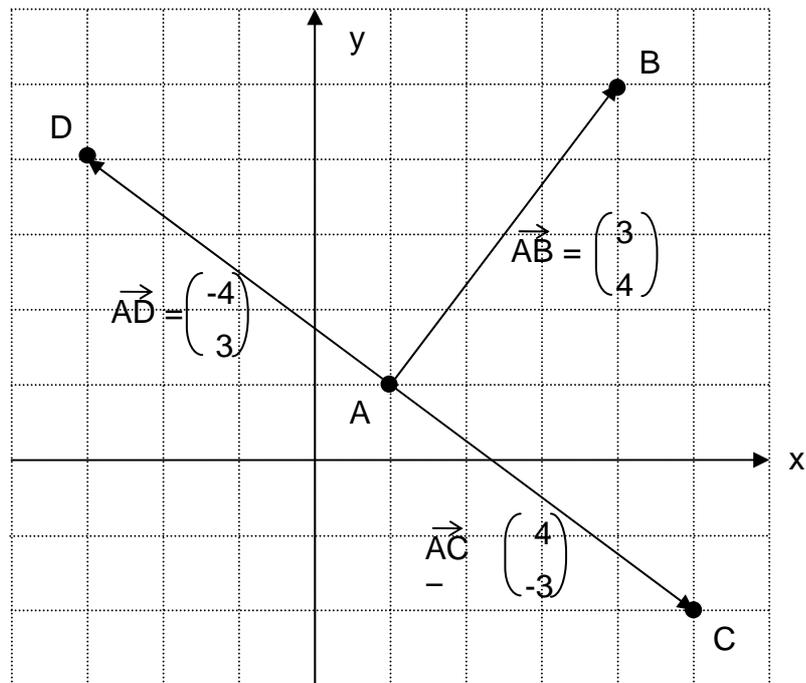
Rechnerisch sieht das etwa bei dem obigen beim obigen Beispiel folgendermaßen aus:

$$\vec{BA} = -\vec{AB} = -\begin{pmatrix} 5 \\ 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -5 \\ -2 \end{pmatrix}$$

Allgemein schreibt man für den Gegenvektor eines Vektors  $\vec{v}$  einfach  $-\vec{v}$ .

## Normalvektoren

Sehen wir uns in einem Koordinatensystem die Punkte A(1/1), B (4/5), C (5/-2) und D (-3/4) mit den drei Vektoren  $\vec{AC}$ ,  $\vec{AB}$  und  $\vec{AD}$  an:



Aus der Abbildung lassen sich folgende Ergebnisse ablesen:

- Die Vektoren  $\vec{AB}$  und  $\vec{AC}$  stehen aufeinander in einem rechten Winkel (sie sind aufeinander „**normal**“) und sind gleich lang.
- Die Vektoren  $\vec{AB}$  und  $\vec{AD}$  sind aufeinander normal und sind gleich lang.
- Die Vektoren  $\vec{AC}$  und  $\vec{AD}$  sind entgegengesetzt orientiert (also zueinander Gegenwinkel) und gleich lang.

Wir wollen uns hier mit den normal aufeinander stehenden Vektoren beschäftigen. Wir erkennen bei den Koordinaten, dass normal aufeinander stehende Vektoren mit der gleichen Länge fast dieselben Koordinaten haben. Der Unterschied besteht darin, dass die x – und die y – Koordinate vertauscht sind und eine der beiden Koordinaten ein anderes Vorzeichen hat.

Wenn wir vom Vektor  $\vec{AB}$  ausgehen, so entsteht der Vektor  $\vec{AC}$  durch eine Drehung des Vektors  $\vec{AB}$  um  $90^\circ$  nach rechts. Will man also einen Vektor erhalten, der um  $90^\circ$  nach rechts gedreht ist, so muss man die Koordinaten des Ausgangsvektors umdrehen und bei der neuen y – Koordinate das Vorzeichen wechseln.

Wie wir am Vektor  $\vec{AB}$  sehen können, erhalten wir einen um  $90^\circ$  nach links gedrehten Vektor durch einen Tausch der beiden Koordinaten und einen Wechsel des Vorzeichens der neuen x – Koordinate.

Vektoren, die aufeinander senkrecht stehen, heißen „**Normalvektoren**“.

Zusammenfassend erhalten wir bei einem gegebenen Vektor  $\vec{v} = \begin{pmatrix} x_v \\ y_v \end{pmatrix}$  die nach rechts und nach links gedrehten Normalvektoren mit gleicher Länge durch die folgenden Formeln:

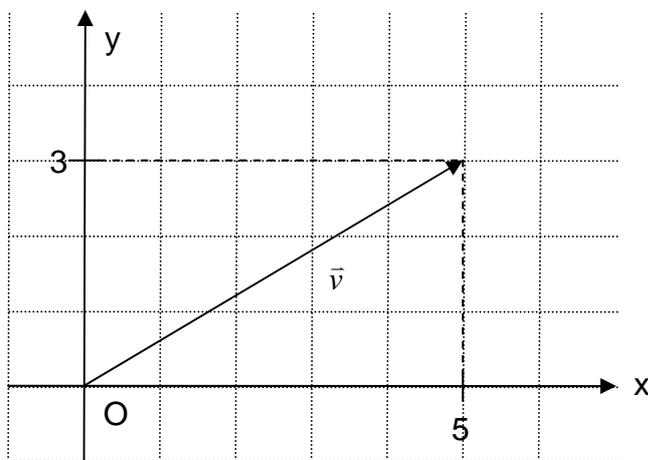
**Nach rechts gedrehter Normalvektor:**  $\vec{n}_{\vec{v},rechts} = \begin{pmatrix} y_v \\ -x_v \end{pmatrix}$

**Nach links gedrehter Normalvektor:**  $\vec{n}_{\vec{v},links} = \begin{pmatrix} -y_v \\ x_v \end{pmatrix}$

## Thema 4: Winkel und Länge von Vektoren, Vektorzerlegung

Die Eigenschaften eines Vektors sind seine Länge, seine Richtung und seine Orientierung. Diese Eigenschaften werden in einem Koordinatensystem mit Hilfe der Koordinaten des Vektors festgelegt.

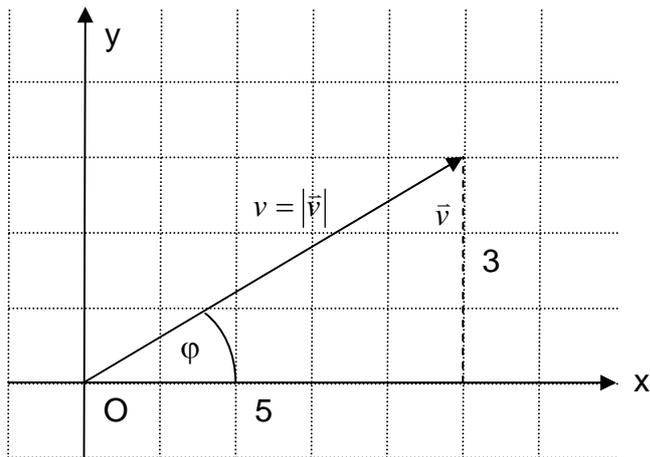
Betrachten wir etwa den Vektor  $\vec{v} = \begin{pmatrix} 5 \\ 3 \end{pmatrix}$  in einem Koordinatensystem:



Durch seine Koordinaten sind die drei Eigenschaften des Vektors fix festgelegt. Dass wir den Vektor im Ursprung O (das Symbol kommt vom englischen „origin“, das Ursprung bedeutet) beginnen lassen, ist für diese drei Eigenschaften nicht wichtig. Der Vektor gibt ja nur einen Weg im Koordinatensystem an, ohne festzulegen, wo dieser Weg beginnt.

### Länge und Winkel von Vektoren

Gibt es nicht aber eine andere Möglichkeit, die Eigenschaften eines Vektors festzulegen? Eine solche andere Methode ist, den Winkel, den der Vektor mit der x – Achse einschließt, anzugeben. Damit ist sowohl die Richtung als auch die Orientierung des Vektors festgelegt. Nur die Länge des Vektors muss noch dazu angegeben werden. Im Koordinatensystem sieht das dann so aus:



Mit den beiden Größen  $v$ , die der Länge des Vektors  $\vec{v}$  entspricht, und dem Winkel  $\varphi$  ist der Vektor eindeutig festgelegt.

Natürlich kann man diese beiden Größen aus der x – und der y – Koordinate des Vektors berechnen:

$$v \text{ ist ja einfach die Länge des Vektors: } v = |\vec{v}| = \left| \begin{pmatrix} 5 \\ 3 \end{pmatrix} \right| = \sqrt{5^2 + 3^2} = \sqrt{34} = 5,83$$

Zur Berechnung des Winkels  $\varphi$  benutzen wir, dass die Koordinaten von  $v$  zusammen mit dem Vektor  $v$  ein rechtwinkeliges Dreieck bilden. Hier können wir also die Winkel-funktionen verwenden und entscheiden uns für den Tangens, weil wir  $\varphi$  aus der x – Koordinate und der y – Koordinate von  $v$  berechnen wollen und diese beiden Seiten des Dreiecks die Katheten sind:

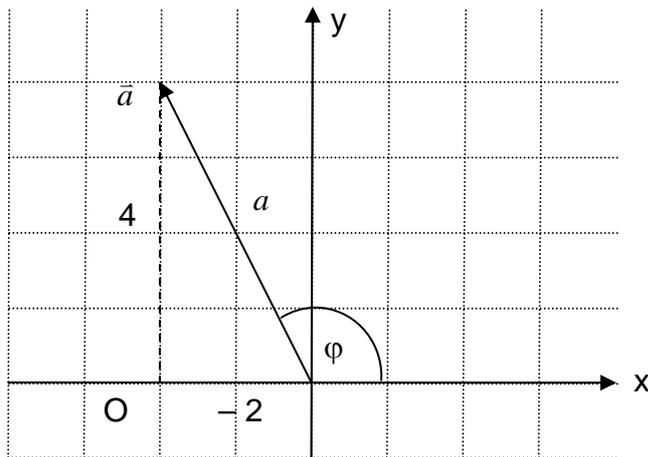
$$\text{Es ergibt sich die Gleichung } \tan(\varphi) = \frac{3}{5} \text{ und weiters für } \varphi = \arctan\left(\frac{3}{5}\right) = 30,96^\circ .$$

Zusammenfassend ergeben sich zur Berechnung der beiden Größen  $v$  und  $\varphi$  aus den Koordinaten  $x_v$  und  $y_v$  des Vektors  $\vec{v} = \begin{pmatrix} x_v \\ y_v \end{pmatrix}$  allgemein die folgenden beiden Formeln:

$$v = \sqrt{x_v^2 + y_v^2} \quad \text{und} \quad \tan(\varphi) = \frac{y_v}{x_v}$$

Dass hier bei der rechten Formel nicht gleich der Arkustangens verwendet wird, soll das folgende Beispiel zeigen:

Gegeben ist der Vektor  $\vec{a} = \begin{pmatrix} -2 \\ 4 \end{pmatrix}$ . Bestimmen wir zuerst die Länge  $a$  und den Winkel  $\alpha$  graphisch:



Wenn wir die Formeln von oben verwenden, so ergibt sich:

$$a = \sqrt{4^2 + (-2)^2} = \sqrt{16 + 4} = \sqrt{20} = 4,47$$

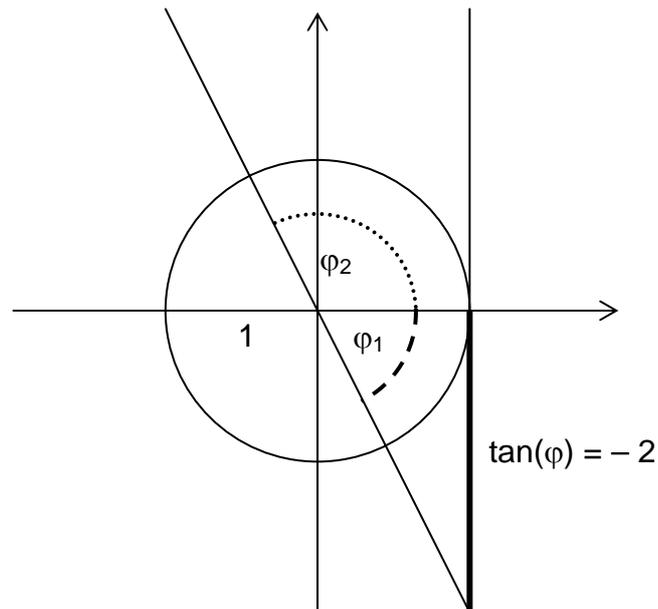
$$\tan(\varphi) = \frac{4}{-2} = -2 \quad \rightarrow \quad \varphi = \arctan(-2) = -63,44^\circ$$

Das zweite Ergebnis ist offensichtlich falsch. Der richtige Winkel liegt zwischen dem rechten und dem gestreckten Winkel, muss also zwischen  $90^\circ$  und  $180^\circ$  liegen! Was ist da falsch gelaufen?

Erinnern wir uns an unsere Überlegungen, die wir am Einheitskreis zu den Winkelfunktionen gemacht haben:

Wir hatten gelernt, dass es für einen Winkelfunktionswert immer zwei passende Winkel gibt! Für die Gleichung

$\tan(\varphi) = -2$  sieht das am Einheitskreis folgendermaßen aus:



Wir haben also von den beiden Lösungen der Gleichung  $\tan(\varphi) = -2$  die für unseren Vektor nicht passende Lösung  $\varphi_1$  gefunden. Die richtige Lösung  $\varphi_2$  erhalten wir, wenn wir zu  $\varphi_1$   $180^\circ$  hinzuaddieren.

In der Praxis muss man also bei einem Vektor immer wissen, wohin er zeigt, damit der richtige Winkel berechnet werden kann. Zeigt der Vektor nach links (was bei einer negativen x – Koordinate des Vektors passiert), dann muss für den richtigen Winkel zum  $\arctan\left(\frac{y_v}{x_v}\right)$  noch  $180^\circ$  addiert werden.

Für unser Beispiel bedeutet das:

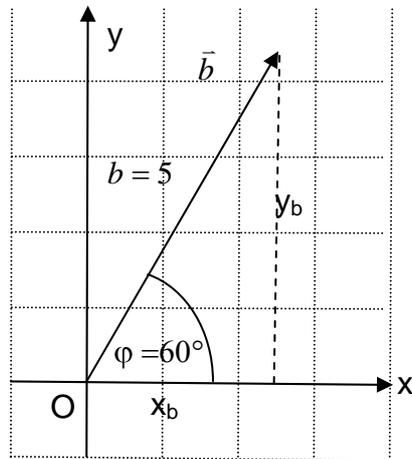
$$\tan(\varphi) = -2 \quad \text{und} \quad \text{der Vektor zeigt nach links} \quad \rightarrow$$

$$\varphi = \arctan(-2) + 180^\circ = -63,44^\circ + 180^\circ = 116,56^\circ$$

### Vektorzerlegung

Gerade in praktischen physikalischen Problemen sind oft von einem Vektor die Koordinaten nicht bekannt. Statt dessen kennt man seine Länge und seinen Winkel. Wenn wir aus diesen beiden Angaben die Koordinaten berechnen, dann nennt man das in der Physik „Zerlegung des Vektors in x – und in y – Richtung“.

Sehen wir uns ein Beispiel an: Wir kennen von einem Vektor  $\vec{b}$  die Länge  $b = 5$  und den Winkel zur positiven  $x$  – Achse  $\varphi = 60^\circ$ . Dieser Vektor sieht dann folgendermaßen aus:



Auch hier ist die Umrechnung nicht schwierig, wir können genauso wie vorhin das rechtwinkelige Dreieck nutzen und erhalten:

$$\cos(60^\circ) = \frac{x_b}{5} \quad \rightarrow \quad x_b = 5 \cdot \cos(60^\circ) = 2,5$$

$$\sin(60^\circ) = \frac{y_b}{5} \quad \rightarrow \quad y_b = 5 \cdot \sin(60^\circ) = 4,33$$

Die Umrechnungsformeln lauten deshalb für die Berechnung der Koordinaten eines Vektors  $\vec{v} = \begin{pmatrix} x_v \\ y_v \end{pmatrix}$  aus seiner Länge  $v$  und dem Winkel mit der positiven  $x$  – Achse  $\varphi$ :

$$x_v = v \cdot \cos(\varphi) \qquad y_v = v \cdot \sin(\varphi)$$

## A.19 Übungsaufgaben zu den vier Themen des Puzzleunterrichts „Vektorrechnung“

### Thema 1: Vektoraddition und Vektorsubtraktion

#### Übungsaufgaben

Gegeben sind die Vektoren  $\vec{a} = \begin{pmatrix} 3 \\ 2 \end{pmatrix}$ ,  $\vec{b} = \begin{pmatrix} 2 \\ 5 \end{pmatrix}$ ,  $\vec{c} = \begin{pmatrix} 4 \\ -3 \end{pmatrix}$  und  $\vec{d} = \begin{pmatrix} -5 \\ -1 \end{pmatrix}$

- Bestimmen Sie graphisch die Summe  $\vec{a} + \vec{b}$  und prüfen Sie Ihr Ergebnis durch Rechnung.
- Bestimmen Sie graphisch den resultierenden Vektor der beiden Vektoren  $\vec{b}$  und  $\vec{c}$ . Prüfen Sie Ihr Ergebnis durch Rechnung.
- Zeigen Sie graphisch mit Hilfe der Vektoren  $\vec{a}$  und  $\vec{c}$ , dass die Vektoraddition kommutativ ist.
- Zeichnen und berechnen Sie das Ergebnis der Vektorkette  $\vec{a} + \vec{c} + \vec{d}$
- Welcher Vektor muss zur Summe  $\vec{b} + \vec{d}$  noch hinzuaddiert werden, damit sich der Nullvektor ergibt?
- Bilden Sie den Gegenvektor zu  $\vec{c}$
- Bestimmen Sie graphisch und dann durch Rechnung das Ergebnis der Vektorsubtraktion  $\vec{a} - \vec{c}$

Lösungen: a)  $\begin{pmatrix} 5 \\ 7 \end{pmatrix}$  b)  $\begin{pmatrix} 6 \\ 2 \end{pmatrix}$  d)  $\begin{pmatrix} 2 \\ -2 \end{pmatrix}$  e)  $\begin{pmatrix} 3 \\ -4 \end{pmatrix}$  f)  $\begin{pmatrix} -4 \\ 3 \end{pmatrix}$  g)  $\begin{pmatrix} -1 \\ 5 \end{pmatrix}$

## Thema 2: Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar

### Übungsaufgaben

Gegeben ist der Vektor  $\vec{v} = \begin{pmatrix} -3 \\ 1 \end{pmatrix}$

- Berechnen und zeichnen Sie den Vektor, der drei mal so lang ist wie  $\vec{v}$ .
- Berechnen Sie den Vektor, der 5 mal so lang ist wie  $\vec{v}$  aber zu  $\vec{v}$  entgegengesetzt orientiert ist.
- Geben Sie die Eigenschaften eines Vektors an, der entsteht, wenn man  $\vec{v}$  mit  $\frac{1}{4}$  multipliziert. Geben Sie das Ergebnis rechnerisch an.
- Berechnen Sie den Einheitsvektor von  $\vec{v}$ .
- Durch die Multiplikation mit welchem Skalar erhält man den Gegenvektor von  $\vec{v}$ ? Geben Sie diesen Gegenvektor an.
- Was bedeutet es, dass die Multiplikation eines Vektors mit einem Skalar „kommutativ“ ist?

Lösungen: a)  $\begin{pmatrix} -9 \\ 3 \end{pmatrix}$  b)  $\begin{pmatrix} 15 \\ -5 \end{pmatrix}$  c) der Vektor hat  $\frac{1}{4}$  der Länge von  $v$  und ist gleich orientiert:  $\begin{pmatrix} -0,75 \\ 0,25 \end{pmatrix}$  d)  $\begin{pmatrix} -0,949 \\ 0,316 \end{pmatrix}$  e)  $k = -1$

### Thema 3: Ortsvektoren, Vektoren zwischen Punkten und Normalvektoren

#### Übungsaufgaben

Gegeben sind die Punkte A ( 5 / 2 ) und B (-3 / 4 )

- Berechnen Sie den Ortsvektor von A.
- Geben Sie B in Spaltenform an.
- Berechnen Sie den Vektor  $\vec{AB}$  an.
- Welche Bezeichnungen kann der Gegenvektor von  $\vec{AB}$  haben? Berechnen Sie diesen Gegenvektor.
- Berechnen Sie den Vektor, der entsteht, wenn man den Vektor  $\vec{AB}$  um  $90^\circ$  nach links dreht.
- Was bedeutet  $\vec{n}_{AB, rechts}$ ? Berechnen Sie diesen Vektor.

Lösungen: a)  $\begin{pmatrix} 5 \\ 2 \end{pmatrix}$  b)  $\begin{pmatrix} -3 \\ 4 \end{pmatrix}$  c)  $\begin{pmatrix} -8 \\ 2 \end{pmatrix}$  d)  $\vec{BA} = -\vec{AB} = \begin{pmatrix} 8 \\ -2 \end{pmatrix}$  e)  $\begin{pmatrix} 2 \\ 8 \end{pmatrix}$

## Thema 4: zerlegung

## Winkel und Länge von Vektoren, Vektor-

### Übungsaufgaben

- a) Berechnen Sie vom Vektor  $\vec{a} = \begin{pmatrix} 6 \\ 4 \end{pmatrix}$  die Länge  $a$  und den Winkel  $\varphi$ , den der Vektor mit der positiven  $x$  – Achse einschließt.
- b) Berechnen Sie vom Vektor  $\vec{b} = \begin{pmatrix} -5 \\ 5 \end{pmatrix}$  die Länge  $b$  und den Winkel  $\varphi$ , den der Vektor mit der positiven  $x$  – Achse einschließt.
- c) Berechnen Sie vom Vektor  $\vec{c} = \begin{pmatrix} -1 \\ -8 \end{pmatrix}$  die Länge  $c$  und den Winkel  $\varphi$ , den der Vektor mit der positiven  $x$  – Achse einschließt.
- d) Berechnen Sie vom Vektor  $\vec{d} = \begin{pmatrix} 3 \\ -4 \end{pmatrix}$  die Länge  $d$  und den Winkel  $\varphi$ , den der Vektor mit der positiven  $x$  – Achse einschließt.
- e) Zerlegen Sie den Vektor  $\vec{v}$ , dessen Länge 3 beträgt und der mit der positiven  $x$  – Achse den Winkel  $75^\circ$  einschließt, in seine  $x$  – und sein  $y$  – Komponente (=Koordinate). Zeichnen Sie diesen Vektor mit Hilfe seiner Länge und seines Winkels.
- f) Zerlegen Sie den Vektor  $\vec{w}$ , dessen Länge 7 beträgt und der mit der positiven  $x$  – Achse den Winkel  $210^\circ$  einschließt, in seine  $x$  – und sein  $y$  – Komponente (=Koordinate). Zeichnen Sie diesen Vektor mit Hilfe seiner Länge und seines Winkels.

Lösungen: a)  $a = 7,21$ ;  $\varphi = 33,69^\circ$  b)  $b = 7,07$ ;  $\varphi = 135^\circ$  c)  $c = 8,06$ ;  $\varphi = 262,88^\circ$  d)  $d = 5$ ;  $\varphi = -53,13^\circ$  e)  $\begin{pmatrix} 0,776 \\ 2,898 \end{pmatrix}$  f)  $\begin{pmatrix} -6,06 \\ -3,5 \end{pmatrix}$

## A.20 Schularbeit in der zum Thema „Vektorrechnung“

4. Mathematikschularbeit der 1CHE

Gruppe A

Name: \_\_\_\_\_

- 1) Gegeben sind zwei Punkte eines Rechtecks: A( - 2 / 8 ) und B( 3 / - 5 ). Der Umfang des Rechtecks beträgt 36 Einheiten.
- Berechnen Sie den Vektor  $\vec{AB}$ .
  - Berechnen Sie die Längen der Seiten des Rechtecks.
  - Berechnen Sie den Einheitsvektor von  $\vec{AB}$ . Welche Eigenschaften haben  $\vec{AB}$  und  $\vec{AB}_0$  gemeinsam, welche Eigenschaft ist verschieden?
  - Berechnen Sie die beiden fehlenden Eckpunkte C und D und prüfen Sie Ihr Ergebnis durch Zeichnen dieses Rechtecks in ein Koordinatensystem.

- 2) Gegeben sind die beiden Kräfte  $\vec{F}_1 = \begin{pmatrix} -60N \\ 120N \end{pmatrix}$  und  $\vec{F}_2$  mit  $F_2 = 200N$  und  $\varphi_2 = 20^\circ$  als den Winkel, den  $\vec{F}_2$  mit der positiven x – Achse einschließt.

- Geben Sie die Größe der Kraft  $\vec{F}_1$  an. Geben Sie den Winkel an, den  $\vec{F}_1$  mit der positiven x – Achse einschließt.

- Geben Sie für  $\vec{F}_2$  die Koordinaten an:  $\vec{F}_2 = \begin{pmatrix} x_2N \\ y_2N \end{pmatrix}$

- Geben Sie die resultierende Kraft der beiden Teilkräfte  $\vec{F}_1$  und  $\vec{F}_2$  an. Wie groß ist diese Kraft?

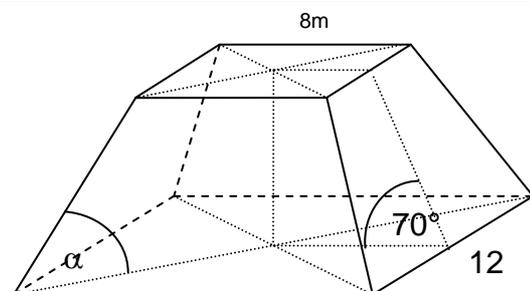
- 3) a) Welcher Vektor ergibt sich, wenn man zu einem Vektor seinen Gegenvektor addiert? Erklären Sie den Begriff des Gegenvektors.

- b) Gegeben ist der Vektor  $\vec{a} = \begin{pmatrix} 5 \\ -3 \end{pmatrix}$ . Welche fehlende x – Koordinate muss der Vektor

$$\vec{b} = \begin{pmatrix} x \\ 15 \end{pmatrix}$$

haben, damit die beiden Vektoren aufeinander normal stehen?

- 4) Berechnen Sie die Oberfläche des nebenstehenden Daches mit quadratischer Grundfläche. Wie groß ist der Winkel  $\alpha$  zwischen der Seitenkante des Daches und der Grundfläche?



5)  $2 - \frac{zw + w}{z - 1} = w \cdot \frac{z - 2}{z - 1}$        $z = ?$