



MNI-Fonds für Unterrichts- und Schulentwicklung
Themenorientierung im Unterricht
Schwerpunkt 3

**LÖSEN PHYSIKALISCHER AUFGABEN
MIT MATHEMATISCHEN MODELLEN**

**VERSUCH DER ÜBERWINDUNG DES
„KASTERLDENKENS“**

Mag.^a Renate Ginzinger

Mag. Klaus Unterrainer
BG Zaunergasse, Zaunergasse 3
5020 Salzburg

Salzburg, Juni 2005

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	2
ABSTRACT	4
1 EINLEITUNG	5
1.1 Das Motiv	5
1.2 Die Ziele	5
1.3 Die Methode	6
1.4 Der Gesamtplan	6
2. BESCHREIBUNG DES PROJEKTVERLAUFES	8
2.1 Einführung durch die Lehrer/innen	8
2.2 Gruppenbildung	8
2.3 Themenfindung durch die Schüler/innen	8
2.4 Auswahl der tatsächlich behandelten Themen	8
3. PROJEKTVERLAUF	9
3.1 Organisatorischer Rahmen	9
3.2 Beispiel „Quantenphysik“	9
3.3 Beispiel „Zerfall von Bierschaum“	11
4. SCHÜLERDOKUMENTATIONEN	11
4.1 Dokumentation des Beispiels aus 3 in der Anlage 5	12
4.2 Dokumentation des Beispiels aus 3.3 in der Anlage 6	12
5. FEEDBACK UND EVALUATION	12
5.1 Aus Sicht der Lehrer/innen	12
5.2 Aus Sicht der Schüler/innen	13
5.2.1 Eingangsfragebogen	13
5.2.2 Fragebogen zu Beginn der Semesterferien	14
5.2.3 Schülerinterviews	15
5.2.4 Logbuch	16
6. ANHANG	17
Anlage 1	17
Anlage 2	18

Anlage 3	18
Anlage 4	19
Anlage 5	25
Anlage 6	26
Anlage 7	28
Anlage 8	29
Anlage 9	30
Anlage 10	32
Anlage 11	33
Anlage 12	33
Anlage 13	35

ABSTRACT

In diesem Projekt arbeiteten die Lehrer/innen aus Mathematik und Physik in der 8A – Klasse (12. Schulstufe) des BG Zaunergasse 2 Stunden wöchentlich zusammen. In der Klasse saßen ursprünglich 22, später nur mehr 20 Schüler/innen.

Das Ziel dieses Teamteaching lag vor allem darin, den Schüelr/innen das Anwenden bekannter mathematischer Modelle auf Aufgabenstellungen aus der Physik (Kernstoff der Oberstufe) zu erleichtern.

Als Methode für diese Zusammenarbeit wurde das selbst organisierte Lernen – SOL – gewählt. Dabei erhalten alle Gruppen die selben Aufgabenstellungen, unterteilt in Teilaufgaben. Für jede Teilaufgabe gibt es einen Experten/eine Expertin. Die Expert/innen treffen sich zum Austausch bzw. Einholen von bereits gefundenen Lösungsansätzen.

Die tatsächlich bearbeiteten Themen ergaben sich aus einem Kompromiss der im Lehrplan vorgeschriebenen Themen und den Interessensschwerpunkten der Schüler/innen.

Die Schüler/innen arbeiteten sehr zielgerichtet und motiviert. Zur Feststellung ihrer eigenen Lernfortschritte, aber auch vorhandener Schwierigkeiten, führten sie ein Logbuch. Zwei Fragebögen, drei Schülerinterviews und die Logbücher dienten den Lehrer/innen zur Information über die Befindlichkeiten der Schüler/innen, ihre Lernfortschritte und deren Sorgen und Schwierigkeiten.

Das Ziel, „Die Überwindung des „Kasterldenkens““ ist nicht immer gelungen und forderte die Lehrer/innen heraus, neue Möglichkeiten für das Erreichen zu finden. Die Schülerinterviews zeigen ganz deutlich, dass eine derartige Zusammenarbeit viel früher beginnen müsste, damit sie eingeübt und zum Standard erhoben wird.

Im Leitbild des BG Zaunergasse ist für die Oberstufe festgeschrieben, dass pro Semester an einem Projekt – zumeist fächerübergreifend – gearbeitet werden muss. Dabei werden alle Stufen für die Erarbeitung eines Projektes aufsteigend durchlaufen und beurteilt.

Schulstufe: 12.

Fächer: Mathematik und Physik

Kontaktperson: Mag.^a Renate Ginzinger

Kontaktadresse: BG Zaunergasse, Zaunergasse 3, 5020 Salzburg

1 EINLEITUNG

1.1 Das Motiv

Auf einem Seminar mit der Idee der MNI – Projekte bekannt gemacht, nach eingehender Beschäftigung mit den Projektzielen und dem vorgesehenen Ablaufplan, entschieden wir uns für eine Teilnahme im Schuljahr 2004/05. Wir einigten uns auf eine Zusammenarbeit in der 8A – Klasse, fächerübergreifend in Physik und Mathematik. Zu Beginn des Projektes waren 21 Schüler/innen, 11 Mädchen und 10 Burschen, an dem Projekt beteiligt. Im Laufe des ersten Semesters brach ein Schüler die Schullaufbahn ab und der neuseeländische Gast beendete nach einem Schuljahr den Aufenthalt in Österreich.

Im Leitbild des BG Zaunergasse ist die Arbeit an und in Projekten als Schwerpunkt für die Oberstufe verankert.

In der 5. Klasse lernen die Schüler/innen verschiedene Arbeitstechniken kennen und anwenden. Daneben laufen an vier Nachmittagen Kommunikationsseminare, welche von einer externen Betreuerin nach einem von der Schule erstellten „Lehrplan“ durchgeführt werden.

In der 6. Klasse wird einerseits das Gelernte aus der Kommunikation an zwei weiteren Nachmittagen vertieft und ausgebaut, andererseits werden die verschiedensten Präsentationstechniken gelehrt und möglichst in allen Fächern eingeübt. Prinzipiell muss erwähnt werden, dass sich alle Lehrer/innen einer Klasse an der Einübung und Vertiefung der Kommunikations- und Präsentationstechniken beteiligen (müssen).

Das Arbeiten an Projekten beginnt in der 6. Klasse. In jedem Semester wird neben einigen kleinen ein größeres Projekt durchgeführt. Dabei wird in der 6. Klasse der Schwerpunkt auf das Arbeiten im Team gelegt, in der 7. Klasse auf die Präsentation und in der 8. Klasse auf die Dokumentation.

Den Anforderungen des Leitbildes folgend lag also eine fächerübergreifende Zusammenarbeit nahe. Unterrichtsbeobachtungen haben immer wieder deutliche Defizite bei den Schüler/innen gezeigt, wenn es darum ging, Gelerntes in einen anderen Fachbereich einzubringen und anwenden zu können. Dies trifft besonders auf die beiden Fächer Mathematik und Physik zu.

1.2 Die Ziele

Lehrer/innen erleben die Schüler/innen im Unterricht oft beim „Kasterldenken“. Sehen diese z. B. eine mathematische Aufgabenstellung, dann wird der „Mathematikkasten“ geöffnet, ist die Fragestellung physikalischer Natur, dann wird der „Physikkasten“ geöffnet. Geht man mit einer Aufgabenstellung in einen anderen Fachbereich hinein, kommen die dort erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten oft nicht zum Einsatz.

Deshalb war unser Grobziel, das Anwenden der Fertigkeiten und Kenntnisse im anderen Fachbereich zu stärken und zu einer Selbstverständlichkeit zu machen.

Im engeren Sinne wollten wir

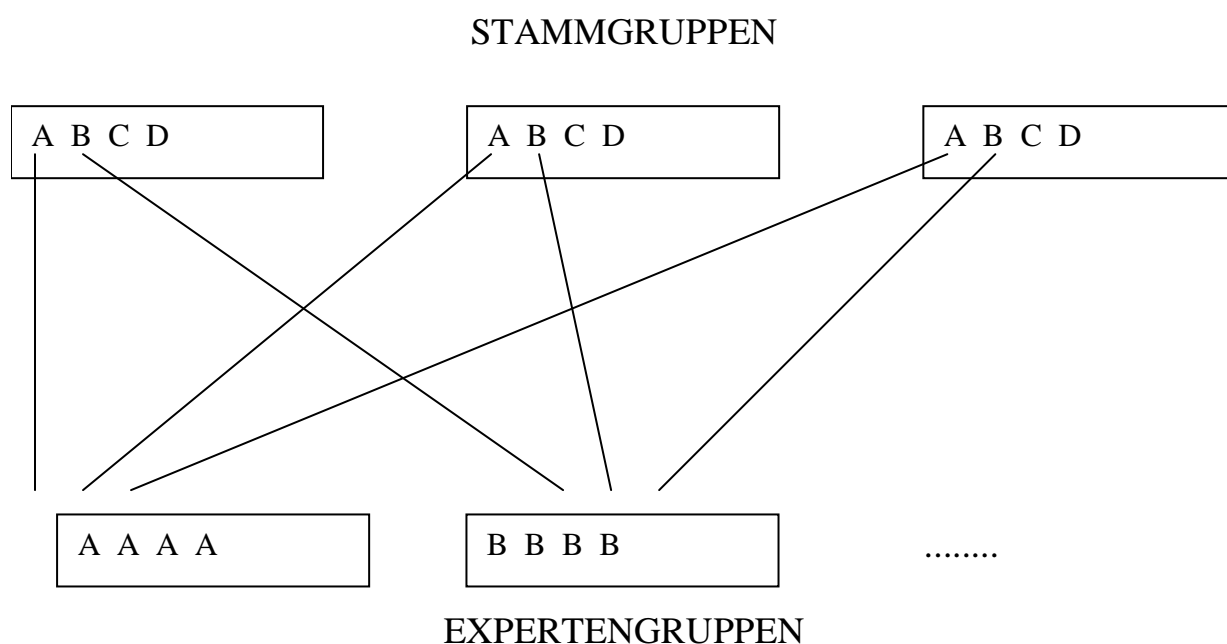
- ❖ die Gründe für diese Hindernisse erfahren,
- ❖ durch die Zusammenarbeit als Team ein sichtbares Zeichen zum Überschreiten der Fachgrenzen setzen,

- ❖ Möglichkeiten und Hilfestellungen finden zum Überwinden der bestehenden Hindernisse und
- ❖ geschlechterspezifische Unterschiede im Zugang zu dieser Thematik aufspüren.

1.3 Die Methode

Unser Bestreben war – die Ziele des Leitbildes unterstützend – die Erweiterung der Methodenkompetenz der Schüler/innen. Deshalb fiel die Wahl auf eine bisher nicht praktizierte Möglichkeit, der Methode SOL - selbstorganisiertes Lernen, siehe Anlage 1.

SOL geht davon aus, dass in einer Stammgruppe ein komplexer Bereich in einzelne Themen aufgeschlüsselt wird, wobei eine Expertin/ein Experte die Hauptverantwortlichkeit für ein Thema übernimmt. Die Arbeitsphasen finden abwechselnd in den Stammgruppen und themengleichen Expertengruppen statt.



Vorteile dieser Arbeitsform:

- ❖ Der Austausch in den Expert/innengruppen bietet Möglichkeiten, zu Lösungsansätzen zu kommen, die in anderen Stammgruppen schon gefunden worden sind, bzw. können eigene eingebracht werden.
- ❖ In der Stammgruppe haben die Beteiligten alle Aspekte der Problemstellung und deren Lösungen verfügbar.
- ❖ Der Arbeitsfortschritt und die Qualität des Ergebnisses hängt wesentlich vom Zusammenwirken der Expert/innen ab, bzw. wird dadurch überhaupt erst erreicht.
- ❖ Diese Methode ist auch für große Klassen geeignet.

1.4 Der Gesamtplan

Das Projekt wird fächerübergreifend in Mathematik und Physik in der Klasse 8A mit 20 ordentlichen Schüler/innen (12 Mädchen und 8 Knaben), einem außerordentlichen

Schüler und einem neuseeländischen Gastschüler mit 2 Wochenstunden (1 aus Physik und 1 aus Mathematik) durchgeführt.

In einer Eingangsbefragung wollten wir Klarheit darüber erhalten, welche Erfahrungen die Schüler/innen in ihrer bisherigen Schullaufbahn mit den beiden Fächern gemacht haben. Die Fragestellung und die erhaltenen Ergebnisse werden in Kapitel 5.2.1 besprochen.

Folgende Themenstellungen aus dem Lehrplan der Physik der Oberstufe sollten nach unserer Einschätzung behandelt werden und wurden bei der Projekteinreichung so formuliert:

- ❖ Wiederholung und Vertiefung der Schwingungen und Kreisbewegungen aus der Physik – Kurvendiskussionen aus der Mathematik
- ❖ Aufgabenstellungen, die von der Kenntnis des Weg – Zeit – Gesetzes zur Geschwindigkeits- und Beschleunigungsfunktion führen und umgekehrt. In der Mathematik geht es um die Einführung der Stammfunktionen.
- ❖ Interpretation der Arbeit als Fläche, Berechnen von Flächeninhalten durch Ober – und Untersummen, bestimmte Integrale.
- ❖ Elektronenhülle – Berechnen von Rotationsvolumina

Die Schüler/innen führen ein Logbuch (Lerntagebuch), das ihnen die Möglichkeit einräumt, Lernfortschritte wie auch –hindernisse in jeder Arbeitseinheit schriftlich darzulegen und uns Lehrer/innen einen Einblick in deren momentane Befindlichkeit ermöglicht.

Die Leistungen der Schüler/innen der 8A – Klasse werden in Mathematik nach der lernzielorientierten Beurteilung bewertet. Zu Beginn des Schuljahres erhielten die Schüler/innen alle jene Kernziele, welche sie bewältigen müssen. In diesem Jahr waren auch jene enthalten, welche im Rahmen dieses Projektes in beiden Fächern zu erarbeiten waren. Diese wurden zur Beurteilung in beiden Fächern herangezogen, was zu keinen Problemen führte.

Lernzielkatalog für die fächerübergreifende Arbeit:

- (K3) Du kannst angewandte Beispiele wie harmonische Schwingungen lösen und die Stammfunktion von trigonometrischen Funktionen aufstellen.
- (K5) Du kannst mit Hilfe der Geschwindigkeitsfunktion Weglängen berechnen, aus der Beschleunigungsfunktion die Zeit – Ort – Funktion aufstellen und auf angewandte Beispiele anwenden.
- (K9) Du kennst die verschiedenen Deutungen des Integrals in der Physik (z.B. Integral als Weglänge, Integral als Arbeit, Integrale in der Elektrizität, usw.) und kannst damit die Lösungen physikalischer Aufgabenstellungen beschreiben und auch berechnen.
- (K17) Du kannst die Exponential- und Logarithmusfunktion auf exponentielle Wachstums- und Abnahmefunktionen anwenden.
- (K23) Du kannst Bewegungen (gleichmäßig beschleunigte Bewegung, Bewegung unter Einfluss von Reibung, Beschreibung von Schwingungen, Schwingungen unter Einfluss von Reibung) durch einfache Differentialgleichungen beschreiben.

2. BESCHREIBUNG DES PROJEKTVERLAUFES

2.1 Einführung durch die Lehrer/innen

Am Beginn steht eine ausführliche Einführung in das geplante Projekt, wobei besonders die Ziele aus der Sicht der beiden Betreuer/innen dargelegt werden. Das Hauptinteresse der Schüler/innen richtet sich einerseits auf die Sorge, dass durch das Abzweigen je einer Unterrichtsstunde Mathematik und Physik die Vorbereitung auf die Reifeprüfung leiden könnte und andererseits darauf, wie das Arbeiten in diesem Projekt in die Leistungsbeurteilung einfließt.

Genau vorgestellt wird die für die Schüler/innen unbekannte Methode SOL.

2.2 Gruppenbildung

Wie bereits bei den Zielen ausgeführt sollte ein geschlechtsspezifischer Zugang beim Lösen der Aufgaben genau beobachtet werden. Deshalb wird bei der Gruppenbildung darauf geachtet, dass je eine reine Mädchen- bzw. Knabengruppe und zwei gemischte Gruppen gebildet werden. Innerhalb dieser Vorgaben wurde das Zufallsprinzip gewählt. Die Gruppenzusammenstellung bleibt während des gesamten Projektes gleich. (Ergebnis der Gruppenbildung siehe Anlage 2!).

2.3 Themenfindung durch die Schüler/innen

Ganz wichtig erscheint die Übereinstimmung der von den Lehrer/innen vorgeschlagenen Themenbereiche mit den Vorstellungen und vor allem den Interessen der Schüler/innen. (Arbeitsauftrag siehe Anlage 3!)

Folgende Themen und Reihungen ergeben sich dabei aus Schülersicht:

- ❖ Ellipse und Flugbahnen, Corioliskräfte
- ❖ Gravitation, Schwarze Löcher, Transfer zu Coulombfeldern
- ❖ Energieformen, Wind- und Solarkraftwerke
- ❖ Einführung in die Phänome der Quantenphysik
- ❖ Krafttransformation, Getriebe
- ❖ Radioaktiver Zerfall, Halbwertszeit, Zerfallsgesetz
- ❖ Teilchenbeschleuniger, Vakuumlichtgeschwindigkeit

2.4 Auswahl der tatsächlich behandelten Themen

Die tatsächliche Auswahl der Themen orientiert sich einerseits an den Anforderungen des Lehrplans und andererseits an der Berücksichtigung der Schülerwünsche.

- ❖ Formulieren physikalischer Fragen aus dem Experiment (Schaukel, Schranken), Auswahl einer aus Schülersicht besonders interessanten Station aus der an der Schule gezeigten Ausstellung „Mathematik zum Anfassen“.
- ❖ Verschiedene Bewegungen und deren mathematische Beschreibung
- ❖ Quantenphysik

- ❖ Anwendungen des bestimmten Integrals
 - Die physikalische Deutung von Flächen
 - Arbeit im Gravitationsfeld
- ❖ Wachstumsaufgaben und radioaktiver Zerfall
- ❖ Auffinden einer geeigneten Funktionsgleichung für das Experiment „Höhe des Bierschaumes in Abhängigkeit von der Zeit“

Die ausformulierten Arbeitsaufträge zu einigen Themen finden sich in der Anlage 4. Im Kapitel 3 wird an Hand von zwei ausgewählten Themenbereichen die Durchführung des Projektes erläutert. Die Auswahl der beiden Themen erfolgt deshalb, weil an ihnen das Erreichen, bzw. Verfehlen der gesetzten Ziele sehr gut aufgezeigt werden kann.

3.PROJEKTVERLAUF

3.1 Organisatorischer Rahmen

Die Arbeit am Projekt fand jeweils am Freitag in der 2. und 3. Stunde (auf dem Stundenplan standen die Fächer Mathematik und Physik) im Teamteaching statt. Zu Beginn wurde der Arbeitsauftrag in schriftlicher Form (siehe Anlagen 4 – 9!) ausgeteilt und besprochen, dann in den Gruppen gearbeitet und während der letzten 10 Minuten konnten die Eintragungen ins Logbuch erfolgen.

Anmerkung: Damit die Logbücher auch immer zur Verfügung standen, wurden sie am Ende der Doppeleinheit eingesammelt.

Die gewählte Methode SOL wurde dabei gut aufgenommen. Die Schwierigkeiten lagen eher bei den Lehrer/innen, die mitunter ihre typische Rolle schwer verlassen konnten und sofort als Berater/innen auftraten, statt die Expert/innen arbeiten zu lassen. Diese Beobachtung traf allerdings auch auf die Schüler/innen zu. Es scheint doch einfacher, bzw. gewohnter zu sein, die Lehrerin/den Lehrer direkt einzubinden.

Die Vorbildung für die Projektarbeit führte dazu, dass die Schüler/innen jederzeit ernsthaft, eigenverantwortlich und auf weiten Strecken selbstständig arbeiteten.

3.2 Beispiel „Quantenphysik“

Für die Bearbeitung dieses Themas wurden insgesamt 6 Unterrichtseinheiten aufgewendet. Das Thema war für die Schüler/innen vollkommen neu.

In der Anlage 6 findet man die Arbeitsaufträge dazu. Dabei sollte angemerkt werden, dass die Lehrer/innen zu viel in eine Doppelstunde verpackten und damit die Aufgabenstellungen verschoben, bzw. verändert werden mussten.

Im ersten Teil sollten die Schüler/innen die Entdeckungen finden, welche zur Krise der klassischen Physik zu Beginn des 20. Jahrhunderts geführt haben, sie mit namhaften Personen in Verbindung bringen und deren Lebenslauf kurz skizzieren.

Es wurde beobachtet, dass die Schüler/innen bei dieser Einheit an die Grenzen des Machbaren gestoßen sind, weil die zeitliche Vorgabe für die Recherchen zu gering angesetzt und aus der Fülle des gefundenen Materials die richtige Auswahl schwer zu treffen war. Innerhalb der Stammgruppen wurde deshalb beschlossen, für einzelne

Physiker eigene Expert/innen festzulegen und damit die Bewältigung der gestellten Aufgabe durch Arbeitsteilung zu schaffen.

In einem weiteren Schritt wurden deshalb die bestehenden Gruppen aufgelöst und neue Stammgruppen der Wahl der Physiker entsprechend gebildet, z. B. die „Einsteingruppe“. Diese musste den fotoelektrischen Effekt aufbereiten. Die „Brogliegruppe“ arbeitete an den Materiewellen. Eine Gruppe wählte den Physiker Heisenberg aus und beschäftigte sich mit dem Doppelspaltversuch, die vierte Gruppe wählte Bohr und sein Modell.

Der ursprüngliche Arbeitsauftrag wurde dahingehend modifiziert, dass die Informationen so aufbereitet werden mussten, dass sie den Schüler/innen der 6. Klasse verständlich nahe gebracht werden konnten.

Der Nutzen der Expert/innengespräche kam in dieser Phase besonders deutlich zum Ausdruck, weil das Abgleichen der aus den verschiedensten Quellen und mit unterschiedlichen Zugängen gefundenen Informationen innerhalb der Gruppe im Hinblick auf die Präsentation unbedingt erforderlich war. Außerdem entstand durch die Notwendigkeit der Präsentation vor einer anderen Klasse eine zusätzliche Stresssituation.

Die Präsentation stand unter dem Motto „Was ist zu tun, wenn bisher bekannte Modelle nicht mehr funktionieren?“ Die Schüler/innen schlüpfen gewissermaßen in die Rolle „ihres Physikers“ und demonstrierten selbstbewusst mit Versuchen, mit Zeichnungen an der Tafel und mit vorbereiteten Plakaten den Weg in die neue physikalische Denkweise.

Zu diesem Zeitpunkt waren die Lehrer/innen der Meinung, dass sich die Schüler/innen schon so weit in die Materie eingearbeitet und diese verstanden haben, dass die intensivere Auseinandersetzung damit am Beispiel des Fotoeffektes geschafft werden könne.

In dieser letzten Phase sollten die Schüler/innen das Verständnis für die Bedeutung der experimentellen Ergebnisse aus dem Fotoeffekt entwickeln. Die Lehrer/innen erwarteten, dass aus der vorgelegten Grafik ohne größere Schwierigkeiten die Planck'sche Konstante berechnet werden kann.

Tatsächlich tauchten aber enorme Schwierigkeiten auf. Andreas R. z. B. maß mit dem Lineal Werte auf den Achsen ab und wunderte sich, dass die Einheiten (auf Grund der Verzerrung beim Kopieren) nicht gleich lang waren. Andere Schüler/innen ignorierten die physikalischen Achsenangaben völlig. Sie erkannten, dass es sich bei den drei eingezeichneten Linien um parallele Gerade handelte, welche die gleiche Steigung haben müssen, konnten einen rechnerischen Wert dafür aus dem Ablesen der Koordinaten von zwei Punkten ermitteln. Dieser hatte aber keinen wirklichen Bezug zur tatsächlichen Konstanten. Auffallend war auch die Tatsache, dass keine Schülerin/kein Schüler auf die Idee kam, über das durch die Achsenabschnitte bestimmte Steigungsdreieck zur Steigung zu gelangen.

Beim Nachfragen wurde auch klar, dass die Einheit „Elektronenvolt (eV)“ nicht wirklich verstanden und die Angabe der Frequenz auf der x – Achse in Einheiten von 10^{14} Hz nicht wahrgenommen worden ist.

Als Konsequenz daraus ergab sich die Notwendigkeit, im Plenum die fehlenden physikalischen und mathematischen Kenntnisse vorzutragen, um das Verstehen des Fotoeffektes sicher zu stellen.

Im Abschnitt 4.1 findet man die von Schüler/innen ausgearbeitete Dokumentation darüber.

3.3 Beispiel „Zerfall von Bierschaum“

Zum Abschluss der zu behandelnden Themen wurde ganz bewusst ein Modellierbeispiel gewählt. Vorausgegangen war die Behandlung von Wachstums- und Zerfallsprozessen.

Folgendes Experiment wurde in der Klasse durchgeführt: In ein zylindrisches Bierglas wurde langsam Bier eingeschenkt. Die Schüler/innen mussten die Schaumhöhe in Abhängigkeit von der Zeit messen und die Ergebnisse in einer Wertetabelle aufschreiben. Der Versuch wurde wiederholt und im 30 Sekundenabstand die Schaumhöhe gemessen, weil das ursprüngliche Zeitintervall mit 1 Minute zu lang und die Messungen unbrauchbar waren. (Arbeitsauftrag in der Anlage 4!)

Aus den gewonnenen Messdaten mussten die Schüler/innen eine geeignete Funktion finden, welche den Zusammenhang zwischen der Zeit und der Schaumhöhe bestmöglich ausdrückt.

Ein Ergebnis kann in der Schülerdokumentation in Kapitel 4.2 eingesehen werden.

Nach Durchsicht der Videoaufzeichnungen konnten wir feststellen, dass die Schüler/innen sehr motiviert waren und mit Begeisterung an die Lösung dieser Aufgabe heran gingen. Die Zusammenarbeit innerhalb der Gruppen funktionierte überaus gut. Dies ließ sich besonders an der intensiven Kommunikation darüber ablesen. Erstaunlich schnell kamen sie auf die e – Funktion als passenden Graphen für die Annäherung der erhaltenen Wertetabelle. Die Lehrer/innen vermuten allerdings, dass dies auch mit der vorangegangenen Behandlung von Wachstums- und Zerfallsaufgaben im Mathematikunterricht zu tun hat.

Zum Auffinden der Zerfallskonstanten wurden zwei verschiedene Wege beschritten. Einerseits aus der Höhe zu einer bestimmten Zeit und andererseits aus einem Wertepaar, das genau die Halbwertszeit wiedergab. Die Übereinstimmung der Ergebnisse war erstaunlich gut.

Andreas Tr., ein guter Mathematiker, diskutierte im Anschluss darüber, ob nicht auch eine Hyperbel für die Annäherung verwendet werden könne. Eine Vermutung, die sich als richtig erwies, weil die Zerfallskonstante nahe bei 0,5 lag.

Diese Unterrichtssequenz gab den Lehrer/innen doch Zuversicht, dass eines der angestrebten Ziele, das Modellieren, erreicht werden kann, wenn ausreichend Übungseinheiten dafür geboten werden.

In der Anlage 7 findet man eine Schüleraufzeichnung dazu.

4.SCHÜLERDOKUMENTATIONEN

Wie schon in der Einleitung erwähnt worden ist, liegt der Schwerpunkt bei den Projektarbeiten in der 8. Klasse auf der Dokumentation. Unter Berücksichtigung dessen erhielt daher jede Gruppe den Auftrag, sich eines der durchgenommenen Themen für die Dokumentation auszusuchen und so auszuarbeiten, dass diese in der Aula der Schule ausgestellt werden können. Die Ergebnisse mussten in digitaler Form zur Verfügung gestellt werden zur Veröffentlichung auf der Homepage und im Jahresbericht, sowie als Plotterausdruck auf einem A1 – Blatt.

4.1 Dokumentation des Beispiels aus 3 in der Anlage 5

4.2 Dokumentation des Beispiels aus 3.3 in der Anlage 6

5. FEEDBACK UND EVALUATION

5.1 Aus Sicht der Lehrer/innen

Bereits bei der Vorstellung des Projektes tauchte seitens der Schüler/innen die Sorge auf, wie die Beurteilung in den beiden Fächern ablaufen wird. Dazu muss festgestellt werden, dass in den 8. Klassen seit diesem Schuljahr ein Schulversuch ohne Semesternachrichten läuft, um die Zeiträume für das Arbeiten und die Vorbereitungen auf die Reifeprüfung zu verlängern.

Viel größere Sorgen bereitete den Schüler/innen die Tatsache, dass sie durch diese Projektarbeit eine Stunde Mathematik „verlieren“ und damit zu wenig Zeit für die Vorbereitung auf die Reifeprüfung bleiben könnte. Diese Sorge war nicht vollständig zu entkräften, obwohl aus der Sicht der Lehrer/innen durch das Projekt wertvolle Kompetenzen erworben wurden und daraus die Schüler/innen einen Gewinn ziehen konnten. Dieser Kritikpunkt wurde während der Projektdauer immer wieder vorgebracht, beschäftigte also die Schüler/innen sehr stark.

Die Methode SOL eignete sich für dieses Projekt grundsätzlich sehr gut, wie den abschließenden Interviews entnommen werden konnte. Alle Schüler/innen hatten das Gesamtergebnis zur Verfügung und waren somit von keinem Teil ausgeschlossen. Sie eignete sich besonders gut zur Unterstützung der Arbeit im Team. Den Schüler/innen war sehr schnell klar, dass sich jede Teilnehmerin/jeder Teilnehmer nach besten Kräften einbringen muss, um innerhalb der Gruppe ein zufrieden stellendes Ergebnis zu erhalten.

Die Lehrer/innen spürten seitens der Schüler/innen eine starke Identifizierung mit der Gruppe. Ein Wechsel von einer Gruppe in eine andere wurde nie in Betracht gezogen.

Die Schüler/innen arbeiteten unserer Beobachtung zufolge hoch motiviert an den Aufgabenstellungen und waren neben den Lehrer/innen auch manchmal überrascht, dass die zur Verfügung stehende Zeit schon vorüber war. Diese belebende Motivation blieb bis Ostern erhalten und flachte eigentlich trotz der großen Belastungen der Schüler/innen wegen des bevorstehenden Jahresabschlusses nicht spürbar ab.

Erstaunlicherweise konnten die Lehrer/innen während der gesamten Projektarbeit keine signifikant feststellbaren Unterschiede zwischen den Geschlechtern bei der Arbeitsweise, beim Herangehen an Lösungsansätze und den erzielten Ergebnissen feststellen. Dies zeigten die gelieferten Arbeiten.

Die Erwartungen der Lehrer/innen lagen vor allem darin, dass durch das gemeinsame Unterrichten und die weitgehend selbstständige Erarbeitung eines Themas durch die Schüler/innen das Überwinden des „KasterlDenkens“ wesentlich erleichtert wird. Dem war aber auf weiten Strecken nicht so! Nach der Beendigung des Themas „Verschiedene Bewegungen und deren mathematische Beschreibung“ waren sich die Lehrer/innen einig, dass der Transfer des mathematischen Modells einer Kurvendiskussion von allen Schüler/innen sicher auf die Bewegungsaufgaben übertragen werden könne. In einer zu

einem späteren Zeitpunkt im Mathematikunterricht wiederholten physikalischen Aufgabenstellung trat aber trotzdem der den Lehrer/innen bekannte Effekt ein, dass die „Physiklade“ von einer Schülerin bei einer ähnlichen Aufgabenstellung sehr schwer und sogar unwillig aufgemacht wurde, um zu einer Lösung zu kommen.

Ganz ähnliche Erfahrungen wurden auch beim Beispiel aus der Quantenphysik in Kapitel 3.2 genau beschrieben, gemacht. Hier sollte auch noch erwähnt werden, dass bei den ersten beiden Sequenzen dieses Themas ein Schüler fragte: „Wo bleibt hier die Mathematik?“.

Nach intensiven Überlegungen kamen die Lehrer/innen zur Überzeugung, dass viele kleine Schritte durch die fächerübergreifende Zusammenarbeit die Transformation von aus der Mathematik bekannten Rechenmodellen auf physikalische Anwendungen verbesserten. Jedoch sollte diese Art der Zusammenarbeit, wie auch aus den Schüler/inneninterviews hervorgeht, viel früher einsetzen und zum Standard erhoben werden.

5.2 Aus Sicht der Schüler/innen

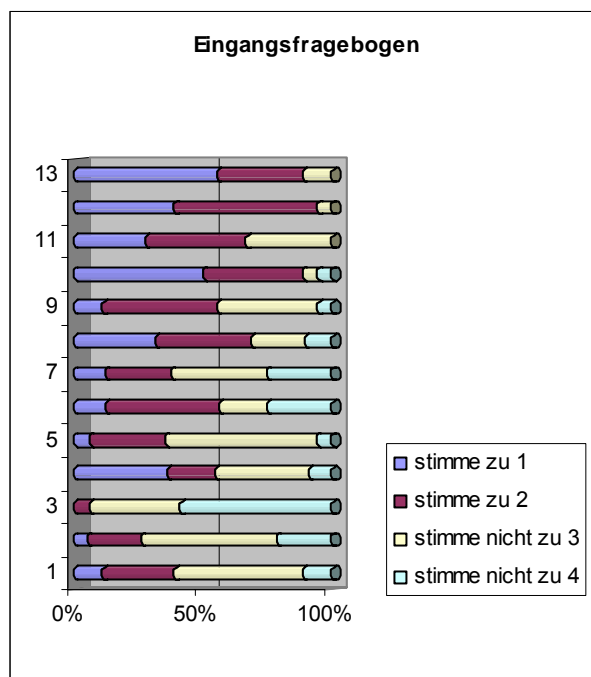
5.2.1 Eingangsfragebogen

In Physik fand in der 8. Klasse ein Lehrer/innenwechsel statt. Es war also notwendig, über die emotionale Position der Schüler/innen zu diesem Fach und auch zu Mathematik Informationen zu erhalten. Gleichzeitig war aber auch von Interesse, ob es aus ihrer Sicht verschiedene Zugänge für Knaben, bzw. Mädchen gibt.

Der Fragebogen befindet sich in der Anlage 8.

Hier finden sich die Ergebnisse der Antworten:

	stimme zu		stimme nicht zu	
	1	2	3	4
1	2	5	9	2
2	1	4	10	4
3		1	6	10
4	4	2	4	1
5	1	5	10	1
6	2	7	3	4
7	2	4	6	4
8	6	7	4	2
9	2	8	7	1
10	9	7	1	1
11	5	7	6	
12	7	10	1	
13	10	6	2	



5.2.2 Fragebogen zu Beginn der Semesterferien

Mit Hilfe eines weiteren Fragebogens wollten die Lehrer/innen einerseits Informationen über die Schwierigkeiten bei der Überwindung des „Kasterlidenkens“ und andererseits Rückmeldungen über den Nutzen dieser Projektarbeit aus Sicht der Schüler/innen einholen. Für die Ausarbeitung dieses Fragebogens wurde externe Hilfe in der Person von Mag. Benke in Anspruch genommen. Bei diesem Fragebogen wurden sowohl offene als auch gebundene Fragestellungen verwendet.

Den Fragebogen finden Sie in der Anlage 9.

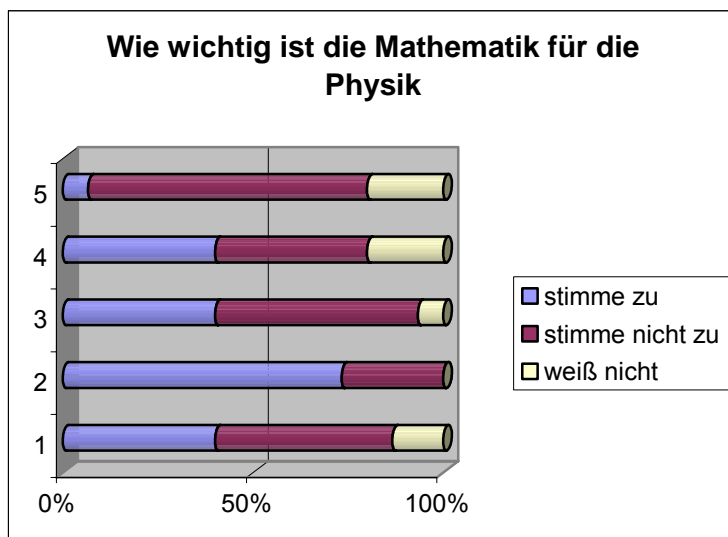
Die Auswertung der Antworten zeigt bei Frage 1, dass die Zusammenarbeit dieser beiden Fächer einer anderen Klasse eher nicht empfohlen werden kann. (Anmerkung: Auf dem Evaluationsseminar wurde dargelegt, dass eine Fragestellung mit drei möglichen Antworten statistisch schlecht auszuwerten ist, da im Zweifelsfall immer die mittlere Variante angekreuzt wird.)

Bei Frage 2, wo es um den Schwierigkeitsgrad der gestellten Aufgaben ging, wurden ebenso nur drei mögliche Antworten angeboten. Tendenziell kann eine Abnahme des Schwierigkeitsgrades von Oktober bis jetzt abgelesen werden.

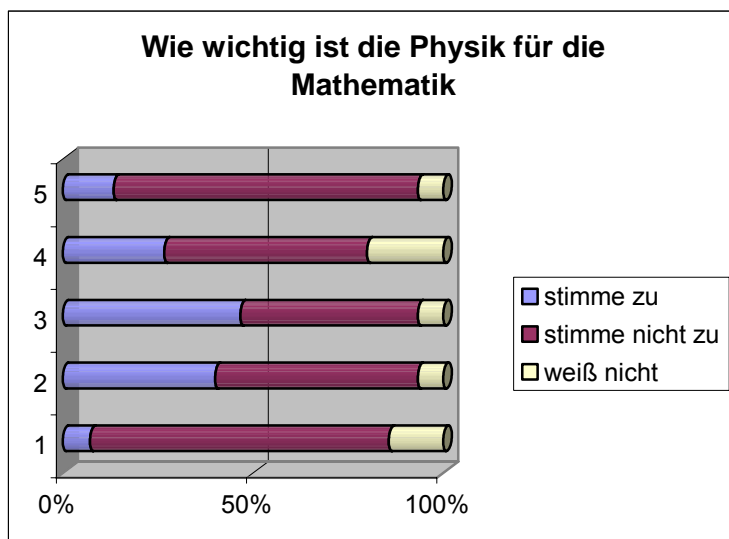
Frage 4, in welcher eine Perspektive für weitere 2 Jahre am BG Zaunergasse gegeben wurde, wünschte ein überwiegender Teil das Teamteaching in den beiden Fächern, aber nicht über das ganze Jahr, sondern manchmal.

Folgende Grafik zeigt die Auswertung der Fragen 5 und 6:

Frage 5: Wie wichtig ist die Mathematik für die Physik? Die Tabelle befindet sich in der Anlage 10.



Frage 6: Wie wichtig ist die Physik für die Mathematik? Die Tabelle findet sich in der Anlage 11.



In Frage 7 wurde der Nutzen der Projektarbeit für die beiden Fächer als offene Frage gestellt. Die am häufigsten genannten Antworten ergaben für das Fach Mathematik:

- ❖ Von der Theorie zur Praxis
- ❖ Besseres Verständnis
- ❖ Erfassen von Zusammenhängen
- ❖ Sinn für mathematisches Arbeiten

Für das Fach Physik:

- ❖ Besseres Verstehen der Lerninhalte
- ❖ Mehr Zeit, sich mit physikalischen Problemen auseinander zu setzen
- ❖ Andere Sichtweisen kennen lernen
- ❖ Zusammenhänge erkennen

5.2.3 Schülerinterviews

Befragt wurden zwei Schülerinnen und ein Schüler mit unterschiedlichen Leistungspotenzialen in den beiden Fächern.

Insgesamt wurde das Projekt von allen drei Befragten positiv bewertet. Es wurde darauf hingewiesen, dass durch die Zusammenarbeit das Verstehen in beiden Fächern befruchtet worden ist.

Die Methode SOL wurde als weitere interessante Möglichkeit für das Arbeiten im Team erachtet. Eine Interviewte bedauert sehr, dass in anderen Fächern z. B. Deutsch, Bilderische Erziehung und Geschichte zu wenig, bzw. gar nicht erfolgte.

Außerdem merkten sie an, dass eine derartige Zusammenarbeit jedenfalls früher, z. B. in der 6. Klasse, beginnen soll, damit gleich beim erstmaligen Kontakt mit einem Thema das Verständnis besser gefördert wird.

Für die 8. Klasse, so waren sich die Befragten einig, kam das Projekt viel zu spät. Die Vorbereitung auf die Reifeprüfung machte die Gedanken oftmals nicht frei, auch blieb nicht immer genug Zeit für die Beschäftigung mit den Projektthemen.

In der Anlage 12 finden Sie das Transskript des Interviews mit Pr. Karoline.

5.2.4 Logbuch

Wie schon an anderer Stelle erwähnt, mussten die Schüler/innen nach jeder Einheit, bzw. nach den einzelnen Themen im Logbuch ihre Lernfortschritte oder auch – hemmnisse, sowie die wichtigsten Anmerkungen zum Ablauf und der Arbeit in der Gruppe niederschreiben.

Die Logbücher wurden immer wieder eingesammelt, damit sie jederzeit für alle zur Verfügung standen und die Lehrer/innen auch Informationen über die Arbeitssituation der Schüler/innen innerhalb der Gruppen gewinnen konnten.

So bedauert Madeleine in ihren Aufzeichnungen vom 22.10.2004 (siehe Anlage 13), dass sie in einer reinen Mädchengruppe sitzt. Später schreibt sie über ihr Gefühl, nicht gern in einer Gruppe zu arbeiten, weil sie Schwierigkeiten hat, sich mit ihren Ideen einzubringen.

Sie beschreibt die Schwierigkeiten bei der Fortsetzung eines Themas in der nächsten Doppelstunde. Bezüglich der Aufgabenstellung zum Fotoeffekt (es geht um die Interpretation der Grafik) verweist sie auf die auftauchenden Grenzen: Sie hat keine Ahnung von grundlegenden Formeln, Einheiten,....

Sie verweist auch darauf, dass eine Absprache über die Durchführung des Projektes zu Beginn mit den Schüler/innen angebracht gewesen wäre. So empfand sie diese Zusammenarbeit als „aufgezwängt“.

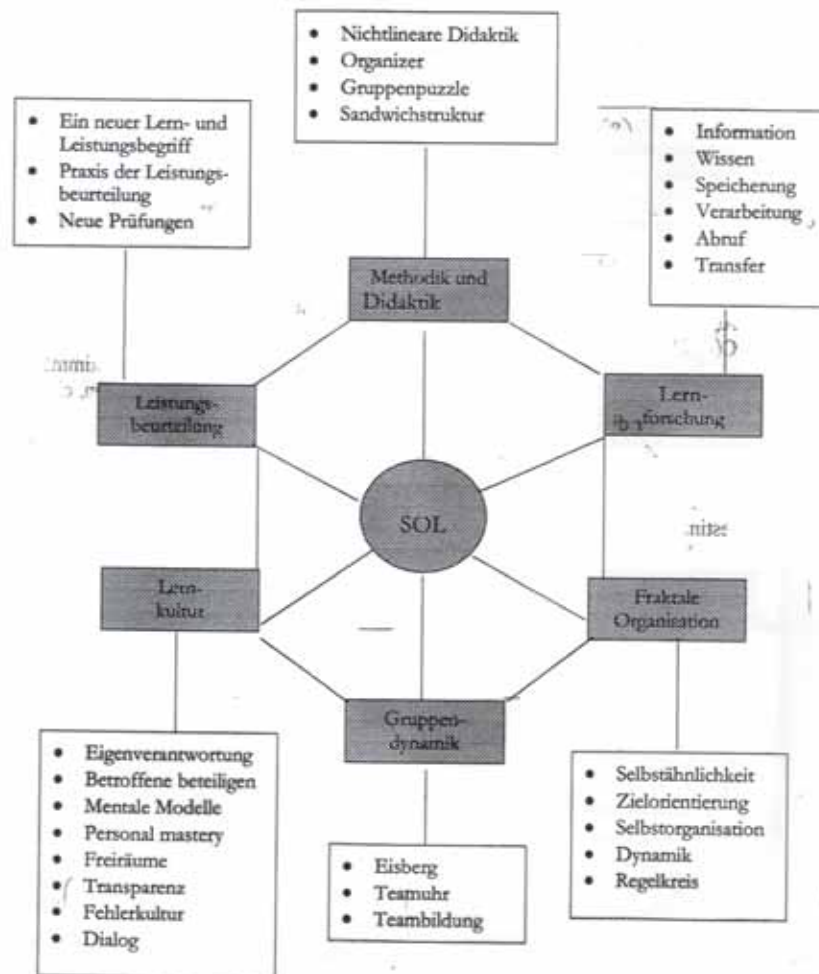
Nicht alle Aufzeichnungen in den Logbüchern waren so aussagekräftig wie dieses. Die Logbücher wurden am Ende einer Doppelstunde eingesammelt und jeweils bei der Vorbereitung der nächsten Einheit durchgelesen.

6. ANHANG

ANLAGE 1

Abbildung 1

Das System SOL



Quelle: Herold, Landherr (2001). SOL – Selbstorganisiertes Lernen, ein systemischer Ansatz für Unterricht. Schneider Verlag, Hohengehren

Anlage 2

Gruppenbildung

F. Michael (ein guter Mathematiker) erhält keine Memorykarte. Alle übrigen Knaben nehmen sich eine Memorykarte (nummeriert) aus dem Pool der Knabekarten. Zu Michael kommen noch jene 4 Knaben mit den Nummern 4 und 6.

P. Karoline (eine gute Mathematikerin) zieht keine Memorykarte. Alle anderen Mädchen ziehen je eine Karte aus dem Pool der Mädchenkarten. In die Gruppe von Karoline kommen jene Mädchen mit den Nummern 14 und 22.

Die restlichen Gruppen werden mit den restlichen Memorykarten nach Geschlechtern gemischt gebildet.

Gruppe A: F. Michael, M. Samuel, B. Manuel, Str. Bernhard, Tom (neuseel. Gastschüler)

Gruppe B: P. Karoline, V. Madeleine, U. Ramona, Kr. Katharina, Ka. Christina

Gruppe C: Tr. Andreas, Fr. Julian, Sk. Laura, H. Lucia, Ri. Andreas

Gruppe D: W. Anne, V. Andrea, C. Marija, We. Nils, A. Christian (außerordentlicher Schüler), Gr. Petra

Anlage 3

Arbeitsaufträge für die Themenfindung durch die Schüler/innen

Ziel dieser Einheit ist, eine Reihung von gewünschten Schüler/innenthemen zu erreichen.

- 1) Es wird eine Expertin/ein Experte für die Themenfindung bestimmt.
- 2) Die Experten treffen sich in der Expertenrunde und berichten über den Ablauf des Experimentes der vorangegangenen Woche und erzählen sich die gefundenen Fragen.
- 3) Die Gruppenmitglieder schreiben die gefundenen Fragen auf Kärtchen.
- 4) Die Expert/innen gehen in die Stammgruppen zurück und geben die erhaltenen Informationen an die Gruppe weiter.
- 5) Jede Gruppe schreibt jene physikalischen Themen (mit mathematischem Hintergrund) aus dem Kernstoff der Oberstufe an, mit welchen sie sich im Rahmen dieses Projektes beschäftigen möchten, zusammen.
- 6) Die Expert/innen treffen sich dann wieder, um die verschiedenen Themen herauszufiltern.
- 7) Die gefundenen Themen werden auf ein Plakat geschrieben. (Vielleicht übernehmen die Schönschreiber/innen diesen Teil der Aufgabe)

- 8) Jede Schülerin/jeder Schüler erhält drei farbige Punkte. Diese kann sie/er für jene Themen vergeben, die sie/er gerne bearbeiten möchte. Es können auch alle drei Punkte für ein Thema vergeben werden.

Anlage 4

Arbeitsaufträge zum Thema „Verschiedene Bewegungen und deren mathematische Beschreibung“

Arbeitsauftrag für den 15. Oktober 2004

- 1) Beschreibe die Funktionen $s(t)$, $v(t)$ und $a(t)$ und stelle den mathematischen Zusammenhang her.
- 2) Erkläre genau den Unterschied zwischen gleichförmiger und beschleunigter Bewegung
- 3) Stelle für beide Bewegungen die $s - t$, $v - t$ und $a - t$ Diagramme dar (jeweils untereinander) und beschreibe mit eigenen Worten, was daraus abgelesen werden kann.
- 4) Führe folgendes Experiment durch: Ein Körper wird mit einer Wippe hoch geschleudert. Miss die Wurfhöhe und berechne daraus die Anfangsgeschwindigkeit. Die Lage und die Geschwindigkeit des Körpers soll zu jedem beliebigen Zeitpunkt feststellbar sein, wie geht das?
- 5) Beobachtungsaufgabe: Ein Mitglied aus der Stammgruppe dokumentiert folgende Aspekte während der Arbeitsphasen:
 - Schwierigkeiten
 - Lösungsansätze
 - Stimmung
 - Zeitbudget

Ablauf der Doppelstunde am 22. Oktober 2004

Nun geht es wieder in die Gruppen. Folgender Arbeitsauftrag besteht:

- 1) Der Versuch mit der Wippe wird gegebenenfalls noch einmal wiederholt.
Es müssen folgende Fragen dazu bearbeitet und gelöst werden:
 - a) Schreibe mit eigenen Worten ins Heft, welche Bewegungen hier vorliegen.
 - b) Miss die Wurfhöhe und berechne daraus die Anfangsgeschwindigkeit v_0
 - c) Die Lage und die Geschwindigkeit des Körpers soll zu jedem beliebigen Zeitpunkt t feststellbar sein. Wie geht das? Schreibe das Ergebnis ins Heft.
 - d) Betrachtet nun Extremfälle von Bewegungen:
Es wirkt keine Gravitation – Wie sieht diese Bewegung am Mond aus?



2)

Das Bild zeigt die Kugelbahnen aus der Ausstellung „Mathematik zum Anfassen“

Erstellt euch für die mittlere und eine äußere Bahn einen Graphen und überlegt und beschreibt **argumentativ** genau, warum die steilere Bahn zur kürzeren Laufzeit führt.
Hilfestellung: Betrachtet wieder die Extremfälle: freier Fall, bzw. waagrechte Bewegung

3) Die Expert/innen der Aufgabe 2) führen nun am Podium mit dem Moderator Mag. Unterrainer ein Expertengespräch über unterschiedliche Bahnformen und die daraus resultierenden Beschleunigungen.

K. Christina vertritt die Rolle der Besitzerin einer Riesenrutsche,

Str. Bernhard ist ein Vertreter des Max – Planck – Institutes und nimmt zum Parabelflug Stellung,

W. Nils kommt aus der Raumforschung und spricht über die Rettungsrutschen,

B. Raphaela ist Lehrerin und stellt ihr Vermittlungskonzept vor.

Arbeitsaufträge zum Thema „Quantenphysik“

Vorbemerkungen:

- Die abschließenden Erfahrungen zum Projekt „Kugelbahnen“ sollen im Logbuch niedergeschrieben werden.
 - Die Gruppe von Tr. Andreas liefert die Dokumentation über die „Kugelbahnen“ **bis 3. Dezember 2004** ab.
 - Bei den Arbeitsaufträgen zum Thema Quantenphysik ist es besonders wichtig, dass innerhalb der Gruppe die Arbeitsaufträge gut aufgeteilt und vor allem auch ein Zeitmanager /eine Zeitmanagerin bestimmt werden.
- Zur Bearbeitung dieses Themas aus der modernen Physik steht euch die Bibliothek, das Internet, eine CD ROM von Faszination Physik, das Physiklehrbuch, Geräte für das Experiment zur Verfügung.

Arbeitsauftrag:

a) Ihr geht der Frage nach, welche Entdeckungen zur Krise in der klassischen Physik geführt haben.

Max Planck, Einstein, Bohr, Broglie, Heisenberg und Erwin Schrödinger stehen für Veränderungen.

Skizziert *kurz* Stationen ihres Lebens und ihre Beiträge zu diesem Thema.

Nach 30 Minuten treffen sich die Expert/innen zu einer Gesprächsrunde mit Prof. Unterrainer. Dort werden dann die Arbeiten über die Herren aus der Physik auf die Gruppen aufgeteilt. Innerhalb der Gruppe wird in 15 Minuten die Präsentation der Ergebnisse vorbereitet und dann im Plenum vorgestellt.

b) Einige Experimente sind berühmt geworden:

Photoeffekt

Compton – Effekt

Doppelspaltversuch (Welleiteilchen – Dualismus)

Materiewellen

Tunneleffekt

Bringe diese Experimente in einen Zusammenhang mit der angesprochenen Krise.
Dafür stehen 30 Minuten Arbeitszeit zur Verfügung.
Im Plenum werden die Ergebnisse besprochen.

c) Das Planck'sche Wirkungsquantum h kann aus dem Experiment zum Photoeffekt hergeleitet werden.

Versucht nun, die in diesem Zusammenhang auftretenden Ausdrücke wie

Ablösearbeit
eV (Elektronvolt)
kinetische Energie
usw.

genau zu erklären und schreibt sie ins Physikheft ein.

Beschäftigt euch anschließend mit der *mathematischen Seite* dieser Herleitung:

Legt besonderes Augenmerk auf die physikalische Bedeutung der Abschnitte auf den beiden Achsen.

Betrachtet auch den Zusammenhang zwischen dem Verhalten bei Zink und Cäsium und ihrer Position im Periodensystem. **(Es darf an dieser Stelle auch an die Kenntnisse aus Chemie gedacht werden!!)**

d) Die experimentellen Voraussetzungen zur Durchführung des Photoeffektes sollen geschaffen werden:

Macht euch mit den folgenden Begriffen vertraut:

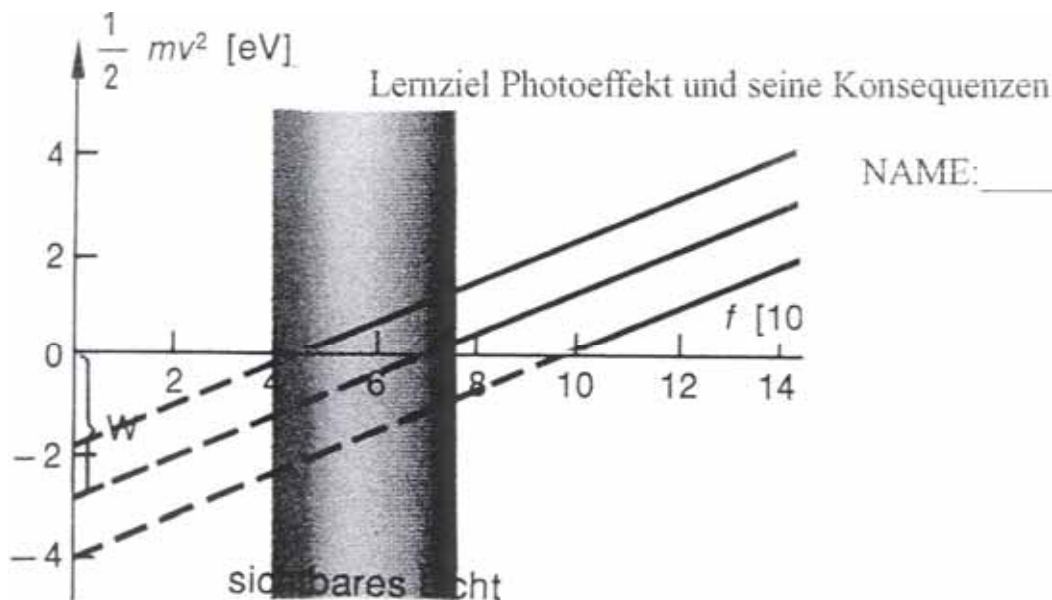
UV Licht
Photoenergie
elektrostatische Aufladung
Messung von Ladungen (Elektroskop)

Findet heraus, was die typische Eigenschaft der Welle, bzw. der Masse ausmacht.

Arbeitsauftrag für 10. Dez. 2004

Zielvorgabe: Verständnis entwickeln für die Bedeutung der experimentellen Ergebnisse aus dem Fotoeffekt.

Das Diagramm zeigt die Zusammenhänge zwischen dem Material, der Photonenenergie, der Ablösearbeit sowie der kinetischen Energie der herausgeschlagenen Teilchen.



2 Dieses Diagramm resultiert aus dem Experiment.

"

	Material	W in eV
	Cäsium	1,96
Cs	Calcium	3,20
Ca	Silicium	3,50
Zn	Blei	4,04
	Zink	4,27
14	Wolfram	4,53
	Eisen	4,63
	Platin	5,36

Behandelt in den Gruppen die auf dem letzten Arbeitsblatt unter c) und d) angeführten physikalischen Begriffe.

Jedem Gruppenmitglied soll am Schluss klar sein, dass aus der rechnerischen Bearbeitung des oben eingefügten Diagramms der numerische Wert der Planckkonstanten resultiert.

Ein Blick auf das Periodensystem macht die Zusammenhänge zwischen chemischen Eigenschaften und physikalischem Verhalten klar.

Ein besonderes Augenmerk verdient ein allgemeiner Blick auf die Größe der Energien, die in der Hülle eines Atoms vorkommen (steht später in krassem Gegensatz zum Kern).

Arbeitsauftrag für 22. 1. 2005 (verschoben vom 25. 1. 2005)

Analog zum Gravitationsgesetz kann für elektrische Ladungen das Coulomb – Gesetz formuliert werden:

$$F(r) = C \cdot \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2}, \text{ wobei } Q \text{ die Ladung und } r \text{ der Abstand zwischen ihnen ist.}$$

Für Wasserstoffatome gilt vereinfacht:

$$F(r) = C \cdot \frac{e^2}{r^2}, \text{ wobei } e \text{ die Elementarladung bedeutet.}$$

- Integriere jeweils $F(r)$ nach r und schreibe die Ergebnisse an.
- Wiederhole eventuell unter Zuhilfenahme des Physikbuches die wichtigsten Energieformen aus der Mechanik und schreibe die dafür notwendigen Formeln an.
- Wie groß ist die Gesamtenergie im System Kern – Hülle, wenn bedacht wird, dass die Elektronen sich bewegen?
- Welcher Zusammenhang kann zwischen der Lichtgeschwindigkeit c , der Wellenlänge λ und der Frequenz f hergestellt werden? Schreibe diesen auch durch eine Formel an. (Denke an das Experiment mit dem Dipol im Wassertank!)

Im Plenum wird auf Grund dieser Kenntnisse der Weg zum richtigen Verständnis der Physik der Elektronenhülle nachgezeichnet.

Arbeitsauftrag für 11. 2. 2005 – „Exponentielles Wachstum/ Exponentielle Abnahme“

Wir achten wieder sehr stark auf die Methode SOL. Jede Gruppe bestimmt für jede Aufgabe eine Expertin/einen Experten, über welche die Kommunikation ausschließlich läuft.

- Ein Kulturmedium wurde mit N_0 Bakterien beimpft. Die Bakterienzellen teilen sich alle zwei Stunden.
 - Stelle das Gesetz für die Anzahl der Bakterien zum Zeitpunkt t Stunden auf und skizziere den Verlauf des Graphen.
 - Wie viele Bakterien enthält diese Kultur nach 24 Stunden?
 - Zu welchem Zeitpunkt hat sich die Bakterienmenge um 25% des Ausgangswertes erhöht?
- Das Konzentrationsprofil eines Schadstoffes $C(x)$ in Wasser nimmt exponentiell mit der Tiefe x nach folgender Gleichung ab: $C(x) = C_0 \cdot e^{-kx}$. Die Konstante k beträgt $0,2 \text{ cm}^{-1}$.
 - Wie viel Prozent beträgt die Schadstoffmenge in 20 cm, 0,5 m und 1 m Tiefe?
 - In welcher Tiefe beträgt die Schadstoffmenge nur mehr 1 % und ist damit vernachlässigbar?
 - Wie groß ist die Gesamtmenge des Schadstoffes von der Wasseroberfläche bis zum Boden in einer Wassersäule mit der Querschnittsfläche 1 cm^2 ?
Anmerkung: Die Gesamtmenge setzt sich aus allen Schadstoffeinträgen in jeder beliebigen Tiefe zusammen.

3.) Beim Einschalten eines Stromkreises mit einem Ohm'schen Widerstand $R = 30 \Omega$ und einer Eigeninduktivität steigt der Strom I nach der Funktion mit der Gleichung $I(t) = I_0 \cdot (1 - e^{-\frac{R}{L}t})$ an, wobei $I_0 = 0,1 \text{ A}$ und die „Halbwertszeit“ $\tau = 4,26$ beträgt.

- a) Wie groß ist die Eigeninduktivität L des Stromkreises?
- b) In welcher Zeit erreicht der Strom $0,06 \text{ A}$?
- c) Zeichne den Graphen der $I -$ Funktion in den ersten 10 Sekunden.
- d) Berechne die Änderungsgeschwindigkeit der Stromstärke!

Arbeitsauftrag für die Doppelstunde am 4. 3. 2005

Ihr habt bis jetzt Wachstums- und Abnahmeprozesse exponentieller Art bearbeitet.

Daneben wurde das Experiment mit der „**Höhe des Bierschaumes (in cm) in Abhängigkeit von der Zeit**“ (in Minuten, Sekunden) beobachtet und in einer Wertetabelle aufgeschrieben.

Nun habt ihr eine wahrlich mathematische Aufgabenstellung zu lösen: Ihr sollt ein passendes Modell für diesen Vorgang finden, den Verlauf durch eine geeignete Funktion beschreiben und anschließend an Hand des gefundenen Modells das Experiment verifizieren.

- a) Übersetzt die beiden Wertetabellen in einen sauberen Graphen. Vergesst dabei nicht, die Einheiten klar anzugeben.
- b) Überlegt nun, welche bekannte mathematische Funktion diesen Vorgang beschreiben könnte und begründet die Wahl der Funktion mit eigenen Worten.
- c) Kontrolliert die gewählte Funktionsgleichung dadurch, dass ihr die Werte der Wertetabelle einsetzt.
- d) Überlegt zum Abschluss die Brauchbarkeit dieses Modells allgemein für das Experiment: Höhe des Bierschaumes in einer bestimmten Zeit.

Photoeffekt

Der Beginn der Quantenphysik

Experiment:

negativ geladene Metallplatte bestrahlt mit UV-Licht → entlädt sich
 stellt man eine Glasplatte (die UV-Licht absorbiert) in den Strahlengang oder lädt man die Metallplatte positiv auf → kein Effekt

je größer der Abstand zwischen Lichtquelle und neg. Platte → desto langsamer ist die Entladung
 die Entladung ist abhängig von der Frequenz des UV-Lichtes

mit Hilfe des Wellenmodells lässt sich dieser Sachverhalt nicht erklären. → Dualismus von Wellen- u. Teilchennatur des Lichtes

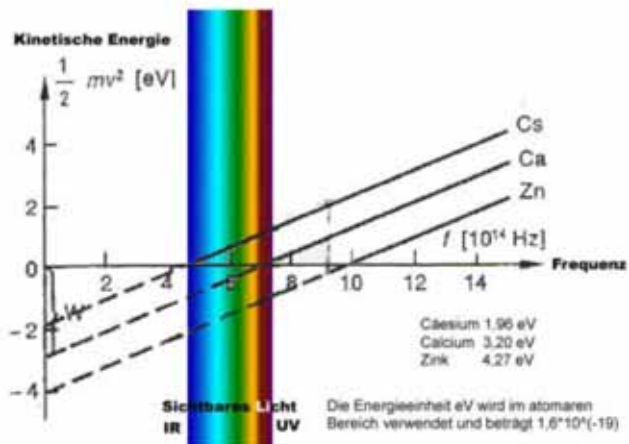
Erklärung des Photoeffekts laut Einstein:

einfallende Strahlung besteht aus Photonen (Lichtquanten)

Photon gibt gesamte Energie ab bei Eintritt in das Metall (Frequenz abhängig) → trifft auf freibewegliches Elektron im Metallinneren

wird die Schwingungsenergie im Atomverband des Elektrons größer als die der Bindung → Elektron tritt aus Metall aus

Graphik zum Photoeffekt:



- Ablösearbeit (W_0) = Energie, die nötig ist um das Elektron aus der Platte zu lösen (Ionisierungsenergie), befindet sich auf der negativen y-Achse
- X-Achse = Frequenz
- Steigung $k = h$, das Planck'sche Wirkungsquantum (Naturkonstante) → deshalb sind alle Geraden parallel
- $h = 6,6262 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$
- Ca: niedrigste Frequenz erforderlich, Effekt schon bei sichtbarem Licht zu beobachten.
- Zn: lösen sich Elektronen erst im UV-Bereich

$$\text{Energiesatz: } mv^2/2 = h \cdot f - W_0$$

Die beste Möglichkeit h zu bestimmen ist, gerade so viel Energie durch Photonen zuzuführen, dass sich das Elektron lösen kann und die verbleibende Energie null ist.

$$\rightarrow 0 = h \cdot f - W_0$$

$$\rightarrow h = W_0 / f$$

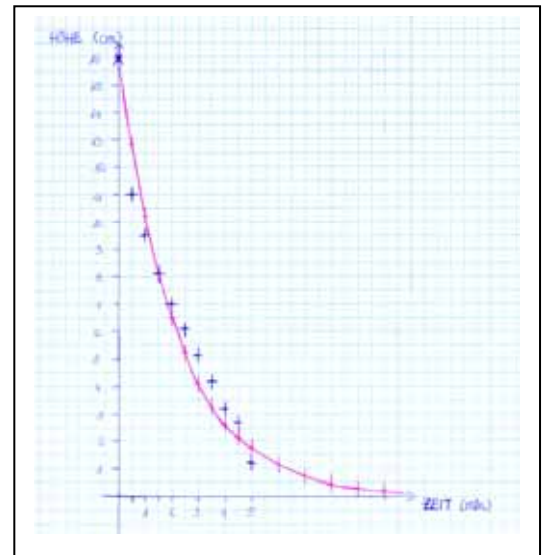
Anlage 6

Der Zerfall des Bierschaums

MNI Projekt 2005

(Karolus Christina, Krombholz Katharina, Preisser Karoline, Unterrainer Ramona, Vilsecker Madeleine)

Zeit [min.]	Schaumhöhe [cm]
0	16
0,5	11
1	9,5
1,5	8,1
2	7
2,5	6,1
3	5,1
3,5	4,2
4	3,2
4,5	2,7
5	1,2



Beobachtung: Anfänglich nimmt die Höhe des Bierschaums rasant ab.

Später nähert sich die Höhe des Bierschaums langsam an den Wert 0 an.

Vermutung: Der Zerfall des Bierschaums ähnelt einer Exponentialfunktion folgender Gestalt:

$$H(t) = H_0 \cdot e^{\lambda t}$$

$H(t)$... Höhe des Bierschaums nach der vergangenen Zeit t . (in cm)

H_0 ... Anfangshöhe des Bierschaums ($t = 0$)

λ ... Zerfallskonstante

t ... vergangene Zeit t (in min)

$$9,5 = 16 * e^{1\lambda}$$

$$9,5/16 = e^{1\lambda}$$

$$\ln(9,5/16) = 1\lambda$$

$$(\ln(9,5/16))/2,5 = \lambda$$

$$6,1 = 16 * e^{2,5\lambda}$$

$$6,1/16 = e^{2,5\lambda}$$

$$\ln(6,1/16) = 2,5\lambda$$

$$(\ln(6,1/16))/2,5 = \lambda$$

$$3,2 = 16 * e^{4\lambda}$$

$$3,2/16 = e^{4\lambda}$$

$$\ln(3,2/16) = 4\lambda$$

$$(\ln(3,2/16))/4 = \lambda$$

$$\lambda \sim -0,55$$

$$\lambda \sim -0,39$$

$$\lambda \sim -0,4$$

arithmetisches Mittel:

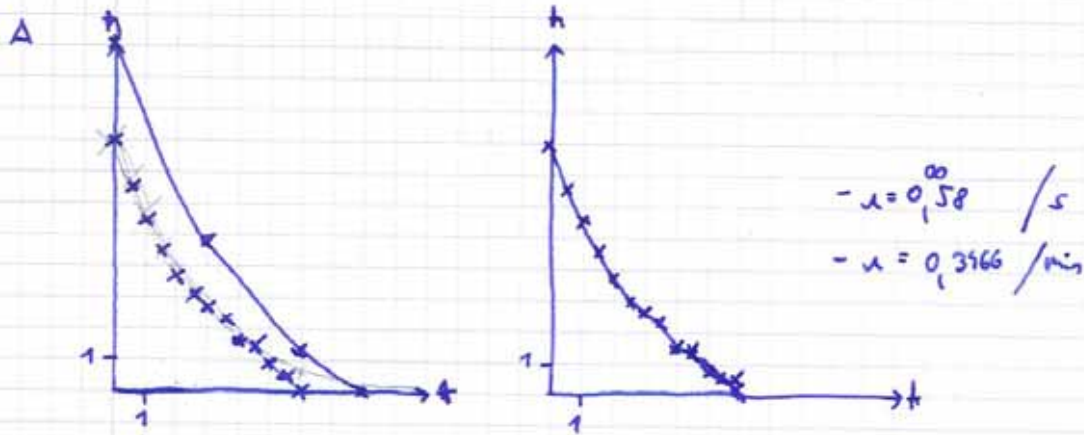
$$\lambda \sim -0,45$$

Berechnung von λ mittels der Halbwertszeit:

$$\frac{1}{2} * H_0 = H_0 * e^{\lambda 1,5}$$

$$\ln \frac{1}{2} = \lambda * 1,5 \quad \lambda = -0,46$$

Anlage 7



B c-Funktion
 Werte ändern, Funktionsgraph ähnlich

C

~~$N(3) = 11 \cdot e^{u \cdot 3} = 5,8$
 $11 \cdot e^{u \cdot 3 \ln e} = \ln 5,8$
 $u \cdot \ln e = \frac{\ln 5,8}{33}$
 $u = \frac{\ln 5,8}{33}$
 $u = 0,0475338157$~~

~~$N(3) = 11 \cdot e^{u \cdot 3}$~~

$\frac{25}{55} \cdot 11 = 11 \cdot e^{u \cdot 3}$
 $\frac{25}{55} = e^{u \cdot 3}$
 $\ln \frac{25}{55} = u \cdot 3 \cdot \ln e$
 $-0,82127 = u \cdot 3 \cdot \ln e$
 $-0,2769 = u \cdot \ln e$
 $u = -0,276$

~~$-0,82127 = u \cdot 3 \cdot \ln e$~~

D nicht vollständig zu sich fallen spielen ci

Anlage 8

Folgender Fragebogen wurde ausgegeben:

	stimme zu		stimme nicht zu	
Auf die Physik in der Oberstufe habe ich mich gefreut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Meine Erwartungen wurden erfüllt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mit anderen Fächern wurde zusammen gearbeitet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mathematik halte ich für notwendig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mathematik nützt mir in anderen Gegenständen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lösungskompetenz traue ich eher Frauen zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lösungskompetenz traue ich eher Männern zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Arbeiten in der Gruppe liefert bessere Ergebnisse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mehr Mathematik verbessert das physikal. Verständnis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Wahl der Methode ist wichtig für das Ergebnis	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ich erwarte messbare Fortschritte vom Projekt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Mir ist klar, wie SOL funktioniert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Experimentelles Unterrichten halte ich für notwendig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Anlage 9

Fragebogen

1. Wenn sich die Schüler und Schülerinnen der 7. Klasse aussuchen könnten, ob auch bei ihnen Mathematik und Physik kombiniert werden sollten, was würdest Du Deinen Mitschüler/innen der 7. Klasse heute raten? Mathematik und Physik sollte auch bei ihnen zusammen unterrichtet werden ...

ja unentschieden – beide Formen haben Vor- und Nachteile, keine Form ist besser nein

2. Wie ist es Dir mit dem eigenständigen Arbeiten gegangen, war es leicht oder schwer? Bitte trage im Folgenden auf der Linie ein (setze ein Kreuz), wie es Dir jeweils am Anfang (im Oktober), im Dezember und heute damit ergangen ist oder ergeht.

	Eher leicht	mittel	schwer
Oktober			
Dezember			
Heute			

3. Stelle Dir folgendes Problem vor: Du gehst bei Regen über die Straße. Dabei „treffen“ Dich natürlich viele Regentropfen. Wirst Du mehr, weniger oder gleich nass, wenn Du über die Straße laufen würdest?

Wie würdest Du herangehen, um dieses Problem zu lösen? Welche Schritte würdest Du (zuerst) unternehmen? Schreib die ersten 3 – 5 Sachen auf, die Du machen würdest.

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Schreib zwei Fragen auf, mit denen Du Dich hier auseinander setzen müsstest.

- 1.
- 2.

4. Wenn ich noch 2 Jahre in die Schule gehen würde, würde ich gerne Mathematik und Physik

getrennt haben manchmal zusammen, manchmal getrennt immer zusammen haben

5. Wie wichtig ist die Mathematik für die Physik?

- Ohne Mathematik gibt es keine Physik stimmt stimmt nicht weiß nicht
- Mathematik hilft Physik besser zu verstehen stimmt stimmt nicht weiß nicht
- Physik braucht Mathematik eigentlich nicht,
aber mit Mathematik kann man Manches
besser beschreiben stimmt stimmt nicht weiß nicht
- Die Mathematik war für die Entwicklung der Physik
wichtig, zum Lernen ist sie aber nicht so
wichtig stimmt stimmt nicht weiß nicht
- Wie das auch mit Mathematik und Physik sein mag,
mich interessiert nur die Physik stimmt stimmt nicht weiß nicht

6. Wie wichtig ist die Physik für die Mathematik?

- Ohne Physik gibt es keine Mathematik stimmt stimmt nicht weiß nicht
- Physik hilft Mathematik besser zu verstehen stimmt stimmt nicht weiß nicht
- Mathematik braucht Physik eigentlich nicht,
aber mit Physik kann man Manches
besser beschreiben stimmt stimmt nicht weiß nicht
- Die Physik war für die Entwicklung der Mathematik
wichtig, zum Lernen ist sie aber nicht so
wichtig stimmt stimmt nicht weiß nicht
- Wie das auch mit Physik und Mathematik sein mag,
mich interessiert nur die Mathematik stimmt stimmt nicht weiß nicht

7. Was glaubst Du, hat Dir die Verknüpfung von Mathematik und Physik gebracht?

In Mathematik:

In Physik:

8. Bitte gib 3 Beispiele an, bei denen Deiner Meinung nach Mathematik sinnvoll angewandt wird (muss NICHT aus der Physik sein).

a.

b.

c.

Wie interessant sind diese Beispiele für Dich persönlich

Beispiel a: sehr interessant mittel wenig

Beispiel b: sehr interessant mittel wenig

Beispiel c: sehr interessant mittel wenig

9. Ich glaube, das Projekt hat mir Folgendes gebracht:

10. Was mich bei dem Projekt überrascht hat:

11. Was ich sonst noch sagen möchte:

Anlage 10

Tabelle zur Frage 5:

	stimme zu	stimme nicht zu	weiß nicht
1	6	7	2
2	11	4	0
3	6	8	1
4	6	6	3
5	1	11	3

Anlage 11

Tabelle zur Frage 6:

	stimme zu	stimme nicht zu	weiß nicht
1	1	11	2
2	6	8	1
3	7	7	1
4	4	8	3
5	2	12	1

Anlage 12

Transkript der Schülerinterviews mit Pr. Karoline

P. Karoline:

I: Karoline, wir haben jetzt fast ein halbes Jahr das Projekt über den mathematisch – naturwissenschaftlichen Unterricht durchgeführt und ich würde dich fragen, ob du uns Lehrer/innen raten würdest, dieses fortzusetzen mit einer anderen Klasse.

K: Also ich würde auf alle Fälle sagen, dass das von Vorteil ist für Schüler, wenn man dann die Zusammenhänge mitkriegt, weil Mathematik einfach so nicht praktisch angewandt ist meistens am Gymnasium und deswegen ist es ganz gut, wenn man die physikalischen Zusammenhänge durch angewandte Beispiele besser erfährt. Das einzige, was ich nicht machen würde ist, dass man es erst in der 8. Klasse anfängt, weil es in der 8. Klasse vielleicht zu spät ist. Wir sind in Gedanken schon so bei der Matura, aber es war sicher von Vorteil.

I: In welchem Schuljahr würdest du sagen, wäre das eine sinnvolle Zusammenarbeit?

K: In der 7. Klasse

I: Wenn man in der 6. Klasse beginnen würde, würdest du es als zu früh einstufen?

K: Nein, man fängt dann mit dem Stoff von der 6. Klasse an, und insofern hat man gleich von Anfang an die Zusammenhänge. Ich glaube nicht, dass das dann zu früh ist.

I: Ihr habt in diesem Zusammenhang die neue Methode des selbstorganisierten Lernens kennen gelernt. Würdest du das zutrauen, dass man das in einer 6. Klasse beginnen kann oder denkst du, dass erst die 8. Klasse der richtige Zeitpunkt ist zum Einsetzen.

K: Aber vielleicht, dass man das unterstützt. Es war sicher ganz was Neues. Es war nicht so, dass wir uns total überfordert vorgekommen sind. Man wächst so hinein, es trägt jeder von der Gruppe etwas Anderes dazu bei, dass das zu einem Ganzen kommt, dass es jeder versteht, weil ein jeder etwas Anderes erklärt. Das geht auch schon in der 6. Am Anfang sollte man einen Übergang schaffen. Es sollte Hintergrundwissen von den Lehrer/innen kommen, dann selbstständiges Lernen vielleicht und am Ende der 6. Klasse an einem Themenbereich ganz selbstständig arbeitet. Ich glaube nicht, dass das in der 6. Klasse absolut zu früh ist. Aber vielleicht sollte man Zeit zum Hineinwachsen geben, könnte ich mir vorstellen, das wäre von Vorteil.

I: Wenn du die Möglichkeit gehabt hättest, Wünsche jetzt wirklich in Richtung dieser Zusammenarbeit früher zu stellen, wäre dieser Wunsch von dir schon früher gekommen, dass Mathematik und Physik zusammenarbeiten sollen?

K: Ja, auf alle Fälle! Ich hatte in Mathematik nie Probleme, das hat mich interessiert, aber der physikalische Ansatz – ich habe mit Physik überhaupt nichts anfangen können vor der 8. Klasse. Es hat mir total geholfen, dass ich von der Mathematik ein bisschen hineingewachsen bin, weil ich dann die Zusammenhänge besser verstanden habe, in Physik eigentlich nie so den Sinn dahinter, das waren halt die naturwissenschaftlichen Gesetze sozusagen irgendwann erkannt hat. Wozu ich das brauche, ich habe für mich das Interesse nie gehabt, ich bin erst von der mathematischen Ecke so hineingewachsen, das ich mir gedacht habe, ah das ist doch ganz interessant und ich kann für mich was herausholen.

I: Du hast jetzt persönlich sehr gut dargestellt, was für dich diese Verbindung Mathematik und Physik gebracht hat. Könntest du dir vorstellen, dass die Mathematik mit einem anderen Fach in der Art und Weise kooperieren sollte oder könnte?

K: Die Physik bietet sich sicher am Besten an und vielleicht die Chemie oder so, irgendwie - naturwissenschaftlich ist eh klar –

I: Aber so, dass du das Gefühl hast, wenn du auf deine Schullaufbahn zurückschaust, dass dir eine Zusammenarbeit wirklich real abgegangen ist, hast du das Gefühl irgendwann gehabt in der Oberstufe?

K: Also von der Mathematik her jetzt nicht, da haben wir das gehabt, wenn es möglich war. Eher von anderen Fächern, z. B. Deutsch und BE zusammen arbeiten – Kunstgeschichte und Literaturgeschichte – das ist so zusammenhängend, auch mit Geschichte, dass man wirklich die Zusammenhänge besser versteht, was geschichtlich passiert ist, warum es in den Kunstrichtungen so ist. Aber vom naturwissenschaftlichen her habe ich das immer gut verbinden können.

I: Ja, ich glaube ich habe alles, was ich von dir wissen will. Vielleicht noch, weil mich das einfach auch persönlich interessiert: Hast du das Gefühl, dass dir diese eine Stunde Mathematik, die für das Projekt abgezwickelt worden ist, gewissermaßen abgeht für die Vorbereitung, für die normale Vorbereitung in Richtung Reifeprüfung?

K: Von meinem Standpunkt nicht. Aber ich glaube, dass andere größere Probleme haben. Ich tue mich leicht, wenn ich mich zu Hause hinsetze, und die Hausaufgabe durchmache, am Anfang sicher Probleme habe, aber wenn ich es verstanden habe, dann brauche ich nichts mehr tun, das ist mein persönlicher Vorteil.

I: Danke für das Interview!

Anlage 13

Logbuch von V. Madeleine

17.09.04

Vorstellung des Projekts

interessante Idee → Umsetzung?

meine Meinung nach gute Ideenkombination
→ ich denke / hoffe gute Zusammenarbeit

01.10.04

Spielplatz - Schaukel

viele + interessante Fragen

Mathematik - Ausstellung

sehr "fesselnd"

Auftragsauftrag (3 Experimente aussuchen)

→ etwas fehlgeplant → alle waren
so mit dem Hausaufgaben beschäftigt,
dass sie darauf vergessen haben die
Experimente auszuwählen

08.10.04

Austausch der Ergebnisse der letzten Stunde

Themenfindung → einige gute Themen

15.10.04

KRANK

22.10.04

Zettel ausgelesen!

Vorbereitung benötigt, dann die zwei

Übungen sind nicht schlecht wenn

Podiumsdiskussion

→ wichtig

26.11.04

Aufbauauftrag zum Thema Querstrahlphysik

habe mich mit Bobi und dem Turnlehrer

gerade auseinandergesetzt

Schwung aber sehr interessant

guten Eindruck u. liegen Thema

→ nicht sehr viel von den Kurs-

Präsentationen der anderen herangezogen

ist

→ Zeit knapp → nächste Stunde folgt -

sehr → wenn Schwung umfallen da

Arbeit unterbreiten zu mir und dem

in die nächsten Stunden wieder Eintrag zu

10.12.04

Sehr interessant

gute Zusammenarbeit in der Gruppe

viel Zeit benötigt für ~~Wissens~~ Aufgaben die eigentlich

"schnell" zu lösen sein müßte

Zusammenfassung zum Sellen gut

Präsentation?

→ bei guter Vorbereitung in den Eltern zu

präsentieren

- da Schwung für Eltern die nicht damit

auskommen könnten haben

- dabei aber nicht wie kommen sie

- Eltern die kommen und sich nicht

demselben ausbauen können sind

angespannter fühlen

17.12.04

• Auswertung der bekannten Aufgaben

Aufgabenstellung eigentlich interessant und leicht auszuwerten

→ Fertigung der Vorleser der bekannten Aufgaben

ein weiterer Teil der Gefühl, dann sehr nicht ganz in

Gruppe arbeiten

bei denen übernahm, dann ist ^{klarer} Reklam hat

nicht durchzuhalten oder ^{man} in diese Gruppe Schwierigkeiten →

habe ~~will~~ nicht nur mit Energie, mit großer dieser Gruppenmitglieder sehr, das bedeutet zu mir, von es nur leben bringenden soll
→ von es ist das das sie sind einen kleineren Aufwand mit Energie, obwohl die letzter halfen
wären

18.01.05

erste Schwingungen, eigentlich Beispiel die ohne Probleme löst sie mindere → die kontinuierlich das mit, mathematisch kein Problem, physikalisch, Verständnis gilt, hat keine Ahnung von grundsätzlichen Formeln, Erklärungen, → gleiche Struktur darauf
ca. 15 min gehen
allgemein wurde mein Vorkurs (meine Vorkurs) an bekanntes & Physik-Beispiel immer weniger → mittlerweile bin ich da unglücklich darüber, das bei Teil dieses Experimente sind, heißt die Zeitpunkt für absolut unangebracht, hat das Gefühl, dass man das Projekt nicht bringt, da gegenseitig, selb ist als Problem, dass es in die 8 Klassen nur 2 Klassenzeit. Stunden pro Woche habe! gerade auch, dass 2 Physik Stunden pro Woche (in dem wo natürlich endlich die Chemie hätte, können große things an physikalischen Grundlagen zu bringen) werden sinnvoll wäre, als eine Projekt

04.02.05

hulpe Projekt, wiederum, schwierig aber sehr anstrengend, das gut verteilbar
gute Zusammenfassung in die Gruppe
allgemein: Nutzen des Projekts, schon an 18.01.05 dokumentiert

denke schnell, dass das Projekt ein Unternehmen, ein auch schwierig, Erfahrung ist - für beide Seiten (Lohn & Seite), heißt jedoch nach es vor den Zeitpunkt des Projekts für unangebracht, habe der Eindruck, dass dadurch andere Dinge, die gerade in die 8. Klasse völlig wären, zu kommen
dabei auch das ein sollte, Projekt über eine längere Zeitspanne laufen könnte um eine wichtige, Nutzen daraus ziehen zu können (für alle & Schüler)
hört es für zehnjährige Projekt diese Art wichtig, um vor. Eine Abgrenzung mit den Schülern stattfinden werden mögliche Bedenken, Anzweifeln, klären. sollen werden Abgrenzung der, Seiten sollen nach der Späterhaltung des einen Projekts "Aufgabenstellung" wird, sondern miteinander
→ kann kann man auch weiter gehen mit Projekt!

11.2.2005

gute Zusammenarbeit in der Gruppe
→ deutliche Verbesserung im Vergleich zu den
letzten Stunden

25.2.2005

wieder gute Zusammenarbeit
finde es eigentlich erstaunlich bzw. die Schodien
wie wenig wir in 2 Stunden schaffen → obwohl
ist nicht den Eindruck habe, dass wir nicht
konzentriert und bemüht arbeiten

4.3.2005

angenehme Arbeitsatmosphäre → Gruppe hatte
kleine → Zusammenarbeit scheint in kleinerer
Gruppe leichter
relativ gutes Vorankommen
mir selbst fiel es teilweise schon konzentriert zu
arbeiten, das ist mit heute gesundheitlich
Sehr schlecht fühle ~~sehr schlecht~~